

Pletl Szilveszter–Odry Péter

SZÁMÍTÓGÉP- ÉS TÁVKÖZLÉSI HÁLÓZATOK

HÁLÓZATOK, SZABVÁNYOK, INTERNET, AS,
PORTOK, PROTOKOLLOK

A számítógép-hálózatok fogalma, definíciója
A számítógép-hálózatok osztályozása
A szabványosítás szükségessége
Alkalmazási protokollok
A Világháló (World Wide Web)
Az UDP bemutatása
Az IP-alapú hálózatok összekapcsolása
Híradástechnikai rendszerek alapelemei
Hálózatok szerkezete és szervezése
Átviteli közegek
Kódoláselmélet
Szórt spektrumú rendszerek
Mobil kommunikációs hálózat és GPS



Dunakavics
D•U•E PRESS

Pletl Szilveszter–Odry Péter

SZÁMÍTÓGÉP- ÉS TÁVKÖZLÉSI HÁLÓZATOK

HÁLÓZATOK, SZABVÁNYOK, INTERNET, AS, PORTOK, PROTOKOLLOK

© Pletl Szilveszter–Odry Péter, 2016

Lektorálta: Dr. Matijevics István, főiskolai tanár, Szegedi Tudományegyetem

DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
www.uniduna.hu

D■U■E PRESS

Kiadóvezető: Németh István
Felelős szerkesztő: Nemeskéry Artúr
Layout és tördelés: Duma Attila

Kiadja: DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója
Felelős kiadó: Dr. habil András István

Készült a HTSART nyomdában.
Felelős vezető: Halász Iván

ISBN 978-963-9915-65-7

Pletl Szilveszter–Odry Péter

SZÁMÍTÓGÉP- ÉS TÁVKÖZLÉSI HÁLÓZATOK

HÁLÓZATOK, SZABVÁNYOK, INTERNET, AS,
PORTOK, PROTOKOLLOK

A számítógép-hálózatok fogalma, definíciója

A számítógép-hálózatok osztályozása

A szabványosítás szükségessége

Alkalmazási protokollok

A Világháló (World Wide Web)

Az UDP bemutatása

Az IP-alapú hálózatok összekapcsolása

Híradástechnikai rendszerek alapelemei

Hálózatok szerkezete és szervezése

Átviteli közegek

Kódoláselmélet

Szórt spektrumú rendszerek

Mobil kommunikációs hálózat és GPS



Dunakavics
D U E P R E S S

Tartalom

1. A számítógép-hálózatok fogalma, definíciója	11
1.1 Kérdések	13
2. A számítógép-hálózatok osztályozása	14
2.1 Az átviteli technológia alapján	14
2.2 Területi kiterjedés alapján	15
2.3. Zárt és nyílt rendszerek	15
2.4. Átviteli módszer alapján	15
2.5. Topológia alapján	16
2.6. Átviteli közeg szerint	19
2.7. Szervezés szerinti csoportosítás	19
2.8. Átviteli sebesség alapján	20
2.9. Kommunikáció iránya szerint	20
2.10. Közeghozzáférés szerint	20
2.11. Kapcsolási technika alapján	21
2.11.1. Vonalkapcsolt	22
2.11.2. Üzenetkapcsolt	23
2.11.3. Csomagkapcsolt	23
2.12. Kérdések	24
3. A szabványosítás szükségessége, fontosabb szabványok, az ISO OSI hivatkozási modell alapelvei	24
3.1. Az ISO/OSI architektúra	26
3.1.1. A fizikai réteg (physical layer)	27
3.1.2. Az adatkapcsolati réteg (data link layer)	27
3.1.3. A hálózati réteg (network layer)	27
3.1.4. A szállítási réteg (transport layer)	28

3.1.6. A megjelenítési réteg (presentation layer)	28
3.1.7. Az alkalmazási réteg (application layer)	28
3.2. Kérdések	29
4. Az internet kialakulása, elvi alapjai, a TCP/IP architektúra, RFC-k	29
4.1. Az RFC	29
4.2 ARPANET hálózati struktúra	30
4.3. TCP/IP architektúra	31
4.4. Címzés az interneten	32
4.5. Kérdések	34
5. Az AS fogalma	34
6. A hálózatmaszk és subnetworking fogalma, célja, felhasználása IP hálózatokban	36
6.1. Kérdések	38
7. A portok fogalma	38
7.1. Kérdések	40
8. Alkalmazási protokollok	40
8.1. Körzeti névkezelő rendszer (DNS)	40
8.2. Elektronikus levél	47
8.3. A Világháló (World Wide Web)	53
8.3.1. HTTP protokoll	53
8.4. Néhány további alkalmazási protokoll	55
8.5. Kérdések	55
9. Az UDP bemutatása. A TCP, mint garantált minőségű szállítási szolgálat jellemzői, működése. A virtuális csatorna fogalma, megvalósítása, a TCP állapotgép	56
9.1. Kérdések	60

10. <i>Az IP-alapú hálózatok összekapcsolása</i>	61
10.1. Az Internet Control Message Protocol	63
10.2. Az IP útvonalválasztás	64
10.3. BGP – külső átjáró protokoll	67
10.4. OSPF – belső átjáró protokoll	67
10.5. RIP – távolságvektor alapú forgalomirányítás	69
10.6. Kérdések	70
11. <i>802.x protokollok</i>	70
11.1. Ethernet	72
12. <i>A MAC és IP-címek összerendelése (ARP)</i>	73
13. <i>A szolgáltatás minősége QoS. Titkosítás. A többesadás alapjai. Folyammédia alkalmazások. Az internet jövője és az IPv6</i>	76
14. <i>Híradástechnikai rendszerek alapelemei</i>	78
14.1. Információelmélet alapfogalmai	78
14.2. Analóg csatorna fogalma, kapacitása	81
14.3. Beszéd és zenei hang információ tartama	82
14.4. Álló- és mozgókép információ tartama	82
14.5. Jelek és rendszerek analízise	85
14.6. A periodikus áramú hálózatok	88
14.7. Fourier-transzformáció	92
14.8. Alapsávi jeltovábbítás	95
14.9. Nem alapsávi átviteli rendszerek	96
14.10. Kérdések	97
15. <i>Hálózatok szerkezete és szervezése</i>	99
15.1. A soros/párhuzamos, simplex/duplex, aszinkron/szinkron adatátvitel fogalma	99

15.2. Telekommunikációs hálózatok és szolgáltatások	100
15.3. Modemek. Szinuszos jelek amplitúdó-, frekvencia- és fázis-modulációja	102
15.4. Modemek és multiplexelés	104
15.5. Kérdések	105
16. Átviteli közegek	105
16.1. Vezetékes átvitel	106
16.2. Mikrohullámú átviteli rendszerek	107
16.3. Terjedés az úrtávközlésben	111
16.4. Fénytávközlési rendszerek	112
16.5. Fényhullámvezető	114
16.6. Fénytávközlési adók	114
16.7. Fénytávközlési vevők	116
16.8. Kérdések	116
17. Kódoláselmélet	117
17.1. Vonalkódolás	117
17.2. Generátor és paritás ellenőrző mátrixok	118
17.3. Hibadetektálás és hibajavítás	119
17.4. Ciklikus kódok	120
17.5. Konvolúciós kódolás	121
17.6. Jelalak-kódolás	122
17.7. Impulzus kód modulációs eljárások	123
17.8. Delta moduláció	123
17.9. Adaptív delta moduláció	125
17.10. Delta szigma moduláció	126
17.11. Időmultiplex, TDM	127
17.12. ISDN, ATM	128
17.13. Kérdések	131
18. Szórtspektrumú rendszerek	131
18.1. Kiterjesztett spektrumú hírközlő rendszerek	131

18.2. Szórtspektrum-jelek a digitális kommunikációban	132
18.3. Direkt sorozatú szórtspektrum	134
18.4. A sávszűkítés hatása a keskenysávú zavarokra	138
18.5. A DS szórtspektrumú alkalmazásai	139
18.6. Frekvenciaugrásos rendszer, FH	139
18.7. PN sor generálása	140
18.8. Kérdések	142
19. Mobil kommunikációs hálózat és GPS	142
19.1. Mobil kommunikációs hálózat	142
19.2. Második generációs mobil rendszer, GSM	143
19.3. GSM-csatorna beszéd-átvitelre	143
19.4. GSM-hálózat	146
19.5. Harmadik generációs rendszerek 3G	147
19.6. UMTS	148
19.7. CDMA technológia	149
19.8. Mobil műholdas telekommunikációs rendszerek	149
19.9. GPS és GLONASS	150
19.10. Pontos távolságmérés pontatlan órájú vevőkészülékkel	151
19.11. Bluetooth	152
19.12. Kérdések	153
Irodalom	154

Számítógép- és távközlési hálózatok

1. Fejezet

A számítógép-hálózatok fogalma, definíciója

Ebben a részben megismerhetjük a számítógép-hálózatok alapfogalmait. A jegyzetben sokszor előfordul majd egyes fogalmak, megoldások rövid, tömör értelmezése. Amennyiben az egyes témakörök bővebben érdeklik a tisztelt olvasót, az ajánlott irodalomjegyzékben található művekben utánanézhet a részleteknek.

A technika fejlődése során a szakemberek az információk továbbítására alkalmas eszközöket és rendszereket fejlesztettek ki. Gyakran a kommunikációs feladatokat egymással összekapcsolt számítógépek (számítógép-hálózatok) látják el.

A számítógép-hálózat önállóan is működő, autonóm számítógépekből áll.

Kezdjük a témakör ismertetését néhány kérdéssel. Miért is kapcsoljuk össze a számítógépeket? Milyen előnyökkel jár a számítógépes hálózat?

A hálózatbakötés előnyei a következő pontokban foglalhatók össze:

– *Erőforrás-megosztás*

A legfontosabb szempont. Az adatbázisok elérhetővé tehetők több helyről. A drága hardverelemek megoszthatók a felhasználók között. Az erőforrás-megosztás célja, hogy a hálózatban található programok, adatok, eszközök a fizikai helyüktől függetlenül elérhetőek legyenek.

– *Kommunikációs eszköz*

Elősegíti a *csoportmunkát*. Fontossága egyre nő. Az egyik közismert példája az elektronikus levelezés. Digitalizálható adatok biztonságos továbbítása.

* *Dunaiújvárosi Egyetem,
Informatikai Intézet*
E-mail: pletl@inf.u-szeged.hu

** *Dunaiújvárosi Egyetem,
Informatikai Intézet*
E-mail: podry@uniduna.hu

– *Nagyobb megbízhatóság elérése*

Központilag figyelemmel kísérhető a hálózat működése (SNMP), forgalma, a hibák felderítése és elhárítása hatékonyabban elvégezhető. Ezt közös néven hálózat-menedzsmentnek hívjuk. Hiba fellépése esetén alternatív erőforrások alkalmazása.

– *Takarékosság*

A kis számítógépek sokkal jobb ár/teljesítmény aránnyal rendelkeznek. Az eszközöket kevesebb példányban kell megvásárolni.

– *Terheléelosztási funkció*

Fontos, hogy megelőzhető az egyes számítógépek túlterhelése alkalmazások, adatbázisok másik számítógépre történő áthelyezésével.

– *Rendszerteljesítmény fokozatosan növelhető (skálázhatóság)*

A meglévő, de már elavult számítógépektől nem kell megválni, hanem melléjük beállíthatók újabbak, amelyek átveszik a feladatok egy részét, esetleg fürtöket alakíthatunk ki belőlük.

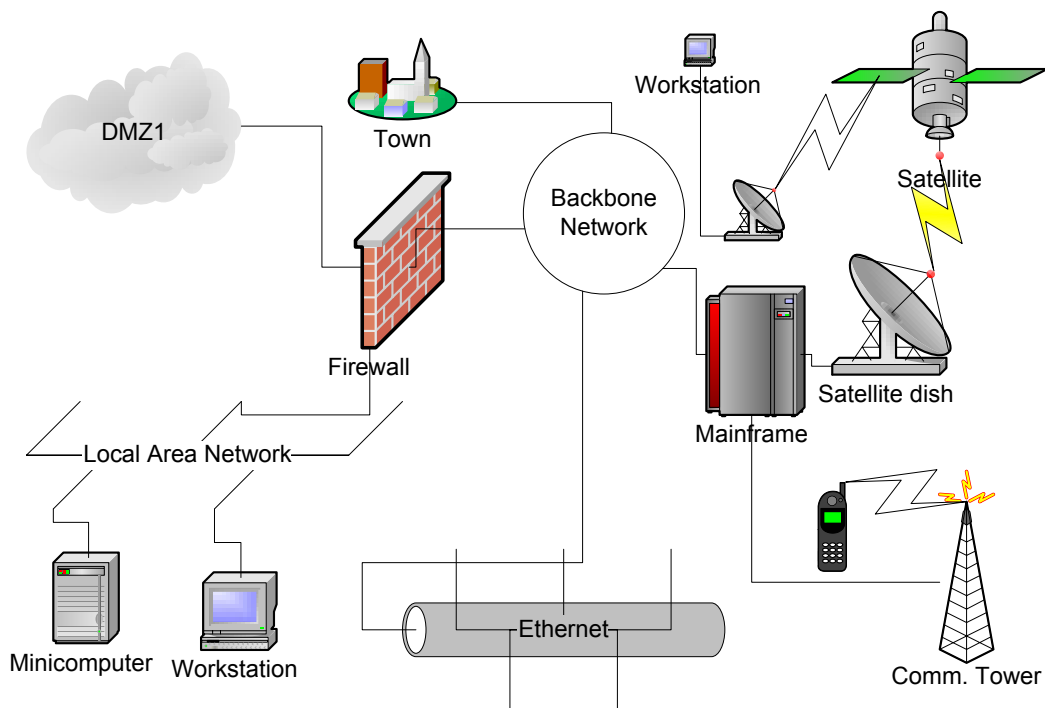
A felsorolás végeztével két definíció a számítógépes hálózatra:

1. A számítógép-hálózat autonóm számítógépek összekapcsolt rendszere.
2. A számítógép-hálózat olyan függőségben lévő vagy független számítógépek egymással összekapcsolt együttese, amelyek abból a célból kommunikálnak egymással, hogy bizonyos erőforrásokon osztozzanak, egymásnak üzeneteket küldhessenek, illetve terhelésmegosztást vagy megbízhatóság növekedést érjenek el.

Két számítógépet akkor nevezünk összekapcsoltnak, ha azok információcserére képesek.

Az 1.1. ábrán különböző hálózatok és hálózati eszközök összetett összekötését láthatjuk. Napjaink kommunikációs rendszereinek nagy előnye, valamint továbbfejlődésük záloga, hogy összeköthetők és egységes eszként alkalmazhatók különböző autonóm rendszerek. A fejlődés a dinamikusan változó szabványrendszernek, hardverrendszereknek és szoftverrendszereknek köszönhető. A fejlesztések jelenlegi iránya szerint nagyfokú konvergencia tapasztalható a számítógép és távközlési hálózatok között. Jelen tantárgy és a hozzá tartozó jegyzet is ezt a szemléletet igyekszik igazolni.

1.1. ábra. Egy összetett hálózat.



KÉRDÉSEK

1. Sorolja fel, miért előnyös a számítógépeket hálózatba kapcsolni!
2. Hogyan hangzik a számítógépes-hálózatok definíciója?
3. Melyek a számítógépes-hálózatok legfontosabb jellemzői?

[1] Englert Tamás
(2002): *Netware 4
Hálózati Operációs
Rendszer*. Budapest:
LSI Oktatóközpont.

2. Fejezet

A számítógép-hálózatok osztályozása

Nincs olyan általános mindenki által elfogadott csoportosítás, amelybe az összes hálózatot be lehetne sorolni. Az osztályba sorolás (felosztás) mindig egy kiemelt tulajdonság alapján történik, de csak ezek összességében vizsgálható korrektül egy hálózat.

Szemponatok [1] szerint:

AZ ÁTVITELI TECHNOLOGIA ALAPJÁN

Adatszóró hálózatok (broadcasting)

Működési elv: „mindenki hall mindenkit”, például: rádió, LAN, szatellit. Minden csomópont csak oly mértékig dolgoz fel egy csomagot, hogy eldöntse neki szól-e. Többsküldés (csoportcímzés) esetén csak egy meghatározott csoportot címezünk meg (multicasting).

Topológiák:

- Sín
- Gyűrű
- Rádiós

Kétpontos hálózatok

Például: vonal-, üzenet-, csomag- és cellakapcsolás. Tárolás–továbbítás elve (store-forward) érvényesül.

Topológiák:

- Csillag
- Gyűrű
- Fa
- Teljes hálós (mesh)

TERÜLETI KITERJEDÉS ALAPJÁN

LAN (Local Area Network) – kis kiterjedésű hálózat, lokális hálózat. Jellemzője az egyedi kábelezés, gyors adatátvitel. Kiterjedtsége az 1 szobától néhány kilométerig terjed.

MAN (Metropolitan Area Network) – városi méretű hálózat. A MAN egész város(oka)t átölelő földrajzi kiterjedéssel rendelkezik, technológiailag mégis a LAN-hoz áll közelebb.

WAN (Wide Area Network) – nagy távolságú hálózat. Kiterjedése pár kilométertől kezdve az egész Földre is kiterjedhet. Általában több szervezet birtokában van. Egymástól nagy távolságra elhelyezkedő hálózatokat köt össze, akár az egész világot behálózhatja. A helyi hálózatok több millió bit/s-os átviteli sebességéhez képest a nagy távolságokra szolgáló átviteli közegen az átviteli sebesség sokkal alacsonyabb. Tipikus átviteli eszközei a telefonvonal, műhold, stb.

ZÁRT ÉS NYÍLT RENDSZEREK

Zárt rendszer

Egységeit csak a gyártó által ismert módon lehet hálózatba kötni. Minden egység egy gyártótól van.

Nyílt rendszer

Általános érvényű szabályokat és ajánlásokat követ. Eszközei több gyártótól származnak, tehát viszonylag hardver-független.

ÁTVITELI MÓDSZER ALAPJÁN

Alapsávú (Baseband)

Modulálatlan jeleket továbbít, tehát az átviteli közegben haladó jel frekvenciája közel azonos a bitsorozat frekvenciájával. Telepítése olcsó, csak rövid távra alkalmazható. Általában LAN-okhoz használják.

Szélessávú (Broadband)

Az adatátvitel modulált, tehát a vivő frekvenciája jóval nagyobb, mint a bitsorozat frekvenciája. Az átvitelre használható sávot több logikai csatornára osztják.

TOPOLOGIA ALAPJÁN

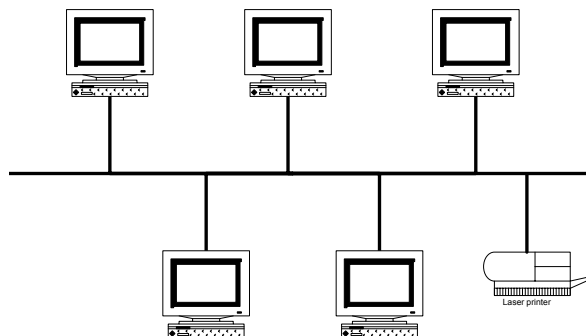
Fontos megkülönböztetni két kifejezést. Topológia alatt az összekapcsolás struktúráját, topográfia alatt a hálózat fizikai elhelyezkedését értjük.

A legelterjedtebb topológiák a következők:

Bus (sín)

A gépek egy közös átviteli közegre csatlakoznak. Bármelyik gép lehet master vagyis küldhet üzenetet. A többi gép figyel, tartózkodik az üzenetküldéstől. A topológia előnye az egyszerűsége és olcsósága, hátránya viszont, hogy érzékeny a kábelhibákra.

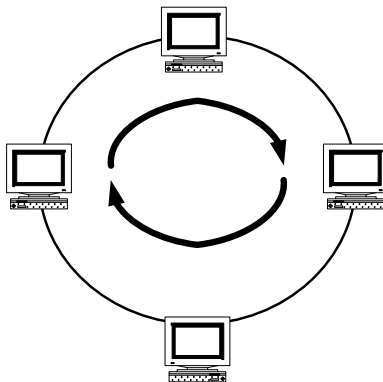
2.1 ábra. A Bus-hálózatok vázlata.



Ring (gyűrű)

A gépek egy gyűrűre vannak felfűzve. Minden állomás, beleértve a szervert is, két szomszédos állomással áll közvetlen kapcsolatban. Az elsőt a másodikkal és az utolsóval köti össze. Az üzeneteket a gépek mindig a szomszédjuknak adják át, s ha az nem a szomszédnak szólt, akkor az is továbbítja. Addig vándorol az üzenet gépről gépre, míg el nem érkezik a címzethez. A csomagok mindig egy irányban haladnak. Hátránya, hogy egyetlen kábel hibájából a rendszer működésképtelenné válik.

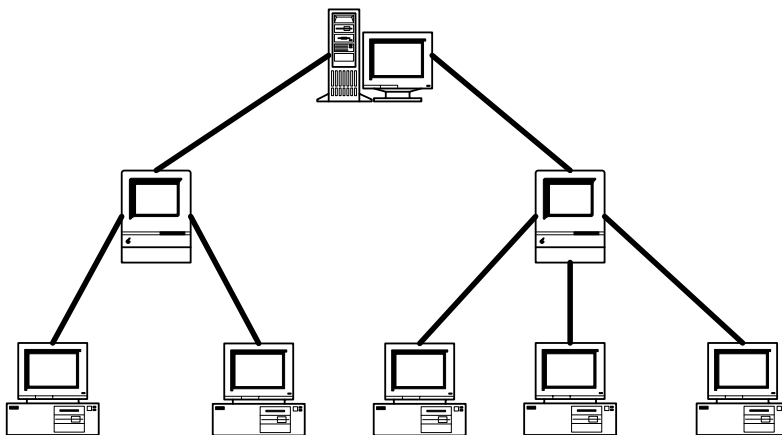
2.2. ábra. A gyűrű-hálózatok vázlata.



Tree (fa)

Bármely két összekötött gép között egy és csak egy útvonal van. A központi gép ún. közvetítő gépekkel vagy munkaállomásokkal van összekötve. Egy-egy ilyen ágat alhálózatnak is nevezünk. Előnye a kis kábelezési költség, valamint, hogy nagyobb hálózatok is kialakíthatók. Hátrány viszont, hogy egy kábel kiesése egy egész alhálózatot tönkretethet.

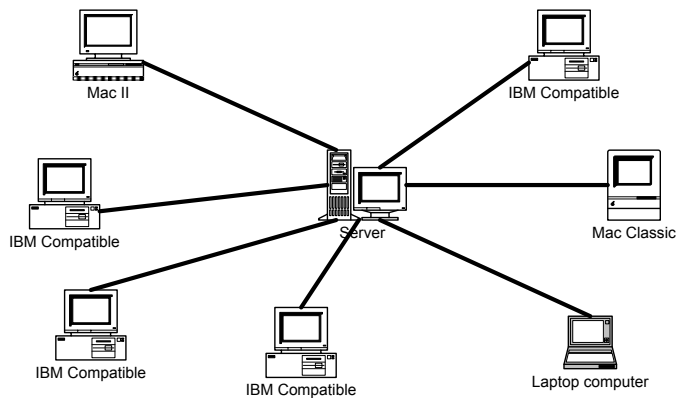
2.3 ábra. A fa-hálózatok vázlata.



Star (csillag)

Minden gép csak a központi géppel van összekötve. Előnye, hogy kábelhiba esetén csak az a munkaállomás válik használhatatlanná, amelyik a kábelre volt csatlakoztatva. Hátránya, hogy ha az egyik gép üzen a másinak, előbb a központi gép kapja meg a csomagot, majd azt a célállomásnak továbbítja. Emiatt a központi gép gyakran túlterhelt. Strukturált elrendezés esetén minden kábel a multiport repeaterhez (HUB) van elvezetve. A repeater csillagpontnak tekinthető és a sugárirányú kábelek végén helyezkednek el a gépek. Strukturált kábelezéssel csökkenthető a központi gép és a hálózati szegmensek leterheltsége.

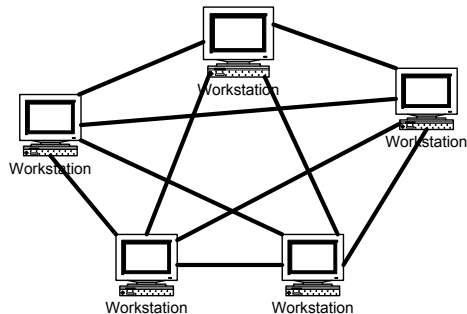
2.4. ábra. A star-hálózatok vázlata.



Ezenkívül találkozhatunk egyéb topológiákkal is, mint:

Mesh (hálós)

2.5. ábra. A mash-hálózatok vázlata.



Minden gép minden géppel egyedileg össze van kötve.

Részben összefüggő

A teljes összekötésből elhagyunk néhány ágat.

ÁTVITELI KÖZEG SZERINT

Vezetékes átvitel

A fizikailag összekötött (bounded) átviteli eszközök esetében a jel továbbítására fémről készült kábelt vagy üvegszálát alkalmaznak. A fizikai összeköttetés nagyobb biztonságot jelent, kis távolságra olcsóbb, viszont nem mobilis (mozgékony).

Vezetéknélküli átvitel

Fizikailag nem összekötött (unbounded) kapcsolatok tartoznak ide. A megoldást sok helyen lehet alkalmazni. Az egyik legelterjedtebb alkalmazás a hordozható iroda.

SZERVEZÉS SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

Hierarchikus szervezésű (szerver-kliens alapú) hálózatok: az adatok átvitelét a szerver- és a kliensgépek között valósítja meg. Központi szervezéséből adódóan a szerveren elhelyezett információk központi karbantartási lehetősége, az adatok fokozott védelme miatt kedvelt megoldás. A munkaállomások között nincs közvetlen kapcsolat.

Egyenrangú (peer-to-peer) hálózatok: ahol a hálózat gépei egyenrangúak, szolgáltatók és felhasználók is egyúttal. Így lehetőség nyílik az állomások közötti közvetlen kapcsolatteremtésre, vagyis bármelyik állomás megoszthatja erőforrásait, hardware, software eszközeit a hálózatban szereplőkkel. A védelmi rendszer általában alacsonyabb szintű ezeknél a rendszereknél. Egyenrangú hálózatot lehet például a Windows for Workgroups 3.11-, a Windows '95-, '98-, Windows NT Workstation- és Windows XP-rendszerek segítségével kialakítani.

A Windows NT olyan hálózati operációs rendszer, melyből készíthető peer-to-peer hálózat is, bár a szerver-kliens felépítést alkalmazzák gyakrabban.

ÁTVITELI SEBESSÉG ALAPJÁN

A technikai fejlődés évről évre átírja a hálózatok sebességi alapadatait. Napjainkban a 200 Mbit/s határt is átlépték már a fejlesztésekkel.

Lassú (~30 kbit/s)

Általában telefonvonalakat használnak az adatátvitelre.

Közepes (~1-20 Mbit/s)

A LAN-ok többsége ebbe a kategóriába sorolható. Pl.: az Ethernet 10 Mbit/s, Token Ring 16 Mbit/s.

Nagy sebességű (~100 Mbit/s felett)

Sokáig speciális célokra használták, de manapság a 100 Mbit/s-os és a Gigabit Ethernet lokális hálózatok terjednek el.

KOMMUNIKÁCIÓ IRÁNYA SZERINT

Simplex (csak egyirányú)

Az egyik állomás csak az adó a másik csak a vevő. Az adatforgalom egyirányú, vagyis az adó csak adni tud, a vevő csak fogadni képes és sosem cserélnek szerepet. Ilyen például a teletext.

Fél duplex (váltakozó irányú)

Mindkét irányban megengedett az adatátvitel, de egy időben csak az egyik irányban élhet. Az adatforgalom kétirányú. Mindkét állomás képes az adatok adására és vételére, de nem egy időben, tehát egyszerre mindig csak az egyik irány foglalja a csatornát. Ilyen például a hagyományos Ethernet-hálózat vagy a CB rádió.

Duplex (kétirányú)

Mindkét állomás egyszerre lehet adó és vevő is. Mindkét állomás képes egyszerre az adatok adására és vételére, tehát egyidejűleg két irányban történhet az átvitel. Ilyen lehet például a modemes kapcsolt hálózat vagy a telefon.

KÖZEGHOZZÁFÉRÉS SZERINT

Véletlen átvitelvezérlés

Egyik állomásnak sincs engedélyre szüksége az üzenettovábbításhoz, adás előtt csak az átvivő közeg szabad voltát ellenőrzi. Tipikus megvalósítása a CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), azaz csatornafigyelő többszörös hozzáférés-ütközés detektálással. A CSMA/CD (vivőérzéke-

lés/ütközésfigyelés) eljárás, melynek során a hálózati kártya hallgatja a vonalat és érzékeli, ha egy másik felhasználó adatot ad a LAN-on. A gépek véletlenszerű késleltetések után kapcsolhatnak adásra, ha nem érzékelnek más gépek által fizikai közegre adott jeleket. Amennyiben egyszerre szólal meg két gép, hálózati kártyáik megfelelő áramkörei érzékelik az eseményt (ütközésérzékelés) és abbahagyják az adást. A következő kísérletre a kártyákba beépített késleltetés után kerül sor, amikor is a korábban adásba kapcsolódó állomás lefoglalja a fizikai közeget.

Osztott átvitelvezérlés

Csak egy állomásnak van joga adni, de ez a jog az állomások között körbe jár. Ezt alkalmazzák a vezérjelet továbbító (token=vezérjel) – token passing – módszer esetén. A vezérjelet birtokló állomás adhat. Megkülönböztetünk vezérjeles gyűrű (token ring) és vezérjeles sín (token bus) topológiát. A Token Passing (vezérjeles sín) eljárás során a gépek bekapcsolásuk sorrendjében átmenetileg hálózati címet kapnak. Ennek növekvő sorrendjében, egymás után „szabad token”-üzenetet küldenek a közös fizikai közegre, jelezvén, hogy nem akarnak adatátvitelt a kábelén. A kábelt az a gép használhatja átvitelre, amelyikre éppen sor kerül. Az átvitel végén „szabad token”-nel adja tovább a közeghasználat jogát a logikai hurokban következő gépnek. Ilyen például az ARCnet-hálózat. A Token Ring (vezérjeles gyűrű) fizikailag is hurok. Ha egy gép adásba kapcsol, csak a közvetlen szomszédja érzékeli. Az egyes állomások „szabad token”-t továbbítanak a hurok mentén egymásnak. Amelyik ezt veszi, az lefoglalhatja a hurkot adatátvitelre. A „foglalt token” szintén körbejár, s mikor visszajut a feladóhoz, az adatot küld körbe. A címzett másolatot készít a neki szóló üzenetről. Az „adat token” visszajutása után „szabad token”-t küld a hurokba, lemondván a hurok használatáról.

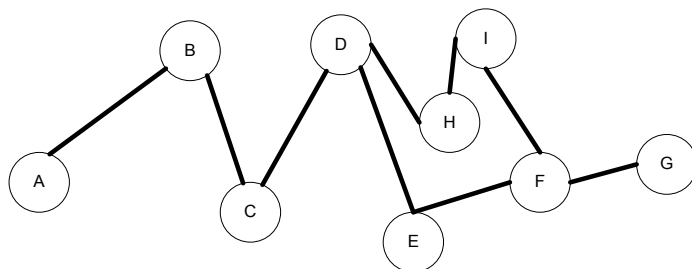
Központosított átvitelvezérlés

Egy kitüntetett állomás foglalkozik az átviteli jogok kiosztásával. Mind például a Prioritáskéréses hozzáférési módszer (DPAM – Demand Priority Access Method), amelynél a csomópont adatátviteli kérelemmel fordul a LAN HUB-hoz vagy a kapcsolóhoz, mely sorrendbe állítva szolgálja ki azokat. Lekérdezi az összes átviteli kérelmet előállító gépet, és csak azután engedélyezi az átvitelt. A DPAM segítségével bizonyos alkalmazások magasabb prioritásúként jelölhetők meg, amiknek az átviteli kérelem elbírálásánál elsőbbséget ad.

KAPCSOLÁSI TECHNIKA ALAPJÁN

Szemléljük a 2.6. ábra szerint meghatározott hálózatot. Feladatunk egy üzenet továbbítása A pontból G pontba. A feladatot megoldhatjuk vonalkapcsolással, üzenetkapcsolással vagy csomagkapcsolással.

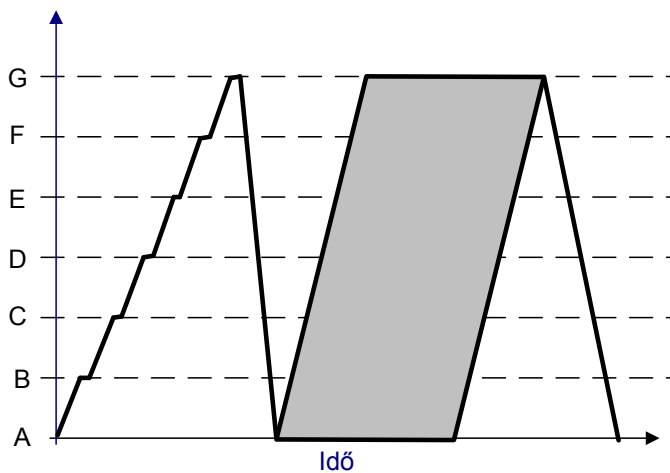
2.6. ábra. Példa egy hálózatra.



Vonalkapcsolt

A kommunikáló állomások között állandó kapcsolat épül ki az adás idejére. Jó példája a telefon. Ebben az esetben az üzenet továbbításához szükséges ideig teljes összeköttetés alakul ki az adó és a vevő között. A vonalkapcsolás felhasználásával történő adatátvitel három fő lépésből áll: összeköttetés létrehozása, az üzenet továbbítása és az összeköttetés bontása. A folyamatot az alábbi ábra illusztrálja:

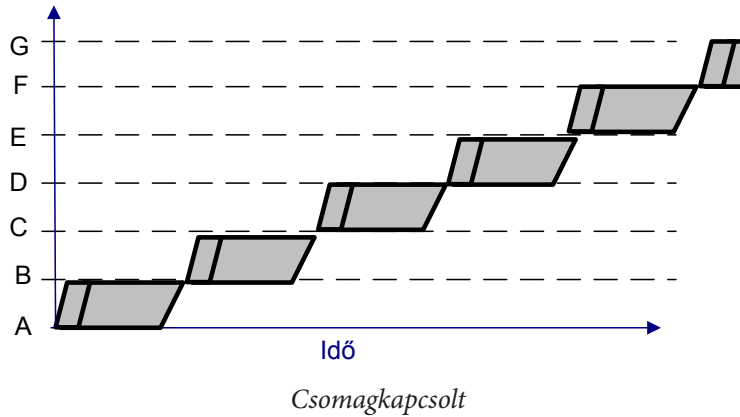
2.7. ábra. A vonalkapcsolás.



Üzenetkapcsolt

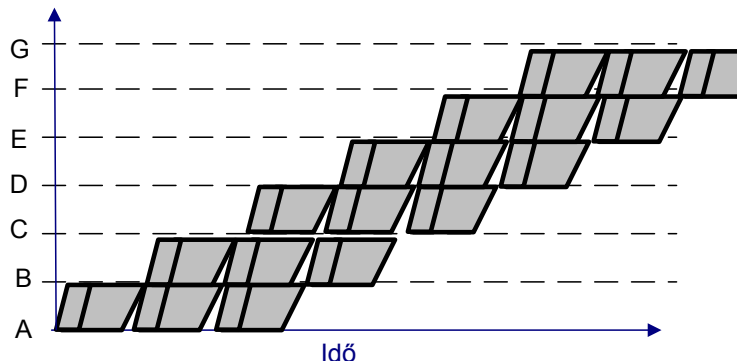
A két állomás között az átviteli hálózat tárolva továbbító – store and forward – számítógépekből áll, ezek továbbítják az üzeneteket egy címinformáció alapján. Az üzenet hossza nem korlátozott. Hasonlít a postai csomagküldéshez. Az üzenet teljes mérete csak ritkán jósolható meg előre, így nehéz az egyes állomások tárolómemóriáját megfelelőre méretezni.

2.8. ábra. Az üzenetkapcsolás.



Hasonlít az üzenetkapcsolathoz, csak a csomag mérete maximált, ezért az üzeneteket csomagokra (packet) kell darabolni.

2.9. ábra. A csomagkapcsolás.



Összeköttetés nélküli

A csomag átvitelét az ún. datagram (távirat) service végzi. Ezek a csomagok rendelkeznek a forrás- és célgépre vonatkozó címinformációkkal. A csomagok érkezési sorrendje is változhat. Bonyolult az érkező csomagok összerakása.

Virtuális összeköttetés

A csomagok átvitelét egy ún. virtuális áramkör (virtual circuit) biztosítja. Ez egy hívás után felépülő logikai összeköttetés, amely a bontásig fennáll, tehát a csomagok ezen a rögzített adatúton jutnak el a célba. Nem használ teljes címezést, csak az adatáramkör azonosítóját.

KÉRDÉSEK

1. Az összeköttetés kialakítása alapján hogyan csoportosíthatjuk az alhálózatokat?
2. Rajzolja fel a pont–pont kialakítás megoldási lehetőségeit!
3. Mi az a csoportcímezés?
4. Rajzolja fel az üzenetszórásos kialakítás megoldási lehetőségeit!
5. Mi a topográfia és a topológia közötti különbség?
6. Adja meg a szimplex, félduplex és duplex átvitel meghatározását!

3. Fejezet

A szabványosítás szükségessége, fontosabb szabványok, az ISO OSI hivatkozási modell alapelvei

Mik irányítják a számítógép-hálózatok építését, fejlesztését, használatát? Szabványok, általános szakmai megfontolások, ajánlások. Számtalanszor tapasztalhatjuk, hogy ugyanaz a program kitűnően fut egy eredeti IBM számítógépen és egy távolkeleti gyár által készített vele kompatibilis gépen. Nagyon kevés olyan céggel találkozunk, amely egyszerre gyárt mindent a számítógép-hálózathoz, beleértve a szoftver- és hardver-elemeket. A legáltalánosabb megoldás, hogy csak egy vagy több területre szakosodnak, ekkor viszont a kapcsolódási pontokat (interfaceket) pontosan definiálni kell. Bármilyen projekt esetében is megfigyelhető a feladatok részekre bontása, a részfeladatokat különböző emberek valósítják meg, tehát házon belül is megjelenik az interface-probléma.

A kommunikáció megvalósítása bonyolult feladat, nehéz teljes egységben tárgyalni. A bonyolultság csökkentése a tervezés és megvalósítás könnyítése érdekében a hálózatokat rétegekbe (layers) vagy szintekbe szervezik.

Az egyes rétegek elfedik az alattuk lévő rétegeket a felettük lévőktől.

Azonos szintű rétegek csak egymással kommunikálhatnak. E kommunikációnál használt szabályok és megállapodások összességét *protokolloknak* nevezzük. A teljes átvitelben több ilyen is részt vesz, ezek egymást követő halmazát *protokoll stack*-nek nevezzük. Az elküldött üzenet egy ilyen protokoll stack-en megy végig, míg elér az átvivő közeghez. Minden egyes protokoll saját információval egészíti ki az áthaladó csomagot.

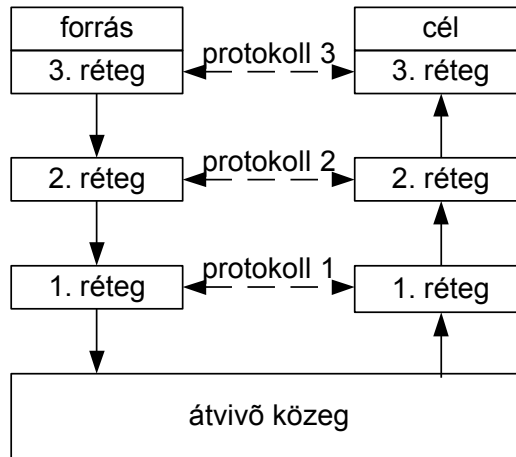
A felsőbb réteg az alatta lévő réteg szolgáltatásait használja. A rétegek közötti elemi műveleteket egy réteginterface definiálja.

A rétegek és protokollok halmazát hálózati architektúrának hívjuk.

A rétegekre a következő megállapítások érvényesek, hogy

- ne legyen túl sok és túl kevés,
- határai könnyen definiálhatók és határozottak legyenek,
- hasonló feladatokat azonos szint végezze el,
- egy szint belső változásai ne érintsék a többit.

3.1. ábra Hálózati rétegek.



Minden esetben az átvivő fizikai közeg közvetítésével jut el az információ az egyik hoszttól a másikig.

AZ ISO/OSI ARCHITEKTÚRA

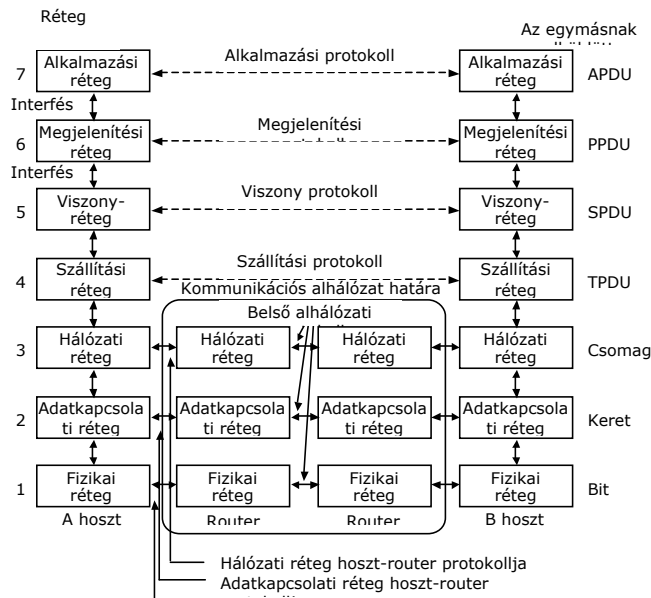
A számítógép-hálózatok – a megvalósításuk bonyolultsága miatt – tehát rétegekre oszthatók. Felmerül a kérdés. Mik legyenek az egyes rétegek feladatai és azok határai hol legyenek?

Több világ cég megalkotta a saját elképzelései alapján a saját hálózati architektúráját, de az eltérések miatt egységesíteni kellett, amit csak nemzetközi szinten lehetett megoldani. Ez a szerep az ISO-ra (International Standards Organization – Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) hárult.

Ez a szervezet nemcsak a számítástechnikában, hanem az élet más területein is igyekszik szabványokat teremteni. A hálózatokra vonatkozó rétegmodellt 1980-ban fogalmazta meg OSI (Open System Interconnection) néven. Ez viszont nem szabvány, hanem csak egy ajánlás. Mindössze csak azt mondja meg, hogy milyen rétegekre kell osztani egy hálózatot és ezen rétegeknek mi legyen a feladatuk. Nem kötelező betartani. A megvalósított rendszerekben egyes rétegei szinte teljesen üresek, másokat tovább kellett osztani zsúfoltságuk miatt. Sok hiányosságuk ellenére a mai napig alapnak tekintik a gyártók.

Az OSI referenciamodell szerint egy hálózatot 7 rétegre osztunk.

3.2. ábra Az OSI-modell.



A továbbiakban röviden elemezzük az egyes rétegek feladatait. A számítógépes hálózati elemeket és a kommunikációs hálózatok elemeit gyártó cégek nagymértékben igyekeznek követni az OSI-architektúrában leírtakat.

A fizikai réteg (physical layer)

A fizikai réteg az OSI hivatkozási modell *első* rétege. Továbbítja a biteket a kommunikációs csatornán. Biztosítja, hogy az egyik oldalon elküldött 1-es a másik oldalon is 1-esként jelenjen meg, ne pedig 0-ként.

Az adatkapcsolati réteg (data link layer)

A réteg az OSI hivatkozási modell *második* rétege. Esetében a csatorna adategységei a keretek. A réteg alapvető feladata a hibamentes átvitel biztosítása a szomszéd gépek között, vagyis a hibás, zavart, tetszőlegesen kezdetleges átviteli vonalat hibamentessé transzformálja az összeköttetés fennállása alatt. Az adatokat adatkeretekké (data frame) tördeli, továbbítja, a nyugtát fogadja, hibajavítást és forgalomszabályozást végez.

A hálózati réteg (network layer)

Az OSI hivatkozási modell *harmadik* rétege. A csatorna adategységei a csomagok. A réteg a kommunikációs alhálózatok működését vezérli, feladata az útvonalválasztás forrás és célállomás között. Ha az útvonalban eltérő hálózatok vannak, akkor fregmentálást, protokoll átalakítást is végez. Az utolsó olyan réteg, amely ismeri a hálózat topológiáját.

A réteg által nyújtott szolgáltatások:

- a szállítási réteg felé kell szolgáltatást nyújtani, a szolgáltatásoknak függetlennek kell lenniük az alhálózat kialakításától, el kell takarni az alhálózatokat (szám, típus, topológia),
- egységes címezési rendszer szükséges,
- forgalomirányítás, (Routing),
- forgalomszabályozás, (Flow control),
- torlódásvezérlés (Congestion control).

Torlódásnak nevezzük azt az állapotot, ha egy állomáson belül egyszerre túl sok csomag vár továbbküldésre és egymást akadályozzák a továbbhaladásban. A torlódások kezelése és kivédése ezen réteg feladata.

A szállítási réteg (transport layer)

Az OSI hivatkozási modell *negyedik* rétege. A csatorna adategységei a TPDU rövidítéssel jelölt Transport Protocol Data Unit-ok. A réteg feladata a végpontok közötti hibamentes adatátvitel biztosítása. Már nem ismeri a topológiát, csak a két végpontban van rá szükség. Feladata az összeköttetések felépítése, bontása, csomagok sorrendbe állítása. Amennyiben egy hoszton belül több feladat működik, akkor ezen réteg feladata, hogy megmondja melyik üzenet melyik feladathoz tartozik. A réteg megbízható, gazdaságos adat-szállítást biztosít a forráshosztól a célhosztig függetlenül a fizikai hálózattól vagy az adatbázison használt kommunikációs alhálózattól. Itt történik az utolsó vég–vég ellenőrzés.

A viszonyréteg (session layer)

A viszonyréteg az OSI hivatkozási modell *ötödik* rétege. A csatorna adategységei a SPDU rövidítéssel jelölt Session Protocol Data Unit-ok. A réteg lehetővé teszi, hogy két számítógép felhasználói kapcsolatot létesítsen egymással. A viszonyréteg segítségével egy felhasználó állományokat mozgathat számítógépek között. Jellegzetes feladata a logikai kapcsolat felépítése és bontása, párbeszéd szervezése, irányítása, vezérlés-kezelés (token management – megakadályozza, hogy ketten ugyanazt a kritikus műveletet próbálják végrehajtani). Szinkronizációs feladatokat is ellát, ellenőrzési pontok beépítésével, hogy hiba esetén az ellenőrzési ponttól lehessen folytatni az adást. Gyakran az együttműködési réteg elnevezéssel is illetik.

A megjelenítési réteg (presentation layer)

A megjelenítési réteg az OSI hivatkozási modell *hatodik* rétege. A csatorna adategységei a PPDU rövidítéssel jelölt Presentation Protocol Data Unit-ok. A réteg a továbbítandó információ szintaktikájával és szemantikájával foglalkozik. Az egyetlen olyan réteg, amely megváltoztathatja az üzenet tartalmát. Tömörít, rejtjelez (adatvédelem és adatbiztonság miatt), kódcserét (pl.: ASCII–EBCDIC) végez el így a különböző adatábrázolást használó gépek kommunikációját biztosítja.

Az alkalmazási réteg (application layer)

Az OSI hivatkozási modell *hetedik* rétege. A csatorna adategységei a APDU rövidítéssel jelölt Application Protocol Data Unit-ok. A réteg széles körben igényelt szolgáltatásokat tartalmaz. Pl.: fájlok gépek közötti

másolása, elektronikus levelezés vagy virtuális terminálok. Közös megoldásként virtuális terminálok elvén oldják meg az ebben a rétegben felhasznált protokollok által összekötött alkalmazások működését. Az alkalmazási réteg virtuális terminál szoftvereket tartalmaz.

KÉRDÉSEK

1. Határozza meg a protokoll fogalmát!
2. Mik azok a hálózati rétegek?
3. Mi a hálózati architektúra?
4. Miért fontos a hálózatok szabványosítása? Mik azok a dejure- és a defacto-szabványok?
5. Fogalmazza meg az OSI-modell filozófiáját!
6. Milyen rétegekből épül fel az OSI-modell?
7. Mi a fizikai réteg feladata?
8. Mi az adatkapcsolati réteg szerepe?
9. Mit biztosít a hálózati réteg?
10. Milyen célokat valósít meg a szállítási réteg?
11. Mire használják az együttműködési rétegeket?
12. Milyen feladatokat lát el a megjelenítési réteg?
13. Ismertesse az alkalmazási réteg szerepét az OSI-modellben!

4. Fejezet

Az internet kialakulása, elvi alapjai, a TCP/IP architektúra, RFC-k

Az RFC

Az RFC (Request for Comments – hozzászólás igénylése) alapján fejlődik az internet. A Request for Comments volt az az eredeti mechanizmus amellyel minden TCP/IP-vel kapcsolatos normában meg-egyeztek, s amely szerint minden szabványt kialakítottak. RFC-nek nevezik azt a szabványdokumentumot is amely a szabványkialakítási folyamat eredményeként jön létre. Az RFC-k megtalálhatók a <http://www.rfc-editor.org/> címen. Azonban nem minden RFC ír le formai szabványt. Az RFC-nek különböző fajtái léteznek:

1. Hivatalos szabványok, amiket az IAB (Internet Architecture Board) teljes szabványként elfogadott és amelyeket minden internethez csatlakozó eszköznek alkalmaznia kell. Ezek a dokumentumok IAB-standardként vannak megjelölve az IAB hivatalos szabványlistáján, ami maga is egy RFC.
2. Szabvány-vázlatok, hivatalos normák melyeket még nem elemeztek ki és fogadtak el teljesen.
3. „Nem hivatalos” normák: technikák melyek használata általánosan elterjedt volt vagy ma is az, amelyek megoldják ugyan a problémát de nem tekintik őket a teljesen elfogadott helyes megoldásnak. (A SLIP és a RIP két ilyen protokoll.)
4. Dokumentumok, melyek a korai, talán nem eléggé szigorúan meghatározott normákat magyarázzák vagy azokat az eseteket amikor a megvalósítók nem kompatibilis felszerelést gyártottak.
5. Információ és oktatás az internetről, szolgáltatásairól és protokolljairól (For Your Information (FYI) dokumentumok).
6. Irányítási és szervezési dokumentumok: az amerikai internetet ellenőrző és fejlesztő különböző testületek összetételének és hatáskörének leírásai, az internethez csatlakozó oldalak technikai és szervezői felelősségeinek leírásai.
7. Magyarázó dokumentumok, melyek az internet architektúra vagy a létező protokollok korlátozásait és technikai kérdéseit határolják be és írják le, olyan kérdéseket amelyeket meg kell oldani ha szeretnénk, hogy az internet támogassa a legújabb hálózatokat és felhasználói alkalmazásokat.

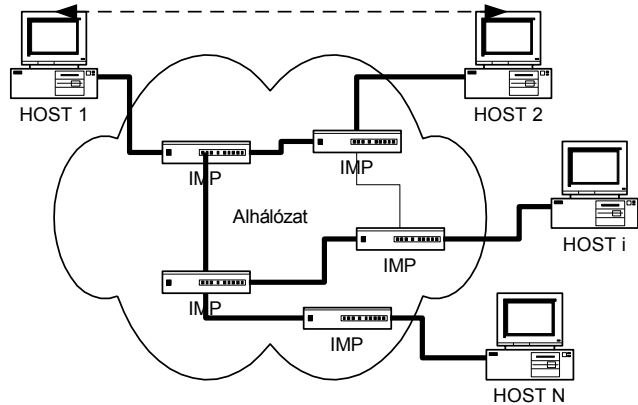
Eme utolsó kategória alapján kapta a request for comments ezt a találó nevet. Az RFC gazdag oktatóanyag arról hogyan fejlődtek ki a kifinomult számítógépes rendszerek és arról hogyan gondolkodtak a múltban, illetve hogyan gondolkodnak most a számítógépes hálózatokról Amerika kutató közösségeiben a fejlesztők és kollégáik.

Bizonyos időközönként az IAB (Internet Architecture Board) frissíti a szabványprotokollok listáját és státuszát. A szabvány státuszú protokollok STD hivatkozási számot kapnak.

ARPANET HÁLÓZATI STRUKTÚRA

Az ARPANET az internet elődjének tekinthető. A '60-as évek közepén az amerikai védelmi minisztérium sugallatára egy alhálózatból és hosztokból álló csomagkapcsolt hálózatot fejlesztettek ki. A hálózati megoldással az RFC33 foglalkozik részletesebben. Az ARPANET eredeti tervét az alábbi 4.1. ábra mutatja. Az alhálózat átviteli vonalakkal összekapcsolt IMP (Interface Message Processors) csomóponti gépekből és összekötendő gépekből, hosztokból épül fel. Valójában az IMP a kommunikációt megvalósító hardver és szoftver együttese. Az alhálózat célja a hosztok csatornákon keresztül történő összekötése.

4.1. ábra. Az ARPANET hálózati struktúra.



TCP/IP-ARCHITEKTÚRA

Az RFC793 foglalkozik a TCP/IP-architektúrával. TCP/IP-modell alkalmas hálózatok kialakítására és hálózatok összekapcsolására, internet kialakítására. A résztvevő hálózatok topológiája nincs előre meghatározva. A felhasználók és a felhasználói programok számára rejtett maradhat a rendszer tényleges struktúrája. Egy új hálózat rendszerbekapcsolása nem igényli annak összekötését a már rendszerben lévő hálózatok mindegyikével.

Az alábbi táblázat tartalmazza az OSI architektúra és a TCP/IP architektúra összehasonlítását.

4.1. táblázat. Az OSI-architektúra és a TCP/IP-architektúra összehasonlítása.

TCP/IP	OSI
Alkalmazási réteg	Alkalmazási réteg
Szállítási réteg	Megjelenítési
	Együttműködési/viszony
	Szállítási
Internet réteg	Hálózati
Hoszt és hálózat közötti réteg	Adatkapcsolati
	Fizikai

A következőkben röviden bemutatásra kerülnek a TCP/IP-architektúra egyes rétegeiben zajló folyamatok.

A *hoszt és hálózat* közötti réteg a legalacsonyabb réteg. Feladata az IP-datagramok továbbítása az adott hálózaton keresztül. A hálózati interfészek, lokális hálózatok esetében a hálózati kártya meghajtó programja. Más esetben, például csomagkapcsolt hálózatok esetében ez a réteg összetett alrendszerként képez (HDLC).

Az *internet*-rétegnek négy alapvető feladata van: címezés, csomagolás, útvonal választása, torlódás elkerülése. A réteg összeköttetés-mentes átvitelt tesz lehetővé. A réteg a csomagokat és a célállomás identifikációs számát átveszi a szállítási rétegtől. A csomagot IP-datagrammá alakítja. A datagramot átirányítja a megfelelő hálózati interfészre. A réteg feladata a bejövő datagramok kezelése. A beérkezett IP datagramról címe alapján eldönti, hogy egy másik interfészre küldi vagy átadja a szállítási rétegnek. Abban az esetben ha a datagram lokálisan kézbesítendő, leválasztja róla az IP-fejléct és további feldolgozás céljából átadja a megfelelő szállítási protokollnak. Ugyancsak feladata a beérkezett datagram integritásának vizsgálata.

A *szállítási* réteg feladata az egyes hosztokon belül felállított portok közötti kommunikáció. Ebben a rétegben két protokoll segítségével történhet a csomagok továbbítása: TCP (Transmission Control Protocol) vagy UDP (User Datagram Protocol). TCP esetében összeköttetés felállítása után megbízható adatátvitelt lehet megvalósítani, valamint a kapcsolatban a torlódásmentesítése is biztosítható.

Az *alkalmazási* réteg magasabb szintű protokollokon keresztül biztosítja az egyes alkalmazások közti kapcsolatot.

Egy hálózat lehetőségeit alapvetően meghatározza a benne felhasznált címezési mód. A továbbiakban az interneten használatos címezési mód kerül bemutatásra.

CÍMEZÉS AZ INTERNETEN

Az interneten található hosztoknak és routereknek egyedi címük kell, hogy legyen. Ez az egyedi cím az IP-cím. Az IP-címek ilyesfajta kiosztásaival az Internet Protocol biztosítja, hogy bármely gép, bármely másik géppel kapcsolatba tud lépni, az egymástól való távolságuktól függetlenül. Az IP-cím valójában egy 32 bites kód amit pontokkal elválasztott decimális jelölésrendszerben szokás írni. Valójában a 4 egy bájtos számot tízes számrendszerben ponttal elválasztva írnak fel. Például:

01111111 00000000 00000000 00000001 számnak megfelel a 127.0.0.1

Az RFC1166 tartalmazza az internet-címekkel kapcsolatok szabályokat. Az IP-címeket osztályokba sorolják. A lehetséges osztályok az A, B, C, D és E. Az egyes osztályok címformátumai a 4.2 táblázatban tekinthetők meg.

Az A, B és C osztályba tartozó címek esetében két részre lehet bontani a címet. Az első rész tartalmazza a hálózati azonosítót, míg a második rész határozza meg a hoszt- (gazdagép) azonosítót.

A következő táblázat tartalmazza az egyes osztályokba sorolható címek tartományát.

4.2. táblázat. Címek tartományai az egyes osztályoktól.

Osztály	Legalacsonyabb érték	Legmagasabb érték
A	1.0.0.0	127.255.255.255
B	128.0.0.0	191.255.255.255
C	192.0.0.0	223.255.255.255
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	247.255.255.255

Az A osztályú hálózat 7 bitet használ a hálózat és 24 bitet az egyes interfészek azonosítására. Mivel ez a típusú hálózat 16.777.216 gép megcímzésére képes, összesen csak 125 ilyen hálózat létezhet az interneten.

A B osztályú hálózat 16 bitet használ a hálózat és 16 bitet az egyedi gépek jelölésére. Mivel egy B osztályú hálózat maximum 65.536 gép megkülönböztetésére képes, ezt a fajta hálózatot osztják ki a nagyobb vállalatok, egyetemek és cégek számára. Az interneten 16.382 B osztályú hálózat létezik.

A C osztályú hálózat 24 bitet használ a hálózat és 8 bitet a gépek azonosítására. Minden egyes C típusú hálózat maximálisan 256 gép címzésére képes, így ezeket főleg kisebb vállalatok és internet-szolgáltatók kapják meg. A 192 és 223 közötti IP-címek mind a C osztályú hálózathoz tartoznak; összesen 2.097.150 C osztályú hálózat létezhet az interneten.

Néhány IP-számnak speciális rendeltetése van. Ezeket a számokat nem lehet hosztoknak kiosztani. A hálózati id-k nullákkal kiegészítve eredményezik a hálózati címeket. A következő táblázat tartalmazza az egyes osztályokhoz tartozó hálózati címformátumokat.

4.3. táblázat. Egyes osztályokhoz tartozó hálózati címek.

Osztály	Hálózati cím
A	x.0.0.0
B	x.y.0.0
C	x.y.z.0

4.4. táblázat. Az egyes osztályokhoz tartozó címformátumok.

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A	0	Hálózat/netid										Hoszt/hostid																				
B	1	0	Hálózat/netid										Hoszt/hostid																			
C	1	1	0	Hálózat/netid										Hoszt/hostid																		
D	1	1	1	0	Többesküldéses cím/multicast																											
E	1	1	1	1	0	Fenntartva jövőbeli felhasználás céljából																										

KÉRDÉSEK

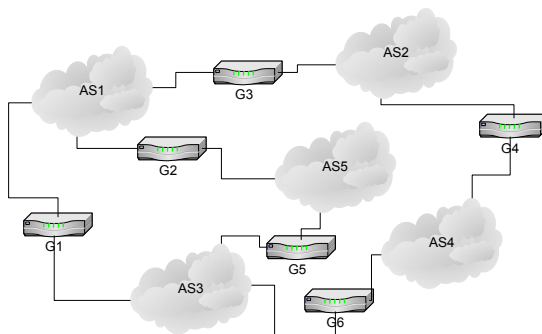
1. Mi az a hoszt?
2. Magyarázza meg, hogy mit takar az IMP fogalma!
3. Sorolja fel a TCP/IP-architectúra elemeit!
4. Adja meg az egyes rétegek feladatát a TCP/IP esetében!
5. Végezze el az alábbi számok tízes számrendszerből binárisba való átalakítását: 127; 0; 76; 248; 224; 57; 132.56.204.254;
6. Végezze el az alábbi számok bináris számrendszerből tízesbe való átalakítását: 1100110; 00011100; 01010101; 1100011; 11001010.00001100.10101011.01111111;
7. Határozza meg az alábbi IP-számok osztályát: 131.107.2.8; 127.0.0.1; 225.34.56.6; 129.33.55.7; 222.222.222.222;

5. Fejezet

Az AS fogalma.

Az internet struktúráját tekintve autonóm szisztémák (AS, Autonomous System) összekapcsolásával kialakított egységes rendszer. Az egyes autonóm (független) rendszerek saját struktúrával és forgalomirányítási protokollal rendelkeznek.

5.1. ábra. Független rendszerek összekapcsolása.



Az autonóm rendszeren belül egységes adminisztrációs rendszer van. Az egyes autonóm rendszerek maguk alakíthatják ki architektúrájukat. Minden autonóm rendszeren belül egy belső átjáró protokollt (interior gateway protocol) használnak. Az autonóm rendszerek között külső átjáró protokoll (exterior gateway protocol) használatos. Az átjáró protokoll valójában forgalomirányító protokoll.

Egy gyakran használatos belső átjáróprotokoll az OSPF (Open Shortest Path First). Ezt a protokollt az RFC 1247 írja le. Az OSPF-algoritmus mindenki által hozzáférhető szabványként ismert. Az OSPF többfajta távolságmértéket támogató protokoll. Fontos ismérve az OSPF-nek, hogy a topológia változásához gyorsan alkalmazkodó dinamikus protokoll.

Az internet fejlődése szükségessé tette, hogy a szolgálat-típusa mező alapján külön legyenek kezelve az egyes csomagok. Az OSPF támogatja a szolgálat-típusa mezőt. Nagyon fontos, hogy az OSPF lehetővé teszi a terhelés kiegyenlítést is. A teljes rendszer bonyolultságából kifolyólag a rendszerben szereplő routerek nem ismerik a teljes hálózati topológiát. A routerek feladatukat úgy tudják ellátni, hogy az OSPF támogatja a hierarchikus rendszert. Az OSPF-ről még el lehet mondani, hogy biztonságos és támogatja az alagút típusú átvitelt.

Az OSPF háromfajta összeköttetést támogat: kétpontos összeköttetést, többszörös hozzáférésű hálózatok adatszórásai lehetőséggel való összekötését és többszörös hozzáférésű hálózatok adatszórásai lehetőség nélküli összekötését.

Az OSPF négy router osztályt különböztet meg:

- egy területen belül lévő belső routerek,
- területhatár routerek, két vagy több terület összekötésére,
- gerinchálózati routerek,
- AS-határ routerek.

Az autonóm rendszerek közötti forgalomirányításra a BGP (Border Gateway Protocol) használatos. A BGP nagyban különbözik a belső átjáró protokolloktól abban, hogy törődik a forgalomirányítási politikával. A BGP esetében kézzel fogalmazták meg a forgalomirányítási korlátozásokat. A BGP valójában egy speciális távolságvektor-protokoll.

6. Fejezet

A hálózatomaszk és subnetworking fogalma, célja, felhasználása IP-hálózatokban

Az alhálózatokkal az RFC950 foglalkozik.

A hálózatomaszk az IP-cím két részre bontásával meghatározza az IP-cím azon részét ami a hálózati azonosítót tartalmazza és a azon részét, ami a hoszt azonosítója.

Az egyes osztályokhoz tartozó alapértelmezett (default) maszkok a következők:

6.1. táblázat. Egyes osztályokhoz tartozó default maszkok.

Osztály	Hálózatomaszk
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Az IP-címhez hozzárendelhető maszk egy 32 bites szám. A maszkban folytonosan elhelyezkedő egységek száma határozza meg az IP-cím hálózatra vonatkozó részét. A egyes osztályokhoz tartozó hálózati rész kibővíthető úgy, hogy magába foglaljon egyes biteket a hoszt részből. A kibővített hálózati részt tartalmazó IP-cím alhálózati címet tartalmaz. Az alhálózatok létrehozása csak a hálózat belső felosztása. A külső hálózati elemektől el lehet rejteni a belső felosztást. Az alhálózatokat a hálózat rendszergazdája alakítja ki. Az alábbi táblázat tartalmazza a C osztályba tartozó érvényes maszkokat.

6.2. táblázat. A C osztályba tartozó érvényes maszkok.

A maszk binárisan	maszk	A hosztok száma az alhálózatban
11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0	$256-2=254$
11111111.11111111.11111111.10000000	255.255.255.128	$128-2=126$
11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192	$64-2=62$
11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224	$32-2=30$
11111111.11111111.11111111.11110000	255.255.255.240	$16-2=14$
11111111.11111111.11111111.11111000	255.255.255.248	$8-2=6$
11111111.11111111.11111111.11111100	255.255.255.252	$4-2=2$

Minden alhálózatnak rendelkezni kell hálózati címmel és adatszórászt lehetővé tevő címmel.

Az alábbi IP-számból 193.225.39.2/255.255.255.192 a következő következtetéseket lehet levonni:

- a 193.225.39.2 –es cím egy hoszt IP-címe
- a C osztályba tartozó cím (193.225.39.0) négy alhálózatra van bontva
- az alhálózathoz tartozó hálózati cím 193.225.39.0
- az alhálózathoz tartozó adatszóró cím 193.225.39.63
- az alhálózaton található hosztok száma 62
- a hosztoknak kiosztható IP-címtartomány 193.225.39.1-től 193.225.39.62-ig terjed.

A cím felírható rövidebb alakban is ha a maszkban található egyesek számát adjuk meg: 193.225.39.2/26.

A hálózat felírható a következő módon is: 193.225.39.0/26.

A példában szereplő alhálózat tovább bontható a következők szerint:

- Két alhálózatra 193.225.39.0/27 és 193.225.39.32/27.
- Négy alhálózatra 193.225.39.0/28, 193.225.39.16/28, 193.225.39.32/28 és 193.225.39.48/28.
- Nyolc alhálózatra 193.225.39.0/29, 193.225.39.8/29, 193.225.39.16/29, 193.225.39.24/29, 193.225.39.32/28, 193.225.39.40/29, 193.225.39.48/29 és 193.225.39.56/29.
- Tizenhat alhálózatra 193.225.39.0/30, 193.225.39.4/30, 193.225.39.8/30, 193.225.39.12/30, 193.225.39.16/30, 193.225.39.20/30, 193.225.39.24/30, 193.225.39.28/30, 193.225.39.32/30, 193.225.39.36/30, 193.225.39.40/30, 193.225.39.44/30, 193.225.39.48/30, 193.225.39.52/30, 193.225.39.56/30, 193.225.39.60/30.

A címtartomány több alhálózatra bontása nem lehetséges, mert nem marad cím a hosztok számára. Tehát a leghosszabb maszk 30 bites lehet.

Maszkolás segítségével több hálózatot összenyalábolhatunk. Például 193.225.0.0/16 cím 256 hálózat nyalábolását jelenti. Ilyen esetben az útvonalválasztó együtt kezelhet több hálózatot.

Fontos megemlíteni, hogy az egyes hosztok az interfészeiken (hálózati csatlakozásain) keresztül tartják a kapcsolatot a külvilággal. Egy hosztnak több interfésze is lehet. Egy interfészhez egy vagy több IP-szám rendelhető. Több szám rendelése esetében aliasing-ről beszélünk.

Az IP-címek használatának hátránya, hogy végül is a hálózatoktól függnék és nem a gazdagéphez kötődnek. Más szóval, ha egy gépet áthelyezünk egy másik hálózatba akkor meg kell változtatni annak címét.

KÉRDÉSEK

1. Mi az adatszórás címe a 172.30.45.76 című hosztnak ha a hálózat alapértelmezett maszkkal rendelkezik?
2. Mi a hálózat címe a 211.30.45.76 című hosztnak ha a hálózat alapértelmezett maszkkal rendelkezik?
3. Karikázza be a helyes hálózati maszkokat: 255.255.255.192; 255.255.255.128; 255.255.248.0; 255.255.64.0.

7. Fejezet

A portok fogalma

Az interneten minden számítógépnek legalább egy IP-száma van. A számítógépek egy időben több funkciót tölthetnek be. Minden hosztnak vagy IMP-nek 16 bitben kódolt portja van. A portok legkisebb értéke 0 a legnagyobb pedig 216-1. A számítógép IP-száma és portjának azonosítója definiálja annak csatlakozó-címét (socket address). Például: 193.225.184.133:21 a 193.225.184.133-es számítógép 21-es portja.

A TCP-szolgálat keretén belül mindkét résztvevő számítógép létrehoz egy csatlakozócímet amin keresztül a gépek kommunikálnak. A kapcsolatteremtés után az alkalmazási protokollok a hálózatot egyszerű byte-folyamnak tekintik, mint például egy terminált vagy telefonvonalat. Különböző kommunikációk más-más portokon keresztül történnek. A felhasználói programok általában véletlenszerűen választanak portot, de egyes portok eleve olyan alkalmazásoknak vannak fenntartva amik meghatározott kéréseket szolgáltatnak ki. A 0–1023-ig terjedő intervallumban lévő portok a jól ismert portok kategóriájába tartoznak. Az 1024-től 49151-ig terjedő intervallumban lévő portok regisztrált portok közé tartoznak. A többi portot a felhasználói alkalmazások szabadon használhatják. A jól ismert portok kiosztását egy nemzetközi szervezet végzi. A portok leírása a <http://www.iana.org/assignments/port-numbers> címen található.

Minden internetet használó operációs rendszer magában foglal egy services vagy services.txt nevezetű állományt ami az általa ismert portdefiniciókat tartalmazza. Néhány ismertebb port neve, száma, protokollja és leírása:

echo	7/tcp	
echo	7/udp	
ftp-data	20/tcp	#File Transfer [Default Data]
ftp-data	20/udp	#File Transfer [Default Data]
ftp	21/tcp	#File Transfer [Control]

ftp	21/udp	#File Transfer [Control]
ssh	22/tcp	#Secure Shell Login
ssh	22/udp	#Secure Shell Login
telnet	23/tcp	
telnet	23/udp	
smtp	25/tcp	mail #Simple Mail Transfer
smtp	25/udp	mail #Simple Mail Transfer
time	37/tcp	timeserver
time	37/udp	timeserver
rap	38/tcp	#Route Access Protocol
rap	38/udp	#Route Access Protocol
domain	53/tcp	#Domain Name Server
domain	53/udp	#Domain Name Server
http	80/tcp	www www-http #World Wide Web HTTP
http	80/udp	www www-http #World Wide Web HTTP
pop3	110/tcp	#Post Office Protocol - Version 3
pop3	110/udp	#Post Office Protocol - Version 3
ntp	123/tcp	#Network Time Protocol
ntp	123/udp	#Network Time Protocol
netbios-ns	137/tcp	#NETBIOS Name Service
netbios-ns	137/udp	#NETBIOS Name Service
netbios-dgm	138/tcp	#NETBIOS Datagram Service
netbios-dgm	138/udp	#NETBIOS Datagram Service
netbios-ssn	139/tcp	#NETBIOS Session Service
netbios-ssn	139/udp	#NETBIOS Session Service
snmp	161/tcp	
snmp	161/udp	
ldap	389/tcp	#Lightweight Directory Access Protocol
ldap	389/udp	#Lightweight Directory Access Protocol
https	443/tcp	
https	443/udp	
router	520/udp	route routed #local routing process (on site);
radius	1812/udp	#RADIUS authentication protocol

A hálózaton keresztül csatlakozócímek felhasználásával kliens–szerver alapon történik a programok

együtműködése. Két metódus létezik erre a kommunikációra. Az első módszer szerint a szerver egy csatlakozóporton várakozik egy kérés beérkezésére. A kérés kiszolgálása után fogadhatja a következő kérelmet. A kérelmek kiszolgálása alatti időszakban a szerver nem reagál az új kérelmekre. Ezt a módszert *iteratív megoldás*nak nevezik. A másik módszer szerint a csatlakozóporton keresztül érkezett kérelem hatására a szerver egy új feladatot (kiszolgálópéldányt) indít el. Az új feladat reagál a kérésekre majd feladata végeztével megszűnik. A portot figyelő program időközben képes reagálni az új kérelmekre. A második megoldás neve konkurens-szerver-megoldás.

KÉRDÉSEK

1. Mi a csatlakozócím?
2. Mit takar az IANA rövidítés?
3. Soroljon fel 8 jól ismert portot!

8. Fejezet

Alkalmazási protokollok

Az alkalmazási rétegben található azok a protokollok, melyek a felhasználói programokkal találkoznak és így azok működését biztosítják.

KÖRZETI NÉVKEZELŐ RENDSZER (DNS)

Az előbbieket során megtudtuk, hogy a hosztokat meghatározó cím egy 32 bites szám. Az IP-számok megjegyzése nehézkes. Az interneten létezik olyan rendszer, ami a 32 bites címekhez az ember által könnyen megjegyezhető neveket rendel. Kezdetben az NIC (Network Information Center) tároltak egy HOSTS.TXT nevezetű állományt ami az IP számok és szimbolikus nevek megfeleltetésének táblázatát tartalmazta. A megoldásnak több hátránya is volt. Az első az, hogy minden új nevet regisztrálni kellett a NIC-nél. A második gondot az okozta, hogy a táblázatot gyakran kellett frissíteni minden gépen. Ez a rendszer napjainkban is használható (minden az interneten megtalálható operációs rendszer még ma is rendelkezik hosts.txt állománnyal). Napjainkban azonban egy új hierarchikus osztottan tárolt rendszer látja el ezt a feladatot. A rendszer neve DNS (Domain Name System) A DNS definiálása megtalálható az RFC 1034 és

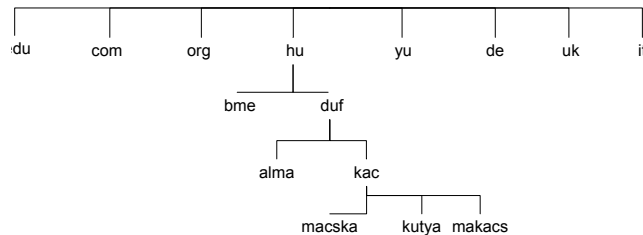
1035-ben. A DNS-rendszer egyik feladata, hogy megtalálja a ASCII karakterláncához tartozó IP-címet. Ezt a folyamatot a gazdagép neve meghatározásának nevezzük. A DNS-rendszer másik feladata az IP-címhez tartozó név meghatározása. Ezt a folyamatot fordított keresésnek nevezzük. A DNS-rendszer szolgáltatásait más rendszerek is igénybe veszik. Például a levelező rendszer.

Általában a hosztnév egy olyan szókép, amely a felhasználót emlékezteti a hoszt szerepére. A név hozzárendelése szabályok szerint történik. A hozzárendelés folyamán egy hierarchikus rendszert kell követni, minek neve DNS-tér.

A DNS-tér fa struktúrájú. Benne fellelhető minden domain (körzet) ami az interneten létezik. A struktúra tetején helyezkedik el a gyökér (domain root). A root körzetnek nincs neve. Jelölése egy pont (.). A root domain alatt, vagyis a legfelső szinten helyezkednek el az elsődleges körzetek (top-level-domain TLD). Minden körzetet alkörzetekre lehet osztani. A körzetek alatt lehetnek alkörzetek és hosztnevek. Egy körzet nevét a gyökérhez felvezető út, pontokkal elválasztva határozza meg.

A lábbi ábra tartalmazza a DNS-névtér egy részét.

8.1. ábra. A DNS-névtér egy része.



A képen látható példán leolvasható a kutya.kac.duf.hu körzetnév ami a Dunaújvárosi Főiskola egyik körzete. A körzet a hu elsődleges körzet alatt elhelyezkedő duf másodlagos körzetben (second-level domain) helyezkedik el.

A körzetnevek rendszere osztott. Az egyes körzetek karbantartása a körzetfelelősök dolga. A gazdagép teljes neve körzetnévvel együtt akkor alkotja az FQDN-t (fully qualified domain name), ha a fordított lekérdezésben is ugyanaz a teljes név szerepel. Egyes szolgáltatások helyes működése szempontjából elengedhetetlenül szükséges, hogy a szolgáltatásban szereplő hosztgép rendelkezzen érvényes FQDN bejegyzéssel.

Körzetnevek nem érzékenyek a nagybetű/kisbetű használatára. Néhány körzetnév esetében előfordul, hogy egy névhez több IP-szám tartozik. Ezekben az esetekben arról van szó, hogy egy szolgáltatást több szerver oszt meg. Az a terhelés eloszlását segíti elő (load balancing). Egy tipikus példa erre a www.cnn.com cím mely IP-címei a következők: 64.236.16.52, 64.236.16.84, 64.236.16.116, 64.236.24.4, 64.236.24.12, 64.236.24.20, 64.236.24.28, 64.236.16.20.

A hálózaton előfordul olyan IP-szám is melyhez több név tartozik. Ez a megoldást *aliasing* néven ismert. Egy példa erre a 193.225.189.66 cím mely lehet egyben a www.duf.hu és a maugli.duf.hu címe is.

A névszolgáltató rendszerben fellelhetjük a DNS-névteret a névfeloldó ágenseket (stub resolver) miket kliensként is felfoghatunk és névszolgáltató szervereket. A névtér már az előzőekben bemutatásra került. A névfeloldó ágensek valójában azok az alkalmazások vagy a TCP/IP protokoll által implementált programok amik a névfeloldást kérik a DNS-szerverektől.

A DNS-szerverek olyan gazdagépek amik kiszolgálják a névfeloldó ágenseket. A DNS-szerver lehetséges válasza egy kárelemre a későbbiek folyamán kerül megtárgyalásra.

Négyféle DNS-szerveret különböztetünk meg:

- Elsődleges szerver (primary DNS server).
- Másodlagos szerver.
- Mester szerver.
- Gyorsítótár szerver.

Az elsődleges szerver tárolja a zónára vonatkozó adatokat. A zóna a körzettér azon része amiért egy szerver felel. Minden bejegyzést a zónákat definiáló táblázatokban az elsődleges szerveren kell elvégezni.

A másodlagos szerver feladata, hogy tárolja az elsődleges szervertől kapott zónainformációkat. Egy meghatározott protokoll szerint történik a zóna szinkronizálása. A zóna átvitelének folyamatát *zone transfer*nek nevezzük. A hálózat a továbbiakban egyenrangúan kezeli az elsődleges szervert és a másodlagos szervert/szervereket. Egy körzet sikeres bejegyzése esetén annak egy elsődleges és legalább egy másodlagos DNS-szervere kell, hogy legyen.

Mester szervernek nevezzük azt a szervert ami a névtáblázatot átadja a másodlagos szervernek. Ez nem minden esetben az elsődleges szerver.

Azt a szervert ami egy körzet táblázatát tartalmazza hiteles (authoritative) szervernek nevezzük az adott körzetre vonatkozóan. A root szerverek hitelesek az össz TLD-re.

Gyorsító szerver (caching-only name szerver) szerepe a DNS-forgalom lecsökkentése a hálózaton keresztül és a DNS-lekérdezések felgyorsítása. Amikor egy névfeloldó ágens kérelemmel fordul a szerverhez az a hálózaton keresztül lekéri a választ és kiszolgálja a kérdezőt. Abban az esetben, ha egy következő ágens ugyanazzal a kérelemmel fordul a szerverhez az a saját tárában találja a választ és kiszolgálja a kérdezőt. Az egyes mezők érvényessége korlátos. Szükség esetén az elavult beírásokat a szerver újra frissíti a hálózatról.

A DNS-lekérdezések típusai a következők lehetnek:

- direkt és
- inverz lekérdezés.

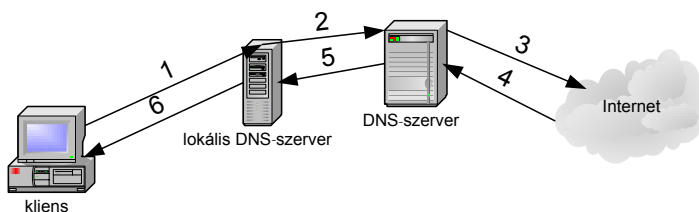
A DNS-lekérdezések módja szerint ismerünk:

- rekurzív lekérdezést és
- iteratív lekérdezést.

A DNS-rendszer minőségének javítása érdekében a lekérések eredményeit gyorsítótárban tárolják. Minden kérés esetében a kérdezőt a saját gyorsítótárát vizsgálja először. Amennyiben érvényes bejegyzést talál a tárból az adott körzetre vonatkozóan akkor a kérés nem terheli tovább a hálózat többi részét. Ellenkező esetben a kérés újabb szerverek felé továbbítódik.

Rekurzív lekérdezés esetén a megkérdezőt a kétféleképpen válaszolhat, vagy visszaadja a kérdésben szereplő név IP-számát vagy egy hibajelzést. A rekurzív lekérdezést gyakran csak továbbító (forward only) szerverekkel oldják meg. A rekurzív lekérdezés menete az alábbi képen látható.

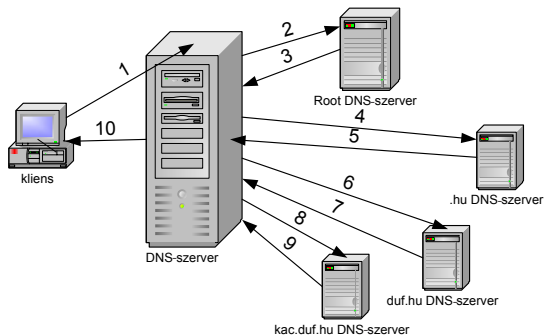
8.2. ábra. A rekurzív DNS lekérdezés.



A kliens ágens kérése elkerül a lokális DNS-szerverhez. A lokális szerver megvizsgálja, hogy a keresett körzetre felelős-e. Amennyiben igen, akkor válaszol a kérésre. Amennyiben nem, akkor megvizsgálja a saját gyorsítótárát az aktuális bejegyzést keresve. Ha talál érvényes bejegyzést, akkor azt válaszul megadja, ha nem, akkor továbbítja a kérést a DNS-szerver felé. A DNS-szerveren hasonló folyamat zajlik le mint előbb a lokális szerveren. Sikertelen keresés esetében a DNS-szerver végül továbbküldi a kérést az internetre. A válasz a 4–5–6-os vonalon érkezik meg a klienshez.

Az iteratív lekérdezés esetében kielégítetlen kéréskor a negatív válasz mellett eredményként a szerver visszaadja annak a szervernek a címét ahol a keresést folytatni lehet.

8.3. ábra. Az iteratív keresés.



A képen látható folyamat a `www.kac.duf.hu` IP-címének keresése. A kliens kéréssel fordul a DNS-szerverhez. A DNS-szerver megvizsgálja, hogy a keresett körzetre felelős-e. Amennyiben igen, akkor válaszol a kérésre. Amennyiben nem, akkor megvizsgálja a saját gyorsítótárát az aktuális bejegyzést keresve. Ha talál érvényes bejegyzést, akkor azt válaszul megadja, ha nem, akkor továbbítja a kérést a root DNS-szerver felé. A root DNS-szerver tartalmazza minden TLD-bejegyzését, így a `.hu` bejegyzést is. A root DNS-szerver válaszában megadja a `.hu` szerver adatait. Következő lépésben a DNS-szerver már a `.hu` körzetér felelős géphez fordul. Az megadja neki a `duf.hu` tartományért felelős szerver adatait. Ezután a DNS-szerver a `duf.hu` körzetér felelős gépet kérdezi ami megadja neki a `kac.duf.hu` körzetér felelős gép IP-címét. Utolsó iterációként a `www.kac.duf.hu` gazdagép IP-címét a DNS-szerver a körzetér felelős `kac.duf.hu` DNS-szertől kéri, ami megadja neki a kért információt. Végül a DNS-szerver közli válaszát a kliensnek.

A DNS-forgalom az 53-as portot használja. UDP-csomagokon keresztül történik a lekérések és a válaszok továbbítása. TCP-csomagokon keresztül zajlik a zónák adatainak étvitele.

A DNS-csomagok formátumát a 1034-es és a 1035-ös RFC részletesen tárgyalja.

A DNS-rendszer az IP-szám és cím megfeleltetési rendszer mellett más adatokat is tárol és szolgáltat. Néhány DNS-bejegyzés típus az alábbi táblázatban található.

8.1. táblázat. Néhány DNS-bejegyzés definíciója.

Típus	Kód	Jelentés	Leírás
A	1	Cím	Hosztgép IP címe.
NS	2	Névszolgáltató szerver	A körzethez tartozó névszolgáltató szerver neve.
CNAME	5	Kanonikus név	Becenév.
SOA	6	Lista kezdete	A zónához tartozó hiteles beírások kezdete.
NULL	10		Null bejegyzés.
PTR	12	Mutató	Az IP-számnak feleltet meg egy gazdagép nevet.
HINFO	13	Leírás	A gazdagép legfontosabb hardver és szoftver adatai.
MX	15	Levél csere	A körzetre levelet fogadó hosztgépre mutat. A bejegyzéshez súlyozási érték tartozik.
TXT	16	Szöveg	Általános információkat tartalmaz a körzetről.
RP	17	Felelős személy	A körzetért felelős személy adatai.

A névszolgáltató rendszer ellenőrzésére névfeloldó ágensek használhatók. UNIX- és Windows-környezetben egyaránt használható a nslookup kliens program. Gyakran használják még a dig program nyújtotta lehetőségeket is. Az alábbi táblázatok néhány példát tartalmaznak a programok használatára.

8.2. táblázat. Példa a nslookup-program használatára.

1.	\$ nslookup
2.	Default Server: maugli2.alma.kac.duf.hu
3.	Address: 193.225.184.133
4.	> maugli.alma.kac.duf.hu
5.	Server: maugli2.alma.kac.duf.hu
6.	Address: 193.225.184.133
7.	
8.	Name: maugli.alma.kac.duf.hu
9.	Address: 193.225.39.66
10.	
11.	> www.bme.hu
12.	Server: maugli2.alma.kac.duf.hu
13.	Address: 193.225.184.133
14.	
15.	Non-authoritative answer:
16.	Name: torpapa.eik.bme.hu
17.	Address: 152.66.115.35
18.	Aliases: www.bme.hu
19.	
20.	> set type=MX
21.	> freemail.hu
22.	Server: maugli2.alma.kac.duf.hu
23.	Address: 193.225.184.133
24.	
25.	Non-authoritative answer:
26.	freemail.hu preference = 10, mail exchanger = fmx.freemail.hu
27.	freemail.hu preference = 20, mail exchanger = fmx1.freemail.hu
28.	freemail.hu preference = 20, mail exchanger = fmx2.freemail.hu
29.	freemail.hu preference = 20, mail exchanger = fmx3.freemail.hu
30.	freemail.hu preference = 20, mail exchanger = fmx4.freemail.hu
31.	freemail.hu preference = 20, mail exchanger = fmx5.freemail.hu
32.	
33.	Authoritative answers can be found from:
34.	freemail.hu nameserver = ns.c3.hu
35.	freemail.hu nameserver = ns0.matav.hu
36.	fmx.freemail.hu internet address = 195.228.242.194
37.	fmx1.freemail.hu internet address = 195.228.242.221
38.	fmx2.freemail.hu internet address = 195.228.242.222
39.	fmx3.freemail.hu internet address = 195.228.242.223
40.	fmx4.freemail.hu internet address = 195.228.242.224
41.	fmx5.freemail.hu internet address = 195.228.242.225
42.	Ns.c3.hu internet address = 194.38.96.80
43.	> set type=NS

44.	> bme.hu
45.	Server: maugli2.alma.kac.duf.hu
46.	Address: 193.225.184.133
47.	
48.	Non-authoritative answer:
49.	bme.hu nameserver = nic.bme.hu
50.	bme.hu nameserver = ns.c3.hu
51.	bme.hu nameserver = ns.bme.hu
52.	
53.	Authoritative answers can be found from:
54.	Ns.c3.hu internet address = 194.38.96.80
55.	Ns.bme.hu internet address = 152.66.116.1
56.	Ns.bme.hu IPv6 address = 2001:738:2001:8001::2
57.	nic.bme.hu internet address = 152.66.115.1
58.	nic.bme.hu IPv6 address = 2001:738:2001:2001::2
59.	>exit

A 8.2. táblázat első sora tartalmazza a nslookup utasítást. A második és a harmadik sor ad információt a kiszolgáló szerverről. A negyedik sor egy kérést tartalmaz. Mi a maugli2.alma.kac.duf.hu IP-címe? A nyolcadik és kilencedik sor tartalmazza a választ. A továbbiakban még egy kérés `www.bme.hu` következik. Válaszként a válaszadó szerver adatai `Server:maugli2.alma.kac.duf.hu` és `Address: 193.225.184.133` után található a `Non-authoritative answer:` ami azt jelenti, hogy az adott szerver nem tartalmaz hiteles bejegyzést, de a válasz `Name: torpapa.eik.bme.hu` címe: `Address:152.66.115.35` ami becenév a `Aliases: www.bme.hu` keresett névre.

A továbbiakban a freemail.hu körzetre levelet fogadó hosztgép adatait szeretnénk megtudni. A huszadik sorban szereplő `set type=MX` kapcsoló jelentése, hogy az MX-mezőkre leszünk kíváncsiak. A 21. sorban szerepel a kérdés. Ki fogadja a leveleket a freemail.hu körzetre? A válasz nem hiteles. Az első fogadó gép neve: `fmx.freemail.hu` 10-es súllyal. A többi fogadó gép bejegyzései a 27–31-ig lévő sorokban találhatók. A 33–42. sorok tartalma a freemail.hu körzetre vonatkozó hiteles bejegyzések megtalálását segítik elő.

A körzetek adataiért felelős szerverek adatait a típus kapcsoló átállításával `set type=NS` lehet kezdeményezni. A továbbiakban a keresendő körzet nevét kell beírni `bme.hu`. Válaszul hozzájutunk a keresett szerver adataihoz. A nslookup program parancssori lehetőségei széleskörűek. Bővebb információ UNIX esetében a man nslookup utasítással kapható.

8.3. táblázat. Példa a dig program használatára.

1.	\$ dig www.iit.bme.hu
2.	
3.	; <<>> DiG 8.3 <<>> www.iit.bme.hu
4.	;; res options: init recurs defnam dnsrch
5.	;; got answer:
6.	;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 4
7.	;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 2, AUTHORITY: 3, ADDITIONAL: 2
8.	;; QUERY SECTION:
9.	;; www.iit.bme.hu, type = A, class = IN
10.	
11.	;; ANSWER SECTION:
12.	www.iit.bme.hu. 23h59m46s IN CNAME bagira.iit.bme.hu.
13.	bagira.iit.bme.hu. 23h59m46s IN A 152.66.241.5
14.	
15.	;; AUTHORITY SECTION:
16.	iit.bme.hu. 23h59m46s IN NS bagira.iit.bme.hu.
17.	iit.bme.hu. 23h59m46s IN NS nic.bme.hu.
18.	iit.bme.hu. 23h59m46s IN NS kozma.iit.bme.hu.
19.	
20.	;; ADDITIONAL SECTION:
21.	nic.bme.hu. 1h21m35s IN A 152.66.115.1
22.	nic.bme.hu. 1h21m31s IN AAAA 2001:738:2001:2001::2
23.	
24.	;; Total query time: 99 msec
25.	;; FROM: maugli.alma.kac.duf.hu to SERVER: default -- 193.225.184.133
26.	;; WHEN: Tue Aug 19 22:00:40 2003
27.	;; MSG SIZE sent: 32 rcvd: 165

A dig program a körzetről és a kérés körülményeiről egy időben több adatot szolgál. A kérdésre, hogy mi a www.iit.bme.hu IP-címe a válasz 152.66.241.5 vagy bagira.iit.bme.hu.

ELEKTRONIKUS LEVÉL

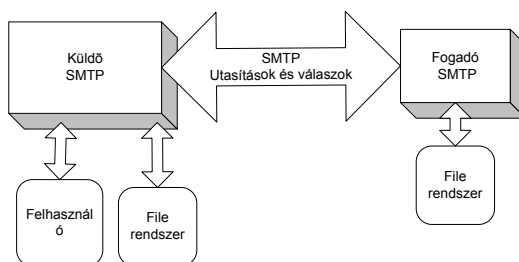
Az elektronikus levelezés az egyik leggyakrabban használt hálózati szolgáltatás. Az elektronikus levelezés használata számos előnnyel jár más kommunikációs lehetőségekkel szemben. Néhány előny: gazdaságosan továbbíthatók az adatok, gyors kézbesítést biztosít, a címzett távolról is hozzájuthat a levelekhez valamint biztonságos és hiteles levéltovábbítás valósítható meg PGP (Pretty Good Privacy) segítségével. Az elektronikus levelezésnek néhány hiányossága is fellelhető: a levél olvasásához speciális eszköz szükségeltetik, nem biztosít gyors interaktivitást, sok a visszaélés (nem kívánt levelek).

Az elektronikus levelezés több alkalmazás szinten működő protokoll biztosítja. Néhány a működését biztosító protokoll: Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), Post Office Protocol 3 (POP3) és Internet Mail

Access Protocol (IMAP). A továbbiakban az SMTP kerül részletesebben bemutatásra.

Az SMTP-vel az RFC 821 foglalkozik. Célja, hogy hatékony és megbízható levélátvitelt biztosítson. A protokoll a 25-ös TCP-portot használja. Az SMTP meghatározza az üzenet formátumát. A folyamatban egy küldő és egy fogadó vagy közvetítő vesz részt. A levélküldés folyamán a küldő és a fogadó parancsokat és válaszüzeneteket küldenek felváltva. A levél továbbítása után a kapcsolat felbontódik. A parancsok négy karakterből állnak. A parancsokat paraméterekkel lehet kiegészíteni. A válaszok háromjegyű számokkal kezdődnek és üzenetrésszel folytatódnak.

8.4. ábra. Az SMTP használati modell.



A hálózati névszolgáltató rendszer a körzetre érvényes MX-mező alapján megadja a levelező rendszer számára az adott körzetre konfigurált levélfogadó gazdagép IP-számát. A levéltovábbítás folyamata kapcsolatnyitással kezdődik. A kapcsolatnyitást a fogadó gép 25-ös portjára történő terminálkapcsolattal kezdeményezzük. A fogadó válasza 220-as kód. A kapcsolatnyitás szintakszisa:

```
HELO <SP> <domain> <CRLF>
```

A HELO kulcsszavat és egy <SP> fehérkaraktert a küldő neve <domain> követi. Ez az információ fontos, hogy a fogadó eldönthesse valóban azok vagyunk akinek mondjuk magunkat. A fogadó inverz névlekérdezéssel meggyőződhet a küldő adatainak valódiságáról. A fogadó-szerver beállításától függ, hogy mit tesz a hamis bemutatkozáskor. Amennyiben a fogadó 250 kóddal válaszol akkor kész a kapcsolat felállítására. A továbbiakban következhet a tranzakció.

A következő lépés a levél képzeletbeli borítékára kerülő adatok meghatározása. Először a küldő levélcímét kell megadni MAIL FROM: <>. Amennyiben a fogadó elfogadja a küldő levélcímét válasza 250. A címzett adatait a RCPT TO: <> utasítás előzi meg. Amennyiben a fogadó elfogadja a címzett adatait akkor válasza 250. A boríték tartalma a DATA utasítás után következik. A fogadó a 354 kóddal válaszol.

Ettől kezdve a fogadó minden adatot a levél részeként értelmez. A levél részei lehetnek (de nem kötelező) a Date: , From: , To: , Subject: , szavakkal kezdődő sorok az értelemszerű utánuk következő tartalmakkal együtt. A levelező rendszer mindenképpen 7 bites ASCII adatokat továbbít. Minden más formátumot kódolni kell például UUE- vagy MIME-formátumban. A levél végét csak egy pontot tartalmazó sor jelenti. A fogadó válasza ekkor 250 .

8.4. táblázat. Példa egy levél továbbítására.

1.	\$ telnet mungo.hunord.net 25
2.	Trying 193.225.123.35...
3.	Connected to mungo.hunord.net.
4.	Escape character is '^['.
5.	220 mungo.hunord.net ESMTP Sendmail 8.8.8+Sun/8.8.8; Wed, 20 Aug 2003 20:00:44 +0200 (MET DST)
6.	HELO maugli2.alma.kac.duf.hu
7.	250 mungo.hunord.net Hello maugli2.alma.kac.duf.hu [193.225.184.133], pleased to meet you
8.	MAIL FROM:pszilvi@alma.kac.duf.hu
9.	250 pszilvi@alma.kac.duf.hu... Sender ok
10.	RCPT TO:pszilvi@hunord.net
11.	250 pszilvi@hunord.net... Recipient ok
12.	DATA
13.	354 Enter mail, end with "." on a line by itself
14.	Date:
15.	From:
16.	To:
17.	Subject: Csak egy udvozlet
18.	Tovabbi jo munkat.
19.	.
20.	250 UAA22428 Message accepted for delivery
21.	QUIT
22.	221 mungo.hunord.net closing connection
23.	Connection closed by foreign host.
24.	\$

A táblázat első sorában szereplő utasítás telnet mungo.hunord.net 25 kapcsolatot teremt a fogadó gép megfelelő portjával. A porton Sendmail program figyel és kiszolgálja a kéréseket. A folyamat menete megegyezik az előbbiekkel.

8.5. táblázat. Néhány SMTP-parancs.

HELLO (HELO)	Levél küldő azonosítása
MAIL (MAIL)	Levélküldési tranzakció inicializálása
RECIPIENT (RCPT)	Egy cím megadása (többször hívható)
DATA (DATA)	Adat küldése szöveges formátumban
SEND (SEND)	Levél elküldése
RESET (RSET)	Aktuális levélküldés abbahagyása
VERIFY (VRFY)	Cím helyességének lekérdezése
QUIT (QUIT)	Kilépés

Legismertebb levélkezelő programok a sendmail és a postfix.

A rendszer kifogástalan működése szempontjából lényeges, hogy a rendszerben szereplő levélfogadó ügynökök megfelelően legyenek konfigurálva. Veszélyesek a nyitott levélközvetítők, ugyanis alkalmazsak nem kívánt levelek továbbítására. Az úgynevezett ‘open relay’ szerverek feketelistája megtalálható a <http://www.ordb.org>

A levéltovábbító rendszer felbontható két alrendszerre: felhasználói ügynök alrendszer üzenet írására és olvasására és üzenetközvetítő ügynök ami a tulajdonképpeni kézbesítő. Ezek a rendszerek öt alapvető funkciót támogatnak: szerkesztés, kézbesítés, visszajelzés, megjelenítés, elrendezés.

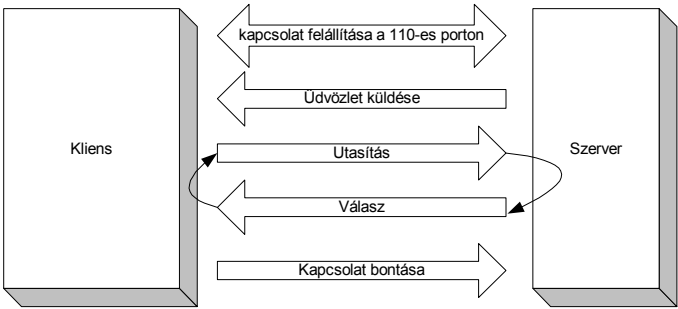
Nagyon fontos fogalmakat kell még a továbbiakban megvilágítani mint például: postaláda, átirányítás, levelezőlista, kézbesítés-visszajelzés, illetve figyelmeztetés, titkosítás, alternatív címzett, titkárnök.

8.6. táblázat. Az SMTP-vel kapcsolatos specifikációk.

RFC 821	Simple Mail Transfer Protocol [SMTP]
RFC 822	Az ARPA szöveges levélformátuma
RFC 974	Levél továbbítási és tartománykezelési rendszer
RFC 1047	Kétszeres üzenetek kezelése
RFC 1869	SMTP kiterjesztés [ESMTP]
RFC 1870	SMTP üzenet méret [SIZE]
RFC 1893	Kiterjesztett Üzeneti Rendszer Státusz kód
RFC 1894	Kiterjesztett üzenetformátum a kézbesítési státusz kezelésének céljából

Gyakori eset az, amikor levélolvasás céljából más-más gépek különböző helyről kapcsolódnak a levelező szerverre. Olyan gépek számára amelyek nincsenek állandó jelleggel közvetlenül az internetre kötve levélolvasás céljából kifejlesztésre került a POP3 (Post Office Protocol) protokoll. A protokoll specifikációja az RFC 1939-ben található. A felhasználó postaládája egy gazdagépen a hálózaton található. A POP3-protokoll lehetővé teszi a postaláda tartalmának áttekintését, a levelek szelektív letöltését és szelektív törlését. A POP3-szerverhez a gazdagép 110-es portján keresztül lehet csatlakozni.

8.5. ábra. A POP3 használati modell.



8.7. táblázat. Példa egy levél olvasására.

1.	\$ telnet maugli.alma.kac.duf.hu 110
2.	Trying 193.225.39.66...
3.	Connected to maugli.alma.kac.duf.hu.
4.	Escape character is '^['.
5.	+OK QPOP (version 3.1) at maugli starting. <71810.1061659186@maugli>
6.	user pszilvi
7.	+OK Password required for pszilvi.
8.	pass jelszo12345
9.	+OK pszilvi has 7 visible messages (0 hidden) in 8894 octets.
10.	Stat
11.	+OK 7 8894
12.	retr 3
13.	+OK 1269 octets
14.	Return-Path: <root@maugli.alma.kac.duf.hu>
15.	Delivered-To: pszilvi@alma.kac.duf.hu
16.	Received: from 127.0.0.1 (localhost.local.alma.kac.duf.hu [127.0.0.1])
17.	by dummy.domain.name (Postfix) with SMTP id 318EC1363D
18.	for <root@maugli.alma.kac.duf.hu>; Sat, 23 Aug 2003 15:10:13 +0200 (CEST)
19.	Received: by maugli.alma.kac.duf.hu (Postfix, from userid 0)
20.	id D9A301363C; Sat, 23 Aug 2003 15:10:12 +0200 (CEST)
21.	From: root@maugli.alma.kac.duf.hu (Cron Daemon)
22.	To: root@maugli.alma.kac.duf.hu
23.	Subject: Cron <root@maugli> /usr/local/bin/mrtg /usr/local/etc/mrtg/mrtg.cfg
24.	X-Cron-Env: <SHELL=/bin/sh>

25.	X-Cron-Env: <PATH=/etc:/bin:/sbin:/usr/bin:/usr/sbin>
26.	X-Cron-Env: <HOME=/root>
27.	X-Cron-Env: <LOGNAME=root>
28.	X-Cron-Env: <USER=root>
29.	Message-Id: <20030823131012.D9A301363C@maugli.alma.kac.duf.hu>
30.	Date: Sat, 23 Aug 2003 15:10:12 +0200 (CEST)
31.	X-UIDL: ,?_"!~(&"!_'n!!'8a!!
32.	Status: U
33.	
34.	SNMP Error:
35.	no response received
36.	SNMPv1_Session (remote host: "193.225.39.1" [193.225.39.1].161
37.	community: "public"
38.	request ID: 178564610
39.	PDU bufsize: 8000 bytes
40.	timeout: 2s
41.	retries: 5
42.	backoff: 1)
43.	SNMPGET Problem for ifInOctets.1 ifOutOctets.1 sysUptime sysName on public@193.225.39.1:
44.	
45.	
46.	.
47.	Quit
48.	+OK Pop server at maugli signing off.
49.	Connection closed by foreign host.
50.	\$

A 8.7. táblázat első sorában szereplő utasítás telnet maugli.alma.kac.duf.hu 110 kapcsolatot teremt a fogadó gép 110-es TCP-portjával. A porton qpop program figyel és kiszolgálja a kéréseket. A postaláda azonosítója a user kulcsszó után következik. A pszilvi postaládához csak a felhasználói név hitelesítése után lehet hozzáférni. A hitelesítés jelszó megadásával a nyolcadik sorban történik. A tizedik sorban lévő utasítás hatására a POP3-szerver megadja a postaláda státuszát. A tizenkettedik sor utasítása szerint a harmadik levelet kérjük le. A szerver megadja a levél teljes tartalmát. A kapcsolatot a quit utasítással bontjuk.

Az IMAP- (Internet Mail Access Protocol) protokoll több lehetőséget kínál a levelek tárolását és szerve-
ren való kezelését illetően. Napjainkban egyre több rendszer kínálja ezt a szolgáltatást is.

A VILÁGHÁLÓ (WORLD WIDE WEB)

A világháló egy felület, amin keresztül az interneten található dokumentumok egységes keretbe foglalhatók. A rendszer a CERN-i részecskegyorsító munkálatainál folyamatosan változó adatállomány több európai országba történő továbbítására adott megoldást. Az ötlet Tim Berners-Lee-től származik. Az ötletből rövid időn belül, két év alatt, 1991 decemberében megvalósult technika lett. Két évet kellett várni a mai képes böngészők ősenek megjelenésére. A Mosaic 1993-ban jelent meg. A program megteremtette a mai WWW-re jellemző megjelenítés alapjait.

A történelmi fejlődés egy újabb mérföldkövének tekinthető, hogy 1994-ben a CERN és a MIT meg egyezése alapján megalakult a Világháló Konzorcium, melynek címe: <http://www.w3.org> A szervezet sokat tett a WWW továbbfejlesztése, elterjesztése, és a protokollok egységesítése érdekében. A világháló fő erőssége az adatok egységes formátumú megjelenítése amit a HTML (Hypertext Markup Language) nyelvvel oldottak meg. A fejlesztésnél ügyeltek a visszamenő kompatibilitásra, minek eredményeként a fejlettebb verziójú oldalt a régi böngészők is képesek megjeleníteni. Az újabb verziókban egyre több elem jelenik meg, így nem csak szövegek és képek, hanem űrlapok, animációk is fellelhetők.

A WWW esetében a hálózat struktúráján keresztül a számítógépek, kliens-szerver típusú kommunikációt folytatnak. A fileok elérésének egyértelmű megadását az URL (Uniform Resource Locator = egységes erőforrás meghatározó) oldja meg. Egy példa az URL megadására: <http://www.alma.kac.duf.hu/index.html>. A példában megadott URL szerkezetében a [http](http://www.alma.kac.duf.hu/index.html) a felhasználandó protokollt mutatja. A gazdagép neve [www.alma.kac.duf.hu](http://www.alma.kac.duf.hu/index.html) az [index.html](http://www.alma.kac.duf.hu/index.html) pedig a gazdagépen belül megadott állomány neve. Az egyes részek elválasztását elválasztó / karakter biztosítja.

HTTP-protokoll

Egy oldal letöltés közbeni lépései a következők: a böngésző meghatározza az URL-t, a böngésző megkérdezi a DNS-től a www.alma.kac.duf.hu IP-címét, a DNS a 193.240.39.66-al válaszol, a böngésző kialakít egy kapcsolatot a 193.240.39.66 gép 80-as portjával, ezután elküldi a címre a GET /index.html parancsot, megkeresett kiszolgáló visszaküldi az index.html fület, miután a gépek közötti kapcsolat bontásra kerül. Amennyiben az oldal más állományokban tárolt adatokat is tartalmaz, akkor minden új file esetében új kapcsolatot kell létesíteni a szerver és a kliens között. A háló kommunikációs sémájával több ajánlás is foglalkozik. Az első ilyen a 1945-ös RFC amit a 2068 követ.

8.8. táblázat. Az ismert HTTP-kérési eljárások.

GET	Kérés a Háló-oldal olvasására
HEAD	Kérés a Háló-oldal fejrészének olvasására
PUT	Kérés a Háló-oldal eltárolásának
POST	Egy megnevezett erőforráshoz (Háló-oldalhoz) való hozzáfűzés
DELETE	A Háló-oldal eltávolítása
LINK	Két meglévő oldalt kapcsolat össze
UNLINK	Két meglévő oldal közötti kapcsolatot bont le

8.9. táblázat. Egy kapcsolat menete HTTP felhasználásával.

1.	> telnet www.alma.kac.duf.hu 80
2.	Trying 193.240.39.66...
3.	Connected to maugli.alma.kac.duf.hu.
4.	Escape character is '^]'.
5.	GET / HTTP/1.0
6.	HTTP/1.1 200 OK
7.	Date: Sun, 24 Aug 2003 05:07:43 GMT
8.	Server: Apache/1.3.14 (Unix) PHP/3.0.17 mod_perl/1.24 PHP/4.0.3pl1
9.	Last-Modified: Sat, 26 Apr 2002 11:11:28 GMT
10.	ETag: "153103-162b-3eaa6960"
11.	Accept-Ranges: bytes
12.	Content-Length: 5675
13.	Connection: close
14.	Content-Type: text/html
15.	<html>
16.	<head>
17.	<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
18.	<meta name="keywords" content=""
19.	S, Polytechnical Engineering College ">
20.	<title>[Academic Network]</title>
21.	</head>
22.	
23.	<body bgcolor="#5C8FC2" topmargin="0" leftmargin="0">
24.	
25.	</body>
26.	</html>
27.	Connection closed by foreign host.
28.	>

A táblázat első sora terminálkapcsolatot ír le a www.alma.kac.duf.hu számítógép 80-as portjával. A HTTP-tranzakció lebonyolítása után a kapcsolat lebontódik. A szervertől a kapcsolat alatt átvitt kódot a böngésző értelmezi és az adatokat megjeleníti.

NÉHÁNY TOVÁBBI ALKALMAZÁSI PROTOKOLL

A technológiai fejlődés során az alkalmazási protokollok száma egyre nagyobb. Az alábbiakban időrendi és fontossági sorrendek betartása nélkül röviden bemutatásra kerül néhány protokoll.

A LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) egy CCITT X500-as szabványon alapuló adatbázis, amely áttekinthető módon hierarchikus rendbe szervezett struktúrában tartalmaz szereplőket a szükséges adatokkal együtt. A protokoll specifikációját az RFC 2251 tartalmazza.

Az FTP (File Transfer Protocol) a leggyakrabban használt gazdagépek közötti fileátviteli protokoll a TCP/IP-hálózaton. Az átviteli rendszer megoldja a különböző operációs rendszerek közötti állománycserét. A protokollt a 959-es RFC-ajánlás tartalmazza. A protokoll terminál alapon működik. A parancsok a 21-es TCP-porton keresztül érkeznek a szerver felé. Az adatok átvitele a 20-as porton keresztül történik. Nagyon fontos megjegyezni, hogy az adatátvitel nem biztonságos. A hitelesítési eljárás során a felhasználó jelszava kódolatlanul kerül átvitelre. Amennyiben rosszindulatú behatoló figyel a hálózaton áthaladó csomagokat könnyen hozzájuthat fontos adatokhoz. Napjainkban egyre nagyobb teret kap a scp (secure copy) használata.

A USENET hírek cseréjét biztosító rendszer az 1036-os RFC-ajánlás alapján működik. Feladata a világság működtetése ahol hírcsoportok alakíthatók ki. A híreket news szerverek tárolják.

A telnet-protokoll a 23-as portot használó terminál protokoll. Segítségével lehet távoli gazdagépek operációs rendszerével kapcsolatot teremteni. A kapcsolat alatt ASCII-kódok kerülnek továbbításra, ezért az átvitel nem biztonságos, könnyen lehallgatható.

Az ssh kódolt kapcsolatot biztosító protokoll alapértelmezetten a 22-es portot használja. A kapcsolat kezdetén kulcsok cseréjére kerül sor. A további kapcsolat során a kulcsok segítségével kódolt üzenetek haladnak a hálózaton keresztül. Az ssh-protokoll alkalmas távoli gépekkel történő terminálkapcsolat létesítésére, valamint állományok cseréjére. Windows környezetben erre a winscp projekt keretén belül van lehetőség.

KÉRDÉSEK

1. Mi a különbség a rekurzív és az iteratív DNS-lekérdezés között?
2. Sorolja fel az elektronikus levelezésnél használatos SMTP-parancsokat!
3. Hogyan lehet a DNS-rendszer működését meggyorsítani?
4. Mely típusú belyegyzéseket elemzi a DNS egy SMTP-kliens kérése esetén.
5. Soroljon fel néhány POP3-utasítást.

9. Fejezet

Az UDP bemutatása. A TCP, mint garantált minőségű szállítási szolgálat jellemzői, működése. A virtuális csatorna fogalma, megvalósítása, a TCP állapotgép

Az internet-architektúra szállítási protokolljai az UDP (User Datagram Protocol) és a TCP (Transmission Control Protocol). A TCP/IP-modellben a TCP a szállítási réteg egyik protokollja. A protokoll lehetővé teszi a forrásállomás és célállomás közötti megbízható, hibamentes, bájtos, forgalomszabályozott párbeszédet. A TCP-protokollt az RFC 793, 1122, 1323 specifikációk tárgyalják részletesebben.

Adatküldés alkalmával a küldő és fogadó hosztgépek két portja között kapcsolat létesül. Ez a kapcsolat addig áll fenn amíg a küldő vagy a fogadó azt fel nem botja. Küldéskor a szállítási szint az alkalmazási szinttől veszi át a közvetítendő adatokat fejléccel látja el és átadja az internetrétegnek. Fogadás esetében a réteg feladata, hogy az internetrétegtől kapott adatokat továbbítja az alkalmazási réteghez.

Az 9.1. táblázatban láthatjuk a TCP-szegmens felépítését. A szegmens 32 bites szavakból áll. A TCP-szegmens fejrészből és adatokat tartalmazó részből áll. A fejrész hossza változó. Az első 5 szót mindenképpen tartalmaznia kell a fejrésznek.

Az egyes mezők jelentése:

Forrásport: A mező hossza 16 bit. Tartalma a lokális gazdagép azon portja ami a TCP-kapcsolatban részt vesz.

Célport: A 16 bites mező értéke a TCP-összeköttetésben szereplő második gazdagép portja.

Sorszám: Az üzenet helyreállítását biztosító 32 bites mező. Ezen szegmens az első adatok sorszáma.

Nyugta: Amennyiben az ACK-vezérlő zászlóértéke 1, ez a mező a következő sorszámot tartalmazza, amit a feladó vételre vár.

TCP fejrész hossz: Ez a 4 bit hosszúságú mező a TCP-fejrész 32-bite szavainak számát jelenti. Ez mutatja meg hogy hol kezdődnek az adatok. A TCP-fejrész mindig 32-bites szavak többszöröse.

URG: Egy bit hosszúságú jelzőbit. A sürgősségi mutató mező érvényességét jelenti.

ACK: Egy bit hosszúságú mező. Ha értéke egy, akkor a nyugtamező érvényes, ellenkező esetben a fejrész nem tartalmaz érvényes nyugtamezőt.

PSH: A push jelzőbit 1 értéke esetében jelzi, hogy az adatot nem szabad pufferelni, hanem tovább kell küldeni.

RST: Jelzi, ha az összeköttetésben valami zavar keletkezett és a kapcsolat lebontásra vagy helyreállításra szorul.

SYN: Bit az összeköttetés létesítésére szolgál a sorszámok szinkronizálásánál.

Ablakméret: A 16 bites mező azon adatok tetteket, bájtok számát tartalmazza, amit a fogadó még fogadni tud.

Ellenőrzőösszeg: A pszeudofejrész integritását biztosító összeg.

Opciók: Ez a mező változó hosszúságú. A fejrész továbbfejlesztésére szolgál.

Adatok: A továbbítandó adatok helye.

32

Forrásport																Célport																							
Sorszám																																							
Nyuqta																																							
TCP fejres												U	A	C	P	R	S	F	I											Ablakméret									
												R	C	S	S	I	A																						
Ellenőrzőössze																Sűrűsségi mutató																							
Opciók (0 vagy több 32 bites szó)																																							
Adatok (opcionális)																																							

A TCP-összeköttetésének állapotai:

Listen: A gazdagépen futó szerverprogram várakozó állapotban van. Vár egy összeköttetést kezdeményező hívásra.

Syn-sent: A gazdagépen futó alkalmazás-összeköttetés létesítését kezdeményezte.

Syn-received: Összeköttetés-kérés érkezett. A kapcsolat nyugtázásra vár.

Established: A normális adatátvitel állapota. Nyitott kapcsolatot jelez a két port között.

Finwait1: A portot kezelő alkalmazás bejelentette, hogy nincs szüksége tovább a kapcsolatra.

Finwait2: A másik fél beleegyezett a kapcsolat bontásába.

Timed wait: A kapcsolat vár, míg az összes csomag ki nem hal.

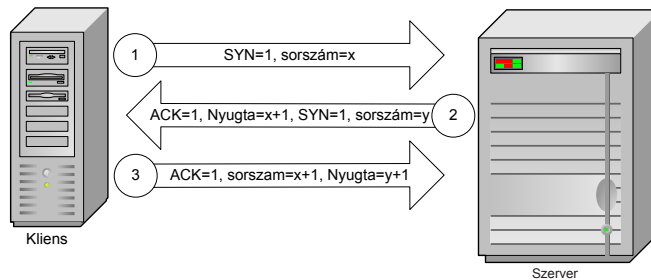
Closing: Mindkét fél egyszerre próbálta bontani a kapcsolatot.

Close wait: A kapcsolat a TCP-architektúra magasabb szintjén lévő alkalmazástól várja a kapcsolat bontását.

Lastack: Vár, míg az összes csomag ki nem hal.

Az összeköttetés folyamata az alábbi ábrán található.

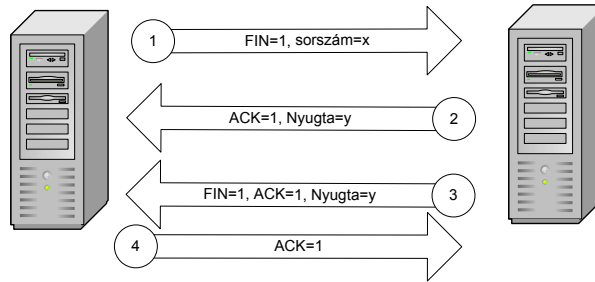
9.1. ábra. Az összeköttetés létrehozásának folyamata.



Az összeköttetés létrehozásának első lépéseként a kezdeményező gazdagép, a példa esetében a kliens egy TCP-csomagot küld a szervernek. A csomag fejlécében a SYN bitértékét egyesre állítja, és a sorszám értékét egy véletlen számmal inicializálja. A példa esetében x értékre. Forráspontként megjelöl egy szabad portot 1024 felett. A célport értékét pedig a távoli gép azon port számára állítja, ahol a keresett szolgáltatást véli. Amennyiben a fogadószervert elfogadja a kapcsolatteremtést válaszcsoportot küld ahol az ACK és SYN bitet egyesre állítja. A válaszcsoport sorszám mezeje véletlen értéket kap. A példa esetében az érték y . A *nyugta* értéke pedig $x+1$. A harmadik lépésben az összeköttetést kezdeményező kliensgép TCP-csomagot küld ahol az ACK bitértéke egy a sorszám értéke $x+1$, a *nyugta* értéke pedig $y+1$. A folyamat eredményeként a két gazdagép két portja között kialakul egy duplex átvitelt lehetővé tevő kapcsolat. Az összeköttetés létrehozásának e módját háromutas-kézfogás-technikának nevezik.

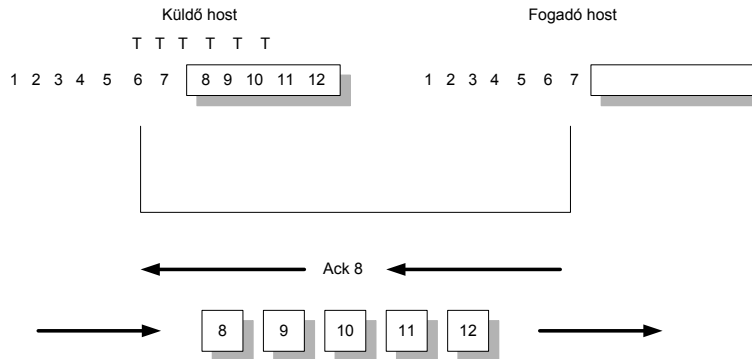
A kapcsolat bontására hasonló eljárás használható mint a kapcsolat létrehozására, azzal a különbséggel, hogy a kapcsolatot mindkét irányban le kell bontani.

9.2. ábra. Az összeköttetés bontásának folyamata.



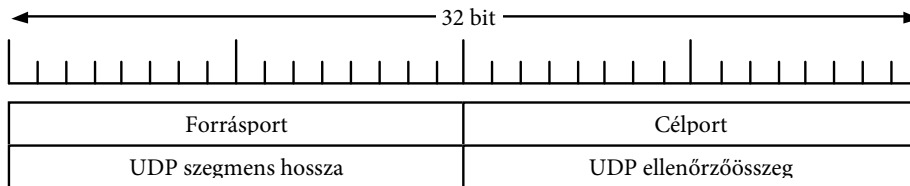
A TCP megbízható adatátvitelt biztosít. Az átvitelhez felhasznált technika elnevezése: csúszóablakos -protokoll.

9.3. ábra. Csúszóablakos technika ábrázolása.



Az UDP (User Datagram Protocol) összeköttetés nélküli adatátvitelt biztosít. A protokoll jó hatásfokkal alkalmazható megbízható hálózatok esetében és azokban az esetekben, ha egyetlen kérdésre egyetlen választ vár a folyamat. A protokoll értelemszerűen nem tartalmaz összeköttetést felállító és bontó folyamatot, valamint nyugtázó mechanizmust. A hálózat kevesebb adalékos adatot, vagyis vezérlő és szabályozó adatot használ. Az UDP-specifikáció az RFC 768-ban található.

9.2. táblázat. Az UDP-szegmens felépítése.



A küldő állomás által használt port a forrásport. Ha válasz is várható a kommunikáció alkalmával, akkor azt erre a portra kell küldeni. Vannak esetek, mikor ide nulla érték kerül. A 16 bitben tárolt célport-cím a fogadó gazdagépen azonosítja a szolgáltatást biztosító végpontot. A fejrész és az adat hosszát tartalmazza az UDP-szegmens hossza mező. Az ellenőrző összeg biztosítja szegmens integritását. Az érték meghatározásakor a pszeudofejrész és az adat kerül számításba.

A TCP- és az UDP-szegmensek pszeudofejrészt használnak ellenőrző összegük számításakor.

9.3. táblázat. A pszeudofejrész felépítése.

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A forrás IP címe																															
A cél IP cím																															
nullák								protokoll kód								TCP vagy UDP-szegmens hossza															

Adatok hálózaton történő küldése esetén a szállítási réteg által előkészített szegmens az internetrétegnek kerül átadásra.

KÉRDÉSEK

1. Mi a lényegbeli különbség a TCP- és UDP-protokollok között?
2. Hogyan biztosítja TCP a megbízható adatátvitelt?
3. A TCP és az UDP biztonságos adatátvitelt biztosít?
4. Mutassa be az összeköttetés menetét TCP esetében!
5. Sorolja fel a TCP-kapcsolatok néhány legfontosabb állapotát!
6. Írja le a csúszóablakos-protokoll működését!
7. Milyen mechanizmust használ az UDP a hibatűrésre?

10. Fejezet

Az IP-alapú hálózatok összekapcsolása

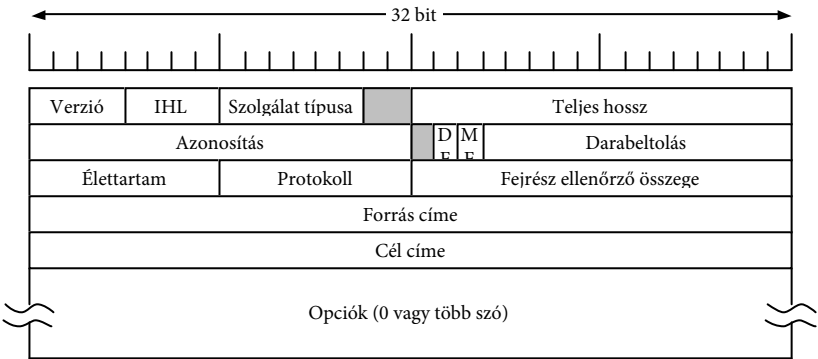
Az internet önálló hálózatok összekapcsolt együttesének tekinthető. Az összeköttetést nagyban elősegíti a közös protokoll. Valójában az IP (Internet Protocol) hoszt–hoszt összekötésére szolgáló hálózatközi protokoll. A hálózatban elfoglalt helyétől függően minden gazdagép egyedi IP-címmel rendelkezik.

Az IP feladata, hogy optimális szállítást biztosítson a forrásgéptől a célgépig, függetlenül attól, hogy ezek a gépek ugyanazon a hálózaton vannak-e, és hogy közöttük vannak-e más hálózatok. Az IP-datagramokat (üzenetsomagokat) továbbít. A datagram elnevezést a távirat analógiájára vezették be, ami azt is jelenti, hogy a protokoll nem nyugtázható, nem megbízható adatátvitelt tesz lehetővé. A protokoll definícióját az 1981-ben meghatározott RFC-791 rögzíti.

Működése: a szállítási réteg veszi az adatfolyamokat, és datagramokra tördeli azokat (elméletileg 64 KB hosszúak, a gyakorlatban 1500 bájt körüliek). Megeshet, hogy szállítás közben a datagramok kisebb egységekre feldarabolódnak. Amikor minden darab megérkezett a célgéphez, a hálózati réteg összerakja az eredeti datagrammá. Azt utána átadja a szállítási rétegnek, amelyik beilleszti azt a vételi folyamat bemeneti adatfolyamába.

A 32 bites szavakból álló IP-datagram fejrészre és adatrészre bontható. Nagyon fontos megjegyezni, hogy az átvitel során a fejléc első szavának legmagasabb helyi értékű bitje kerül elsőnek átvitelre. A fejrésznek van egy 20 bájtos rögzített része és egy változó hosszúságú opcionális része.

10.1. táblázat. Az IP-protokoll fejrésze.



A fenti ábrán az IP-datagram fejrésze látható. A mezők leírása:

Verzió – A mező hossza 4 bit. Jelentése a datagram protokoll verziója. Jelenlegi verziók: IPv4 és IPv6. Amennyiben egy gazdagép képtelen feldolgozni egy adott verziószámú csomagot (IPv6), akkor elveti azt; Az *IHL*-mező hossza 4 bit. Ez a mező adja meg a fejrész hosszát szavakban (32 bit). Minimális értéke 5 (opció nélküli fejrész), maximális értéke 15 (60 bájtos fejrész);

A szolgálat típusa különbséget tesz az eltérő szolgáltatási osztályok között. Megbízhatóság és sebesség kombinációi. Balról jobbra haladva a 6 bites mező a következőket tartalmazza:

Precedencia (3 bit) – prioritás. Értéke 0-tól (normál csomag) 7-ig (hálózati vezérlőcsomag);

D (Delay – késleltetés), *T* (Throughput – átbocsátás), *R* (Reliability – megbízhatóság) – jelzőbitek. Információ a hosztnak, hogy mi neki a legfontosabb. Lehetővé teszik a routerek számára az útvonalválasztást. Manapság figyelmen kívül marad a *szolgálat típusa* mező;

A teljes hossz a mező a datagram teljes hosszát (a fejrész és az adatrész együttes hossza) tartalmazza bájtokban kifejezve. Maximális értéke 65535. A jövőben e határ növekedése várható;

Az azonosítás-mező értéke egy datagram esetében azonos. Ez a mező segít a darabolt (fragmentált) datagramok összerakásában. Előfordulhat, hogy az átviteli csatornák más-más datagram-hosszúságot engedélyeznek. Az átvitel folyamán ezért előfordulhat a datagram kisebb darabokra bontása;

A DF (Don't Fragment) bit hivatott a darabolhatóság jelzésére. E bit beállítása esetén az útvonalban szereplő eszközöknek tilos a datagram kisebb darabokra történő felbontása. A tiltás oka az, hogy a célállomás képtelen a részek összeszerkesztésére;

Az MF-bit jelzi, hogy a datagram több darabból áll (More Fragments). Az utolsó fregmentet kivéve az összetartozó darabok mindegyikénél be kell állítani ezt a zászlót;

Darabeltolás (Fragment Offset) – megmondja, hova tartozik a mostani darab a datagramban. Egy datagram minden darabjának – kivéve az utolsót – 8 bájt többszörösének kell lennie, mert ez az elemi darabméret;

Az élettartam-mező. Az irodalomban TTL (Time-to-live) mezőként ismert. Szerepe a csomag élettartamának meghatározása. A csomag keletkezésekor egy nullánál nagyobb értékre állítódik. Értéke minden csomóponton, IMP-n eggyel csökken. Amennyiben ez értéke eléri a nullát, a csomag eldobásra kerül. Az eldobás tényéről a csomagot eldobó eszköz a küldőnek ICMP-csomagban jelentést küld. Ez a technika meggátolja a hálózat bolyongó csomagokkal való telítődését;

Protokoll – a vételi oldalon a hálózati réteg által összerakott teljes datagram sorsa a protokolltól függ. Megmondja, hogy melyik szállítási folyamatnak adja át (TCP, UDP vagy egyéb). A protokollok számozása egységes (RFC 1700 tartalmazza);

A fejrész ellenőrző összege mező a fejrész integritásáról ad információt. Az értéket minden router esetén újra kell számolni a TTL-mező miatt;

A forráscím határozza meg a küldő gazdagép IP számát. Ez az érték a továbbítás folyamán nem változik;

A *célcím* definiálja a datagram céljaként megadott gazdagép IP-számát. Ez az érték a továbbítás folyamán nem változik;

Az *opciók* rész hossza változó. Hossza 0 és 40 bájt között lehet. A mezőn belüli opciók száma változó. Mindegyikük 8 bitben kódolt. A legismertebb opciók a: biztonság opció, szigorú forrás általi forgalomirányítás az útvonal feljegyzése;

Az *adatok* részben található a továbbítandó adatok.

AZ INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL

Az ICMP (Internet Control Message Protocol) alkalmas hibák jelentésére, feltárására és vezérlési információk továbbítására. A protokollt alapvetően a routerek hibáinak feltárására fejlesztették ki.

Az Echo szolgáltatást használja például a közismert ping (Packet Internet Groper) segédprogram, amellyel ellenőrizhető, hogy az adott IP-című állomás elérhető-e a hálózaton. Nevét onnan kapta, hogy a címzett az ICMP-csomag adatairól a tartalmát változatlanul – mint egy visszhang – visszaküldi. A fejrész paramétermezője egy 16 bites azonosítót és egy szintén 16 bites sorozatszámot tartalmaz. Az utóbbira azért van szükség, mert az Echót használó alkalmazás – mint a ping – nemcsak egyetlen ICMP-csomagot küldhet, hanem egy egész sorozatot. Így az állomás elérhetőségén, az elérés idején (mennyi idő múlva kapja meg a választ) kívül azt is vizsgálhatja, hogy hosszabb csomagsorozatot hogyan kezel a hálózat. Egyetlen csomaggal, ha éppen pont szerencséje volt, nem észleli az útvonal hullámzó túlterheltségét, egy csomagossorozattal ez mindenképpen kiderül; az internet tesztelésére szolgál.

Az Echo-csomag adatairól a szabvány nem írja elő, méretének változtatásával pedig szintén tesztelhető a hálózati útvonal. A méret rögzítésének a hiánya okozta a korábban „halálos ping” néven ismert jelenséget, amikor a 64 kilobájtjánál hosszabb adatrészt Echo-kérés-csomag túlsordulást okozott a címzett állomás adatpufferében, és lefagyasztotta a rendszert. Az Echoválasz önmagában csak azt jelzi, hogy az állomás működik a hálózaton, arról, hogy egy adott protokoll vagy szolgáltatás működik-e rajta, nem ad információt. A ping segédprogram paramétereit és lehetőségeit nem rögzítettek, az adott operációs rendszertől függenek.

Üzenet típusokat az (RFC792) tárgyalja. A lehetséges típusok: cél elérhetetlen, időtúllépés, forráslefojtás, átirányítás, visszhang, időbélyeg.

10.2. táblázat. A legfőbb ICMP üzenettípusok.

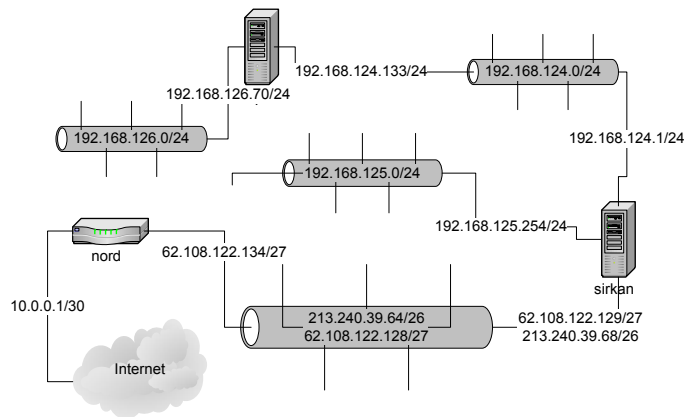
Üzenet típusa	Leírás
CÉL ELÉRHETETLEN	A csomagot nem lehetett kézbesíteni
IDŐTÜLLÉPÉS	Az élettartam mező elérte a 0-t
PARAMÉTER PROBLÉMA	Érvénytelen fejléc mező
FORRÁSLEFOJTÁS	Lefojtó csomag
ÁTIRÁNYÍTÁS	Egy routert tanít meg a földrajzra
VISSZHANG KÉRÉS	Kérdés, hogy egy gép életben van-e
VISSZHANG VÁLASZ	Igen, életben vagyok
IDŐBÉLYEG KÉRÉS	Ugyanaz, mint a Visszhang kérés, csak időbélyeggel
IDŐBÉLYEG VÁLASZ	Ugyanaz, mint a Visszhang válasz, csak időbélyeggel

TCP/IP-modell alkalmazása esetében a hoszt és hálózat közötti réteg esetében érvényes mindaz amit az OSI-architektúra fizikai rétege esetében leírásra került.

AZ IP ÚTVONALVÁLASZTÁS

Az IP-alapú hálózatok esetében a továbbítandó egységek a datagramok. Internet terminológiában egy datagram rendeltetési helyére juttatásának mikéntjét a routing (útvonalválasztás) kifejezés takarja. Abban az esetben amikor a hosztok ugyanarra a lokális hálózatra kapcsolódnak a datagramok a hoszt fizikai címének meghatározása után lokálisan (egy etherneten) továbbítódnak. Amennyiben az IP-cím hálózatot definiáló része nem azonos a csomag tartózkodási helyén lévő hálózat címével a csomagot átjárón (gateway) keresztül kell továbbküldeni. Az internet terminológiában a hálózatokat routerek kötik össze. Egy hálózat átjárón (gateway) keresztül tartja a kapcsolatot a többi hálózattal. Tehát az átjáró egy olyan hálózati eszköz, amely egy hálózatot két vagy több másikkal köt össze. Az IP szerinti útvonalválasztás teljes mértékben a célállomás hálózati számán alapszik. A hálózatba kötött minden egyes számítógép rendelkezik egy táblázattal, amelyben a hálózati számokat tárolják. Minden hálózatszámhoz tartozik egy átjáró, amelyen keresztül az adott hálózathoz eljuthatunk.

10.1. ábra. Egy hálózati példa az útvonalválasztás magyarázatára.



A 10.1. ábrán látható qli-számítógép három interfésszel rendelkezik: lo0, ed0 és fxp. Két ethernet-szegmenshez tartozik. Az egyes interfészcímek a következők: 192.168.124.133 és 192.168.126.70. A qli-hoszt routing táblája:

10.3. táblázat. A QLI-router táblázata.

```
# netstat -rn
Routing tables

Internet:
Destination      Gateway           Flags    Refs      Use  Netif  Expire
default          192.168.124.1    UGSc     0         0    ed0
127.0.0.1        127.0.0.1        UH       59        206   lo0
192.168.124      link#1           UC       2         0    ed0
192.168.124.1    0:50:ba:21:8e:dc UHLW     3         71    ed0    1188
192.168.124.255 ff:ff:ff:ff:ff:ff UHLWb    2        107    ed0
192.168.126      link#2           UC       1         0    fxp0
192.168.126.255 ff:ff:ff:ff:ff:ff UHLWb    3        107    fxp0
224.0.0/3        127.0.0.1        UGS      0         0    lo0
```

A qli-hoszt alapértelmezett átjárója a 192.168.124.0/24-es hálózaton lévő sirkán számítógép 192.168.124.1/32. A sirkán-hoszt három ethernet-interfésszel rendelkezik: vr0, dc0, és vr1. A megfelelő IP-címek sorrendben: 192.168.124.1, 193.225.184.129 és 192.168.125.254. A második interfész két IP-címmel rendelkezik. A másik értéke: 193.225.39.68. A sirkán-hoszt routing táblája a következő:

10.4. táblázat. A SIRKAN-router táblázata.

```

sirkan# netstat -rn
Routing tables

Internet:
Destination      Gateway           Flags    Refs      Use  Netif  Expire
default          193.225.184.134  UGSc     317       6188  dc0
193.225.184.128/29 link#2          UC        1         0      dc0
193.225.184.134   0:20:62:3:52:83 UHLW      0         0      dc0   1199
127.0.0.1         127.0.0.1       UH        33        144   lo0
192.168.124       link#1          UC         1         0     vr0
192.168.124.133   0:40:5:48:d6:e7 UHLW      3         98   vr0   1182
192.168.125       link#3          UC         0         0     vr1
192.168.126       192.168.124.133 UGSc      0         0     vr0
193.225.39.64/27  link#2          UC         2         0     dc0
193.225.39.66     0:0:21:dd:ce:a1 UHLW      5        506   dc0   1198
193.225.39.68     0:48:54:13:54:e4 UHLW      0         14   lo0
224.0.0/3         127.0.0.1       UGS       0         0     lo0

```

A sirkan-hoszt alapértelmezett átjárója a Nord-router. Ez a hálózati elem egy Bay-router melynek két interfésze van: WAN01 és LAN01. A LAN interfész egy ethernet része, míg a WAN egy szinkron PPP-kapcsolatot tart fenn az internettel.

A Nord-router táblázata:

10.5. táblázat. A NORD-router táblázata.

Destination	Mask	NextHop Addr	Cost	Path	Type
0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	1	WAN01	S
193.225.39.64	255.255.255.192	193.225.184.133	1	LAN01	S
193.225.184.136	255.255.255.248	193.225.184.133	1	LAN01	S
193.225.184.128	255.255.255.248	0.0.0.0	1	LAN01	P

Az *táblából* kitűnik, hogy a sirkan nevezetű hoszt két külső IP-címmel rendelkezik. Az ábra nem teljes, ugyanis további útválasztókon keresztül az intézmény egy másik címtartományból is kapcsolódhat az internetre. Ez a redundancia segít az esetleges hálózati kimaradások áthidalásában. Minden szolgáltatás két irányból elérhető.

Az intézményen belüli számítógépek a 192.168.0.0/16 címtartományból kaptak IP-számot. Ez a megoldás egyfajta tűzfalként is szerepel, valamint az IP-számok gazdaságos kihasználását segíti elő. Természetesen a sirkan számítógépnek rendelkeznie kell egy technikával, ez esetben NAT, ami segítségével áttranszformálja az IP-csatlakozásokat egy az interneten látható szám csatlakozására.

Már említésre került, hogy az internet nagyszámú autonóm rendszerből áll (AS). Minden AS-t más szervezet működtet, és belül a saját forgalomirányító algoritmusát használja. Az egy AS-en belüli for-

galomirányító-protokollt belső átjáró protokollnak (interior gateway protocol) nevezik; az AS-ek közti forgalomirányításra szolgáló algoritmus neve külső átjáró protokoll (exterior gateway protocol). Azért van szükség külön külső és belső átjáró protokollra, mert a céljaik nem ugyanazok. A belső átjáró protokollnak csak annyi a dolga, hogy a csomagokat a lehető leghatékonyabban mozgassa a forrás és a cél között. Nem kell törődnie a politikával.

BGP – KÜLSŐ ÁTJÁRÓ PROTOKOLL

Az AS-ek között használatos protokoll a BGP (Border Gateway Protocol – határátjáró-protokoll). A BGP-routerek saját politikával rendelkeznek, amelyet kézzel konfigurálnak, nem része a protokollnak. A politika meghatározza, hogy mely AS-eken haladjon a csomagforgalom és melyeken ne.

A BGP szemszögéből a világ AS-ekből és a köztük levő vonalakból áll. A hálózatokat a BGP átmenő forgalom szempontjából csoportosíthatjuk:

- csonka hálózatok (stub networks) – csak egy összeköttetésük van a hálózattal. Ezeket nem lehet átmenő forgalom céljára használni;
- többszörösen bekötött hálózatok (multiconnected networks) – használhatók lennének átmenő forgalom céljára, csak ezek ezt megtagadják;
- átmenő hálózatok (transit networks) – képesek kezelni külső felek csomagjait.

A BGP-routerek páronként TCP-összeköttetést létrehozva kommunikálnak egymással. Az ilyen működés megbízható kommunikációt biztosít és annak a hálózatnak a részleteit is elrejtí, amelyiken áthalad.

Minden BGP-router pontosan nyomon követi a használt útvonalat. Ahelyett, hogy minden szomszédnak periodikusan megadná a becsült költséget minden lehetséges célíg, a router az általa használt pontos útvonalat mondja meg a szomszédnak.

Miután egy routernek minden szomszédától beérkezett az útvonal-információja, megvizsgálja, hogy ezek közül melyik a legjobb. Minden BGP-router tartalmaz egy modult, amely megvizsgálja az egy megadott célhoz vezető utakat, és pontozza őket, majd visszaad minden ezen cél felé vezető úthoz egy „távolság” értéket. Bármely olyan útvonal, amely egy politikai korlátozást sért, automatikusan végtelen értéket kap. A router ezután a legkisebb távolságértékű útvonalat fogadja el. A pontozó függvény nem a BGP része.

OSPF – BELSŐ ÁTJÁRÓ PROTOKOLL

Az internet ma használatos belső átjáró protokollja egy kapcsolatállapot alapú protokoll, amelynek a neve OSPF (Open Shortest Path First). Ma már sok routergyártó támogatja ezt a szabványt, és a közeljövőben ez lesz a fő belső átjáró protokoll.

A protokoll fejlesztése közben teljesítendő követelmények:

- az algoritmust a mindenki által hozzáférhető irodalomban kellett publikálni;
- mindenféle távolságmértéket támogatnia kell, beleértve a fizikai távolságot, a késleltetést, stb.;
- dinamikus algoritmusnak kell lennie, méghozzá olyannak, amely a topológia változásaihoz automatikusan és gyorsan alkalmazkodik;
- támogatnia kell a szolgálat típusára alapozott forgalomirányítást. Képesnek kell arra lennie, hogy a valós idejű forgalmat egy adott útvonalra, a másfajta forgalmat pedig másfelé irányítsa;
- terheléskiegyenlítést kell végeznie, a terhelést több vonalra szétosztva. A legtöbb ezt megelőző protokoll minden csomagot a legjobb útvonalon küldött el. A második legjobb útvonalat egyáltalán nem használták. Sok esetben a terhelés több vonalra való szétosztása jobb teljesítményt ad;
- a hierarchikus rendszerek támogatása. Az internet olyan nagyra nőtt, hogy egyik routertől sem lehet elvárni, hogy ismerje az egész topológiát. A protokollt úgy kellett megtervezni, hogy erre egyik routernek se legyen szüksége;
- biztonság;
- rendelkezés az olyan routerek kezeléséhez, amelyek alagút típusú átvitelen keresztül kapcsolódnak az internethez. Az előző protokollok ezt nem kezelték jól.

Az OSPF háromfajta összeköttetést és hálózatot támogat:

1. Kétpontos vonalak pontosan két router között.
2. Többszörös hozzáférésű hálózatok adatszórási lehetősége (pl. a legtöbb LAN).
3. Többszörös hozzáférésű hálózatok adatszórási lehetőség nélkül (pl. a legtöbb WAN).

Az interneten sok AS önmagában is nagy, és nem magától értetődő a menedzselésük. Az OSPF lehetővé teszi, hogy ezeket megszámozott területekre (area) osszuk fel, ahol egy terület hálózat vagy hálózatok összefüggő halmaza. A területek nem fedhetik át egymást, de nem kell kimerítőnek lenniük, vagyis néhány router esetleg egyik területhez sem tartozik. A terület a hálózatok általánosítása. Egy területen kívülről annak topológiája és részletei nem láthatók.

Minden AS-nek van egy gerinchálózati (backbone) területe, amit 0. területnek hívnak. Minden terület csatlakozik a gerinchálózathoz, esetleg alagutakon keresztül, így az AS bármely területéről bármelyik másik területére el lehet jutni a gerinchálózaton keresztül. Minden router, amely két vagy több területhez csatlakozik, a gerinchálózat része.

Egy területen belül minden router ugyanazzal a kapcsolatállapot adatbázissal rendelkezik, és ugyanazt a legrövidebbút-algoritmust futtatja. A router legfőbb feladata, hogy kiszámítsa a legrövidebb utat saját magától minden más routerig a területen belül, beleértve azt a routert is, amelyik a gerinchálózathoz kapcsolódik. Ilyenből legalább egy kell hogy legyen. Egy olyan routernek, amely két területhez is kapcsolódik, mindkét terület adatbázisára szüksége van, és mindkettőre külön kell futtatnia a legrövidebb út algoritmust.

Három fajta útvonalra lehet szükség: területen belüli, területek közöttire és AS-ek közöttire. A területen belüli útvonalak a legkönnyebbek, mivel a forrásrouter már tudja a legrövidebb utat a célrouterig. A területek közötti irányítás a következő lépésekben megy végbe: forrás – gerinchálózat – célterület – cél.

Az OSPF négy routersztályt különböztet meg:

- Belső routerek – egy területen belül.
- Területhatár-routerek – két vagy több területet kötnek össze.
- Gerinchálózati routerek.
- AS-határ routerek.

Az OSPF üzenettípusai:

- Hello – szomszédok felderítése;
- Kapcsolatállapot-frissítés – az adó költségeit küldi el a szomszédainak;
- Kapcsolatállapot-nyugta – nyugtázza a kapcsolatállapot frissítést;
- Adatbázis-leírás – bejelenti, milyen frissítésekkel bír az adó;
- Kapcsolatállapot-kérés – információt kér a partnertől.

Az elárasztást használva, minden router tudatja a területén belüli összes többi routerrel a szomszédait és költségeit. Ez az információ lehetővé teszi mindegyik router számára, hogy összeállítsa a területe/területei gráfját, és kiszámítsa a legrövidebb utat.

RIP – TÁVOLSÁGVEKTOR ALAPÚ FORGALOMIRÁNYÍTÁS

A modern számítógép-hálózatok általában dinamikus algoritmusokat használnak az adatforgalom irányítására. Két algoritmus is népszerű: távolságvektor alapú és kapcsolatállapot alapú forgalomirányítás. A RIP (Routing Information Protocol) a távolságvektor alapú forgalomirányításra épülő protokoll.

A távolságvektor alapú forgalomirányító algoritmusban minden router karbantart egy táblázatot (vagyis egy vektort), amelyet az alhálózatban levő összes router szerint indexelnek, és amely mindegyikhez egy bejegyzést tartalmaz. Ez a bejegyzés két részből áll: az adott célhoz előnyben részesített kimeneti vonalból és a becsült időből vagy távolságból. A mértékegység lehet az ugrások száma, időbeni késleltetés milliszekundumokban, az út mentén sorban álló összes csomag száma, vagy valami hasonló.

Tegyük fel, hogy a router ismeri az összes szomszédja felé a késleltetést. Minden router minden szomszédjának listát küld az összes cél felé becsült késleltetéseiről. És minden szomszédjától kap egy hasonló listát. Ha egy router tudja, hogy mennyi időbe telik eljutni a szomszédig, és tudja, hogy a szomszéd egy bizonyos pontba mennyi idő alatt tud eljutni, akkor összegezve a késleltetést megkapja, hogy mennyi időbe

telik neki eljutni addig a pontig. Ezt a számolást minden szomszédos routerre elvégezve, a router megtudhatja, hogy melyik útvonal a leghatékosabb. A szomszédoktól kapott adatok folyamatosan frissítődnek. A távolság alapú forgalomirányítás elméletben működik, de a gyakorlatban van egy hátránya: gyorsan reagál a jó hírekre, de ráérősen a rosszakra.

KÉRDÉS

1. Mi a különbség a belső és a külső átjáró protokollok között?

11. Fejezet

802.x protokollok

Az IEEE 802 szabványsorozat kialakítása 1980 elején kezdődött. Az IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) szabványoknak a helyi hálózatokkal (LAN) és a városi hálózatokkal (MAN) foglalkozó szabványainak egy csoportját rejtik.

Az IEEE 802 szerinti szolgáltatások és protokollok a hétrétegű OSI-modell szerinti alsó kétrétegre vonatkoznak. Az IEEE 802 az OSI adatkapcsolati rétegét két alrétegre osztja. Ezek a logikai kapcsolat vezérlés (LLC) és a csatornamegosztás-vezérlés (MAC).

A felosztás tehát:

- adatkapcsolati réteg (Data link layer),
- LLC Sublayer (Logical Link Control),
- MAC Sublayer (Media Access Control),
- fizikai réteg (Physical layer).

Az IEEE 802 szabvány-családot az IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (LMSC) gondozza. A legszélesebb körben használt szabványok az Ethernet-család, a IEEE 802.3, a token ring, a vezeték nélküli LAN-ok a bridzselt és virtuálisan bridzselt LAN-ok.

Az IEEE 802 szabvány-család elemei:

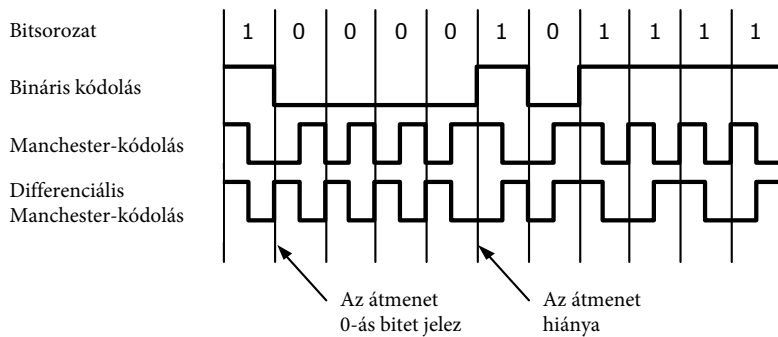
IEEE 802.1	Higher layer LAN protocols	Hálózatok közötti specifikációkat tartalmaz. Ethernet MAC hidak.
IEEE 802.2	Logical link control	A 802.3 és 802.5 alapú hálózatoknál használatos.
IEEE 802.3	Ethernet	CSMA/CD
IEEE 802.4	Token bus	Vezérjeles sín
IEEE 802.5	Token Ring	Vezérjeles gyűrű
IEEE 802.6	Metropolitan Area Networks	MAN
IEEE 802.7	Broadband LAN using Coaxial Cable	Szélessávú átvitel hang, adat és mozgókép továbbítása fa topológiában.
IEEE 802.8	Fiber Optic TAG	Üveg
IEEE 802.9	Integrated Services LAN	ISDN és LAN kapcsolata
IEEE 802.10	Interoperable LAN Security Hálózat biztonság	
IEEE 802.11	Wireless LAN (Wi-Fi certification)	Mikrohullámú hálózat
IEEE 802.12	demand priority	
IEEE 802.13	(not used)	
IEEE 802.14	Cable modems	
IEEE 802.15	Wireless PAN	IEEE 802.15.1 (Bluetooth certification)
IEEE 802.16	Broadband Wireless Access (WiMAX certification)	IEEE 802.16e (Mobile) Broadband Wireless Access
IEEE 802.17	Resilient packet ring	
IEEE 802.18	Radio Regulatory TAG	
IEEE 802.19	Coexistence TAG	
IEEE 802.20	Mobile Broadband Wireless Access	
IEEE 802.21	Media Independent Handoff	
IEEE 802.22	Wireless Regional Area Network	

ETHERNET

Az Ethernet (IEEE 802.3) sín-topológiájú, elosztott vezérlésű hálózatot definiál, amelynek sebessége 10 Mb/s vagy 100 Mb/s. Egy Ethernet-hálózatban levő számítógép bármikor adhat, ha azonban két vagy több csomag ütközik, akkor a számítógépeknek várni kell véletlen hosszú ideig az újraátvitel megkezdéséig a már említett CSMA/CD szerint. A bináris kódolás Manchester-kódolással történik.

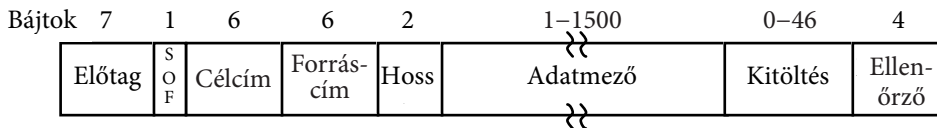
Az alábbi ábra a Manchester- és a Differenciális Manchester-kódolást mutatja be:

11.1. ábra A Manchester kódolás.



A magas szintnek +0,85 V, míg az alacsonynak –0,85 V érték felel meg. Az IEEE 802.3-protokoll keretformátuma:

11.2. ábra. Az IEEE 802.3-protokoll keretformátuma.



Előtag 7 bájtos és 10101010 mintát tartalmazza. Ennek a Manchester-kódolása egy négyszögjel, ami lehetővé teszi, hogy a vevő az adóhoz igazítsa az óráját.

SOF – keret kezdete (Start of Frame). Határolójel.

Cél cím, forráscím – Az Ethernet-keret fizikai vagy Medium Access Control (MAC) címeket használ. A cél és forráscím azokat a hálózati kártyákat azonosítja, amelyek közt az adatkeret utazik. Ezek a fix és egyedi MAC-címek 48 bit hosszúak és hálózati kártyákhoz rendelvek.

A kommunikáció során a LAN-kábelre kapcsolt kártyák az adott közegen dekódolják az összes keretet, de csak azokat a kereteket fogadják el és dolgozzák fel amelyek célcíme közönséges cím (unicast), csoportcím (multicast) vagy üzenetszórás (broadcast). Közönséges cím esetében a cím legfelső helyértékű bitjének értéke 0. A multicast címek olyan LAN-kártya csoportokat azonosítanak, amelyek valamilyen módon együttműködnek vagy kapcsolatban vannak egymással. Esetükben viszont a legfelső helyértékű bit értéke 1.

Az adatszórás broadcast-címe csak célcímként alkalmazható; esetben az összes 48 bit bináris 1-re van állítva (hexadecimálisan FF FF FF FF FF FF).

Hossz – adatmező hossza.

Adatmező – legfeljebb 1500 bájt hosszú adat. Amikor egy adó–vevő-ütközést érzékel, csonkolja az aktuális keretet, ami azt jelenti, hogy kóbor bitek és keretdarabkák bármikor jelen lehetnek a kábelben. Annak érdekében, hogy az érvényes kereteket könnyebben meg lehessen különböztetni a szeméttől, az érvényes Ethernet-kereteknek a célcímtől az ellenőrző összegig (beleértve e két mezőt is) legalább 64 bájt hosszúnak kell lenniük.

Kitöltés (Pad) – ha egy keret adatrésze 46 bájtnál rövidebb, akkor ezt a mezőt kell használni.

Ellenőrző összeg – az adatok 32 bites hash-kódja a keret minimális méretének eléréséhez.

12. Fejezet

A MAC- és IP-címek összerendelése (ARP)

A TCP/IP-architektúra a legalsó szinten kezeli a hardvert, amelyen az adatok áramlanak keresztül. Két számítógép sikeres kommunikációja érdekében elengedhetetlen, hogy ismert legyen a gépek fizikai címe. Az ARP-(Address Resolution Protocol) protokoll segít megoldani a fizikai cím és az IP-cím közötti megfeleltetést. A fizikai kapcsolóeszközök, Ethernet-kártyák MAC-címe 6 bájt hosszú. Az IP-címek hossza 4 bájt. A címfeloldási protokoll az RFC826-ban van részletezve. Az ARP-protokoll képes felfedni, hogy a célállomás rendelkezik-e a hozzá hasonló feloldó mechanizmussal.

A hálózatban szereplő hosztok mindegyike rendelkezik ARP-táblázattal melynek tartalma az IP- és MAC-címek megfeleltetése. A táblázatban szereplő minden egyes bejegyzés rendelkezik TTL- (érvényességi idő) mezővel mely az adott bejegyzés élettartamát jelzi. Az adott bejegyzés érvényét veszti, amennyiben a hozzákapcsolt mező értéke nullára csökken. Az érvényességi idő operációsrendszer-függő. Egyes implementációk maximumra állítják az érvényességi idő értékét minden esetben, mikor a hozzátartozó bejegyzés alkalmazásra kerül.

Megjegyzendő, hogy az ARP nemcsak Ethernet-, hanem más típusú hálózatokon is működik, viszont leggyakoribb kialakítás az Ethernet.

Amikor egy gép egy másik gép Ethernet címét szeretné megtudni, akkor először is megvizsgálja az ARP-táblázatot (ún. ARP cache-t). A vizsgálat kétféle eredménnyel járhat. Amennyiben az adott IP–Ethernet-cím összerendelés megtalálható az ARP cache-ben, akkor onnan történik a címfeloldás. Ellenkező esetben egy ARP-datagramot küld a hálózatra, melyet a hálózaton lévő összes gép megkap. Az Ethernet esetében speciális címzés gondoskodik arról, hogy minden gép megkapja a datagramot. Ez egy speciális Ethernet broadcast üzenet az ff:ff:ff:ff:ff:ff MAC címre. A datagram tartalmazza a küldő gép MAC (Ethernet) és IP-címét, és annak a gépnek az IP-címét, amely gép MAC-címét meg szeretné tudni. Ha létezik olyan gép, amelynek a beállított IP-címe megegyezik a keresettel, akkor az a datagramba visszairja a keresett adatot, majd visszaküldi azt. A küldő a válasz megérkezése után a kapott adatot az ARP-táblázatába eltárolja, és az érvényességi időn belül innen minden egyes esetben használja, ha arra szüksége van.

Egy adott hoszt ARP caché-ben csak az adott Ethernet-szegmensen levő hosztok IP–Ethernet-cím összerendelése található. Egy másik szegmensen levő hoszttal pl. IP-útválasztón (routeren) keresztül kommunikál. Az útválasztóval azonos szegmensen levő interfészének IP–Ethernet-cím összerendelése van csak a hoszt ARP caché-ben.

Itt kerül megemlítésre, hogy az ethernet-szegmens: azon hosztok, aktív-passzív eszközök összessége, melyben a hosztoknak nem kell IP-útválasztót (routert) igénybe venni szegmensen belüli, bármely hoszt-hoszt kommunikációhoz. (A szegmensen a network number a hosztokon (interfészen) azonos.) Egy hoszt egy időben több szegmenshez is tartozhat. A több szegmenshez tartozó hosztok mindegyike nem minden esetben lát el útválasztó feladatokat.

Egy példa az ARP-táblázat karbantartására Windows operációs rendszer esetében. Az alkalmazott utasítás az arp -a.

11.1. táblázat. Egy ARP-táblázat Windows esetében.

Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]		
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.		
C:\>arp -a		
Interface: 192.168.0.2 --- 0x30003		
Internet Address	Physical Address	Type
192.168.0.1	00-0c-76-19-e1-34	dynamic
192.168.0.254	00-20-62-02-eb-0d	dynamic
C:\>		

Nagyobb hálózaton tevékenykedő hoszt ARP-táblázata természetesen összetettebb. Az alábbiakban látható egy ARP-táblázat amit egy FreeBSD operációs rendszer tart karban. A hosztnak három interfésze van: dc0, dc1 és dc2. A táblázat tartalmazza az IP-cím DNS-táblázatában megfeleltetett nevét is. Abban az esetben, ha az ad IP-címnek nincs DNS-bejegyzése akkor egy „?” szerepel az adott helyen.

11.2. táblázat. Egy ARP-táblázat FreeBSD esetében.

```
$ arp -a
? (193.225.123.0) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc0 permanent [ethernet]
alpha.hunord.net (193.225.123.14) at 0:0:a2:62:48:32 on dc0 [ethernet]
? (193.225.123.15) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc0 permanent [ethernet]
? (193.225.123.32) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc1 permanent [ethernet]
mungo.hunord.net (193.225.123.35) at 8:0:20:90:15:2f on dc1 [ethernet]
largo.hunord.net (193.225.123.36) at 0:80:c8:ec:d0:da on dc1 [ethernet]
ponto.hunord.net (193.225.123.37) at 0:40:c7:99:9b:d5 on dc1 [ethernet]
bungo.hunord.net (193.225.123.38) at 0:48:54:13:54:cd on dc1 [ethernet]
lily.hunord.net (193.225.123.39) at 0:50:bf:79:46:51 on dc1 [ethernet]
linda.hunord.net (193.225.123.40) at 0:48:54:13:4c:9 on dc1 [ethernet]
? (193.225.123.50) at 0:c:6e:5f:e:f7 on dc1 [ethernet]
? (193.225.123.51) at 0:c:76:1f:e0:37 on dc1 [ethernet]
? (193.225.123.60) at 0:30:4f:25:94:13 on dc1 [ethernet]
? (193.225.123.61) at 0:30:4f:25:d1:43 on dc1 [ethernet]
meterman.hunord.net (193.225.123.62) at 0:30:4f:25:94:13 on dc1 [ethernet]
? (193.225.123.63) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc1 permanent [ethernet]
? (193.225.123.64) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc2 permanent [ethernet]
bilbo1.hunord.net (193.225.123.66) at 0:0:a2:fd:93:41 on dc2 [ethernet]
bilbo2.hunord.net (193.225.123.67) at 0:0:a2:f2:54:77 on dc2 [ethernet]
bilbo3.hunord.net (193.225.123.68) at 0:3:79:1:1d:a4 on dc2 [ethernet]
bilbo4.hunord.net (193.225.123.69) at 0:0:c0:42:be:d5 on dc2 [ethernet]
bilbo5.hunord.net (193.225.123.70) at 0:50:ba:f1:eb:40 on dc2 [ethernet]
bilbo6.hunord.net (193.225.123.72) at 0:a0:c5:43:52:28 on dc2 [ethernet]
bilbo7.hunord.net (193.225.123.73) at 0:90:bb:10:54:65 on dc2 [ethernet]
dudo3.hunord.net (193.225.123.92) at 0:80:2d:4:ba:5f on dc2 [ethernet]
dudo1.hunord.net (193.225.123.94) at 0:a0:ba:0:4:ff on dc2 [ethernet]
? (193.225.123.95) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on dc2 permanent [ethernet]
$
```

RARP (Reverse Address Resolution Protocol): Az ARP-protokoll fordítottja, amely olyan táblázattal dolgozik, amelyben az van felsorolva, hogy milyen IP-cím milyen Ethernet (fizikai) címnek felel meg. A RARP-protokollal az RFC 903 foglalkozik.

A hálózatban szereplő hosztok minden esetben ismerik saját fizikai címüket. A TCP/IP-protokoll IP-címeiken keresztül kapcsolja össze a hálózatban lévő eszközöket. A RARP-protokoll egy szerverhez fordul saját IP-címének kiderítése céljából, amiről később operációs rendszert is letölthet. A hálózaton lévő RARP-szerver az üzenetet megkapva kikeresi az adott Ethernet-címhez előre beállított IP-címet, azt a

datagramban elhelyezi, majd visszaküldi a feladónak. Egy (vagy több) RARP-szerver táblázatban (RARP-táblázat) tartja nyilván a fizikai címekhez tartozó hálózati címeket. A táblázatot a rendszeradminisztrátor tartja karban. A fizikai cím–hálózati cím összerendelés statikus. Több RARP-szerver esetén egy fizikai címhez minden RARP-szerveren ugyanazt a hálózati címet kell rendelni (nem függhet a szervertől az összerendelés). A protokoll használata csak speciális esetekben szükséges: hálózati boot, X-terminálok, Network Computerek.

13. Fejezet

A szolgáltatás minősége QoS. Titkosítás. A többesadás alapjai. Folyammédia alkalmazások. Az internet jövője és az IPv6.

A Szolgáltatás minősége (QoS) olyan követelmények és eljárások halmaza, amelyek a QoS használatára felkészített programok számára megfelelő minőségű adatforgalmat biztosítanak.

Hálózatok és hálózati eszközök feladata az erőforrások meghatározott rend szerinti felosztása, és így a garantált sávszélesség biztosítása. A QoS-t támogató hálózatokon a magas prioritású üzenetek előnyben részesíthetők alacsonyabb besorolású társaikkal szemben, és konkurencia-helyzetben előbbieket továbbítja a utóbbiak feltartóztatásával garantált sebességen biztosítható.

A hagyományos webes átvitel során ez a 4 réteg vesz részt az információátvitelben. Ez nagyszerűen kielégíti a normális, biztonságot nem igénylő, webes szolgáltatásokat. Azonban az elektronikus kereskedelem kifejlődésével szükségessé vált a webalapú kommunikáció biztonságossá tétele. Egy megoldás ha a biztonsági protokoll a szállítási és az alkalmazási rétegek közé illeszkedve teszi biztonságossá az átvitelt, a fontos adatok tranzakciója során.

13.1. táblázat. Hibrid-architektúra biztonsági réteggel.

TCP/IP
Alkalmazási réteg
Biztonsági réteg (SSL)
Szállítási réteg
Internet réteg
Kapcsolati réteg
Fizikai réteg

Az SSL (Secure Sockets Layers) a Netscape Communications fejlesztése, ami tulajdonképpen egy RSA-kód alapon működő, titkosított és biztonságos adatátviteli protokollt biztosít az interneten.

Többesadás alapú adattovábbítás esetén egy adó több vevőnek továbbítja ugyanazokat az adatokat egy időben. Ez egy hálózaton belül úgy valósul meg, hogy az adott csomagot a hálózat csoportcímzési MAC címén kerül kiküldésre, így egyszerre jut el az összes gazdagéphez, és nem terheli feleslegesen a hálózatot. A többesadást többek között a hang, mozgókép, rajzokat és híreket egypontról többpontig terjesztő alkalmazások használják különösen valósídejű átvitel esetén.

13.2. táblázat. Hibrid architektúra folyammedia adtok továbbítására.

TCP/IP
Alkalmazási réteg
RTP/RTCP
Szállítási réteg
Internet réteg
Kapcsolati réteg
Fizikai réteg

Az RTP-t elsősorban folyammedia adatok többesadására tervezték, de egyesadás felett is működhet. Az RTP akkor támogatja az adatátvitelt több címzethez, ha az alatta fekvő hálózat biztosítja a többesadást.

Az internet hosszú évek óta stabil, de ezidáig mégis számos hiányossága jutott felszínre, valamint egyre több területen jelenik meg és fejlődik.

Az internet változásának generátorai:

- a hálózat méretének és terhelésének növekedése;
- új számítógép- és kommunikációs-technológiák megjelenése;
- új alkalmazások megjelenése;
- új politikák.

Az IPv6 biztosítja a következőket:

- Nagyobb címtartomány. A cím mérete 4-szeresére nőtt: 128 bit.
- Rugalmasabb fej (header) formátum. Új, a régivel nem kompatibilis datagram formátum. Az IPv6 több opcionális fejet tartalmazhat.
- Javított opciók. Opcionálisan vezérlő információk továbbíthatók. Az IPv4-hez képest újabb opciók.
- Erőforrás-allokáció támogatása. Az IPv4 type of service specifikációját felváltja egy mechanizmus, amely megengedi hálózati erőforrások előzetes lefoglalását (garantált sávszélességet és késleltetést igénylő alkalmazásokhoz).

– A protokoll bővítésének lehetősége. A protokollhoz utólag új tulajdonságok adhatók, amellyel alkalmazkodni lehet a megváltozott körülményekhez.

14. Fejezet

Híradástechnikai rendszerek alapelemei

INFORMÁCIÓELMÉLET ALAPFOGALMAI

Milyen módon lehet mérni az információ sokféle megjelenési formáját, milyen közös mértékegységgel fejezhetjük ki például egy műholdfelvételen vagy egy rózsa illatában levő *információmennyiséget*? Erre a kérdésre jelenleg nem tudjuk a választ, lehet, hogy nincs is megoldása.

A váratlanság mértéke egyrészt annak a jelkészletnek a nagyságától függ, amelyből a hírt összeállították, másrészt a hír hosszától. A tízes számrendszer 10 jellel dolgozik. Ezekből 10 db egy jegyből álló hírt képezhetünk, 100 db kétjegyűt és 1000 db háromjegyűt. Ha n tagú jelkészletet választunk, akkor az m jeltől álló hírek száma n -nek az m -edik hatványa.

$$\text{Hírek száma} = n^m \quad [14.1]$$

Ezek szerint a hír információtartalma a hír hosszával exponenciálisan nő. A gyakorlatban célszerűbb úgy megválasztanunk a mértékegységet, hogy ez a növekedés lineáris legyen. Ezt úgy érhetjük el, ha a lehetséges kombinációk számának a logaritmusát vesszük. Az n betűs abc-ből alkotott m jeltől álló hír *információmennyisége* tehát:

$$H_a = \log(\text{Hírek száma}) = \log(n^m) = m \log n \quad (\text{Hartley-képlet}) \quad [14.2]$$

A *matematikai információelméletben* a logaritmus alapjául a kettest választották, mert a kettes számrendszer az információátvitel anyanyelve, sok információkezelő berendezés dolgozik a „van áram–nincs áram” alapelven. A legegyszerűbb abc kétjelű (egy jellel nem lehet hírt közölni). Ha ebből egy jelet kiválasztunk, akkor megkapjuk a lehető legkisebb információs értékkel rendelkező hírt. Ez az érték:

$$I = \log_2 2 = 1 \quad [14.3]$$

Ha kettes alapú logaritmust választunk, akkor ez az érték éppen 1 lesz, ezt az információmennyiséget John W. Tukey nevezte el 1 *bit*-nek (a „binary digit unit” rövidítése).

Hartley képlete csak abban az esetben érvényes, ha a hírt alkotó jelek egyforma valószínűséggel fordulnak elő (ez a legritkább dolog).

Tekintsünk egy hírforrást, amelynek szimbólum készlete k elemet tartalmaz és ezek előfordulási valószínűsége a közleményben azonos. Egy jel (pl. az i -edik) vételének valószínűsége $p_i = \frac{1}{k}$.

Jelöljük az információ-mennyiséget I_i -vel, az i -edik jel beérkezésekor kapott információ-mennyiség:

$$I_i = \log_2 \frac{1}{p_i} = \log_2 \frac{1}{\frac{1}{k}} = \log_2 k \quad [14.4]$$

Legyen egy adott szimbólumkészlet elemeinek száma 2 és ezek a közleményekben azonos valószínűséggel fordulnak elő, ekkor egy jel beérkezésekor a kapott információmennyiség egységnyi:

$$I = \log_2 2 = 1 \quad [14.5]$$

Vizsgáljuk azt az esetet, amikor k szimbólumból álló készletben a szimbólumok előfordulási valószínűsége különböző. Egy választásnál:

$$H_i = \log_2 \frac{1}{p_i} = -\log_2 p_i \quad \left[\frac{\text{bit}}{\text{szimbólum}} \right] \quad [14.6]$$

ahol a vizsgált szimbólum előfordulási valószínűsége, pedig a vele kapott információmennyiség.

Látható, hogy minél nagyobb egy esemény bekövetkezésének valószínűsége, annál kisebb az információtartalma.

Több esetben választva a szimbólum-készletből, meghatározható az egy szimbólumra eső információ-mennyiség *átlagos* értéke a Shannon-kifejezés:

$$H = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i \quad \left[\frac{\text{bit}}{\text{szimbólum}} \right] \quad [14.7]$$

Az egy szimbólumra eső információmennyiség-átlagolás értékét úgy kell meghatározni, hogy a gyakran előforduló szimbólumok esetében nagyobb súllyal vesszük figyelembe a kapott információ-mennyiséget, mint a ritkábban fellépőknél.

Vizsgáljuk meg az angol abc-vel írt szöveg entrópiáját. A szimbólumkészlet 26 betűből és a szóközből (space) áll, $k=27$. Az írott szövegben leggyakoribb a szóköz, gyakorisága 18,7 %, (valószínűség 0,187 utána következik az E, melynek 10,7 % az előfordulása (valószínűség 0,107). Néhány betű valószínűsége:

$$\begin{aligned} P_{\text{space}} &= \mathbf{0,187} \\ P_E &= \mathbf{0,107} \\ P_T &= \mathbf{0,085} \\ \dots & \\ P_D &= \mathbf{0,031} \\ \dots & \end{aligned}$$

Behelyettesítve az entrópia kifejezésébe a vizsgált szimbólumkészlet entrópiája:

$$H = - \sum_{i=1}^{27} p_i \log_2 p_i = 4,065 \quad \left[\frac{\text{bit}}{\text{szimbólum}} \right]$$

A jelkorreláció kizárásával az információforrás szimbólumkészletéből való választás bizonytalansága növekszik, tehát az átlagos információmennyiség:

$$H_{\max} = 4,76 \text{ bit/szimbólum.}$$

Másik határeset akkor következik be, amikor valamely szimbólum bekövetkezési valószínűsége 1, az összes többié zérus. Behelyettesítve az entrópia kifejezésben a

$$1 \cdot \log_2 1 = 0$$

alakú tag értéke zérus. Problémát okoz formailag a nulla valószínűségű tagok kiszámítása. Az ellentmondást úgy oldhatjuk fel, hogy az ilyen forrásnak csak egy eleme van, amely a vizsgált közleményben biztosan előfordul, a többi önmagát zárja ki a szimbólumkészletből, ezért az információmennyiség triviálisan zérus.

Egy újabb fontos fogalmat kell bevezetnünk: a *redundanciát*. A redundancia a szimbólumkészlet terjengősségét jelenti. Kifejezi, hogy az általa továbbított információ mennyire „bőbeszédű”. Formálisan úgy ragadhatjuk meg a redundancia fogalmát, hogy

$$R = \frac{H_{\max} - H}{H_{\max}} = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad [14.8]$$

megadjuk mennyivel nagyobb a maximális entrópia a ténylegesnél és ezt a különbséget a maximális entrópiára vonatkoztatjuk. A redundancia (R) :

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} = 1 - \frac{1,6}{4,76} = 0,664$$

Mi a zaj és a redundancia szerepe?

Az információ átvitelekor az „adó” kódolja az üzenetet, rábízza valamilyen közvetítő csatornára – ami lehet térbeli (levegő, telefonvonal stb.) vagy időbeli (könyv, fénykép stb.) – a másik oldalon pedig a „vevő” megpróbálja a vett jeleket visszaalakítani és megérteni. A *kódolás-dekódolás*, valamint az átvitel során az eredeti üzenethez olyan jelek is keverednek, amelyeknek semmi közük nincs a közölni kívánt információhoz. Ezek a *zajok* a természetnek az *entrópia* növelésére való hajlamát mutatják (utcai láрма, légköri zavarok, sajtóhibák, stb.). További torzulások léphetnek fel akkor is, amikor ugyan pontosan érkezik meg az üzenet, de az nem azt a hatást váltja ki, vagy a címzett nem azt érti alatta, amit az adó az információval szeretett volna elérni.

A zaj elleni harcban nagy jelentősége van a redundanciának. Ha egy hírben több jel van, mint amennyi a benne található információ kifejezéséhez feltétlenül szükséges, akkor a látszólagos és a tényleges információmennyiség aránya a redundancia. A *redundancia* idő- és költségnövekedést okoz, de bizonyos határok alá nem érdemes csökkenteni, (érdemes ezzel kapcsolatban elolvasni az *George Orwell: 1984* c. könyvét), egyrészt mert a maximális információt tartalmazó üzenet védtelen a zajjal szemben (ha nincsenek nyelvtani szabályok, akkor a sérült jelre nem következtethetünk a környezetéből), másrészt az ember nem tud úgy koncentrálni, hogy a maximális információt tartalmazó üzenetet megértse. A szükséges redundancia foka attól is függ, hogy a vevő mennyi előzetes ismerettel rendelkezik a közölni kívánt hírről kapcsolatban.

ANALÓG CSATORNA FOGALMA, KAPACITÁSA

Az analóg jelek digitális formában való továbbítása esetében a csatorna átvitelsebesség-igénye, a következő módon számítható:

$$\nu = 2f_B \log_2 \left(1 + \frac{P}{N} \right) \quad [14.9]$$

A kifejezésben f_B az analógcsatorna sávszélessége, P a hasznos jel teljesítménye, N a zaj teljesítménye. Láthatjuk, hogy a zajos csatorna kapacitása függ az átvihető információmennyiség zajmértékétől.

BESZÉD ÉS ZENEI HANG INFORMÁCIÓ TARTAMA

A hang mechanikus vibráció a levegőben. A beszédet vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a beszédet minimális torzítással át tudjuk vinni abban az esetben ha minimálisan biztosítjuk a 300–3000 Hz sávszélességet valamint minimálisan 20dB jel/zaj viszonyt tudunk megvalósítani.

$$f_B = f_{\max} - f_{\min} = 2700 \text{ Hz}$$

20dB-nek megfelel 1:100 arány.

$$v_{\text{beszed}} = f_B \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{jel}}}{P_{\text{zaj}}} \right) = 2.7 \cdot 10^3 \log_2 (1 + 100) = 18 \cdot 10^3 \left[\frac{\text{bit}}{\text{s}} \right]$$

ezt az eredményt bizonyították a szubjektív mérések is. Ehhez az értékekhez közeli értékeket érnek el a beszéd kódolásban ha vokodert (beszéd kódoló) is alkalmaznak. Látni fogjuk, hogy a GSM-átvitel esetében a letisztított beszédjelnek a feldolgozás folyamatában is hasonló sebességigénye van.

Zenei hangátvitel

Zenei hang átvitelében kívánatos a 40–15000 Hz sávszélesség biztosítása:

$$f_B \approx 15000 \text{ Hz}$$

az elvart jel/zaj viszony 80dB, aminek megfelel 1:108 viszony. A zenehang átvitelhez szükséges minimális átviteli sebesség:

$$v_{\text{zene}} = f_B \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{jel}}}{P_{\text{zaj}}} \right) = 15 \cdot 10^3 \log_2 (1 + 10^8) = 4 \cdot 10^5 \left[\frac{\text{bit}}{\text{s}} \right]$$

ÁLLÓ- ÉS MOZGÓKÉP INFORMÁCIÓ TARTAMA

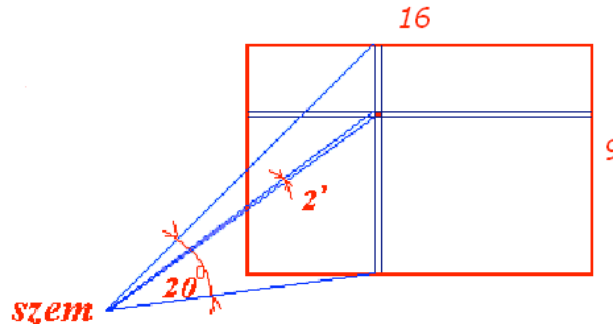
Egy képből úgy tudunk jelet nyerni, hogy az egész tartományt felosztjuk sok eléggé apró képszegmensre, ezek után előre meghatározott rendszer szerint meghatározzuk, mekkora az egyes szegmensnek fényessége. Ha ezeket az értékeket folytonosan vesszük egymás után abban az esetben jelet kapunk. Az átviteli oldalon az adórendszer továbbítja ezeket a jeleket, a vételi oldalon egy eszköz egyenként visszaadja a képszegmeneket (pixeleket), és egységes képet hoz létre.

Alapvető feladat, hogy meghatározzuk, mekkora információátviteli sebességre van szükség a képátvitel folyamán.

Az emberi szem meg tud különböztetni két pontot amelyeknek a távolsága $2'$ (két térperc), ha nagyobb a felbontás, akkor azt már a szemünk nem tudja megkülönböztetni.

Megállapították, hogy a látószög függőleges irányba közel 20° a belátható felület optimálisan 3:4 vagy vetítésnél, széles vászonnál 9:16 (függőleges a vízszinteshez) arányban van.

14.1. ábra. Egy belátható felület, látószög- és pixel-definíció.



Függőleges irányban a pixelek száma:

$$n_1 = \frac{20^\circ}{2'} = \frac{20 \cdot 60'}{2'} = 600 \text{ pixel}$$

vízszintes irányban pedig, ha szélesvásznú képi információk van akkor:

$$n_2 = \frac{16}{9} n_1 = 1066 \text{ pixel}$$

vagyis egy képen a pixelek száma:

$$n = n_1 n_2 \approx 6.4 \cdot 10^5 \text{ pixel}$$

Fontos eleme a képi prezentációnak, hogy hány különböző fényintenzitást tud megkülönböztetni a szem. A szemmel 100 különböző fényesség különböztethető meg, ennél kevesebb fényintenzitás durva képet ad. Meghatározzuk, mekkora az információmennyiség, amit egy pixel hordoz magával:

$$I_{\text{kepszegmens}} = \log_2 100 = 6.7 \text{ bit}$$

Egy képben található információmennyiség ezek szerint:

$$I_{kep} = nI_{kepszegmens} \approx 4.3 \cdot 10^6 \text{ bit}$$

Ha az a feladat, hogy egyszerű álló képet küldjünk, akkor egyedüli probléma mennyi időre van szükség a kép átvitelére:

$$T_{kep} = \frac{I_{kep}}{C} [s] \quad [14.10]$$

ahol a C a csatornkapacitás, ennél az időnél rövidebb idő alatt nem lehet információt átvinni deformáció nélkül, mivel a csatornkapacitást nem lehet túllépni. Példaképpen egy egyszerű telefoncsatornát elemezzünk, amelynek az alapparaméterei:

$$f_B \approx 3\text{kHz} \quad \frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 26\text{dB}$$

innen a szükséges csatornkapacitás:

$$C = 3 \cdot 10^3 \log_2(1 + 400) = 26 \left[\frac{\text{kbit}}{s} \right]$$

egy kép átviteléhez szükséges minimális idő telefoncsatornán keresztül:

$$T_{kep} = \frac{I_{kep}}{C} = \frac{4.3 \cdot 10^6}{26 \cdot 10^3} = 165 [s]$$

Ha kihasználjuk a szem tehetetlenségét a fekete-fehér mozgókép átvitelénél, akkor elegendő 20–30 képet átvinni egy másodperc alatt.

A szükséges átviteli kapacitás:

$$v_{monochromTV} = I_{kep} N = 4.3 \cdot 10^6 \cdot 25 = 107.5 \left[\frac{\text{Mbit}}{s} \right]$$

A színes kép átvitelénél a gyakorlati tapasztalatokra hagyatkozva elegendő maximálisan 200–300 különböző színárnyalatot átvinni (vegyünk 256 színt).

Így egy színpixel összesen:

$$I_{szinpixel} = \log_2 256 = 8 \text{ bit} \quad \text{információt hordoz}$$

mivel kb. 20-szor kevesebb színérzékelő idegvégződés van mint fényérzékelő, így egy pixelre levetítve 20-szor kevesebb színinformáció jut.

Így összesen egy pixel információtartalma:

$$I_{\sum pixel} = I_{pixelvillagosság} + I_{szinesseg} = 6.65 + \frac{I_x + I_y}{20} = 6.7 + 0.4 = 7.1 \text{ bit}$$

színes kép információtartalma:

$$I_{szineskep} = n I_{\sum pixel} = 4.544 \cdot 10^6 \text{ bit}$$

színes TV-kép átviteléhez szükséges átviteli sebesség:

$$v_{szinesTV} = N I_{szineskep} \approx 113.6 \left[\frac{\text{Mbit}}{\text{s}} \right]$$

JELEK ÉS RENDSZEREK ANALÍZISE

A hálózatokat és a jeleket idő- és a frekvencia-tartományban írjuk le. A kapcsolatot a két leírasi mód között általános esetben Laplace-transzformációval valósítjuk meg. A Laplace-transzformáció speciális esete a Fourier-transzformáció.

A periodikus jelek definíció szerint következő módon jellemezhetőek:

$$f(t) = f(t + nT), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad [14.11]$$

Periodikus jelek analízise Fourier-sorbafejtés-elméletén alapszik. Ezen elmélet alapján minden periodikus jel szinuszos tagokra bontható. Ezek a függvények, a Fourier-elmélet szerint sorba fejthetők. Legyen $f(t)$ periodikus jel, aminek a periódusa T , a hozzá tartozó körfrekvencia pedig $\omega_0 = 2\pi/T$, akkor a Fourier-sor:

$$f(t) = F_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\omega_0 t + B_k \sin k\omega_0 t) \quad [14.12]$$

ahol F_0 , A_k és B_k a Fourier-együtthatók. A felbontás $k=1$ indexű összetevője az alapharmonikus míg a magasabb rendű tagok a felharmonikusok. A Fourier-együtthatók következő kifejezésekkel számíthatók:

$$F_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) d(\omega t) \quad [14.13]$$

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(k\omega t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(k\omega t) d(\omega t) \quad [14.14]$$

$$B_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(k\omega t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(k\omega t) d(\omega t) \quad [14.15]$$

Fourier-sor exponenciális alakja:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \bar{C}_k e^{jk\omega t} \quad (*) \quad [14.16]$$

a komplex együtthatók kifejezhetők a reális együtthatókkal is:

$$\bar{C}_k = \frac{A_k - jB_k}{2} = \frac{1}{2} \hat{F}_k e^{j\theta_k} \quad \text{és} \quad \bar{C}_0 = F_0 \quad [14.17]$$

A komplex együtthatók magából a jelből is számíthatók:

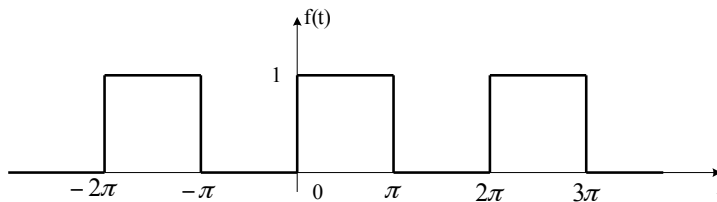
$$\bar{C}_k = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-jk\omega t} dt \quad (**) \quad [14.18]$$

A (*) és a (**) kifejezések komplex transzformációs párt alkotnak.

A Fourier-sorok komplex formája mérnöki szemszögből szakmailag értelmezhető és mérhető, F_k az amplitúdó-spektrum míg θ_k a fázis-spektrum.

1. *Feladat:* Határozzuk meg az ábra szerinti jel Fourier-sorát.

14.2. ábra. Négyzög periódusos jel.



Megoldás:

A Fourier-sor együtthatói:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} dt = \frac{1}{2\pi} t \Big|_0^{\pi} = \frac{1}{2}$$

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos nt dt = \frac{1}{\pi} \int_0^0 (0) \cdot \cos nt dt + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (1) \cdot \cos nt dt = \frac{1}{n\pi} \sin nt \Big|_0^{\pi} = 0$$

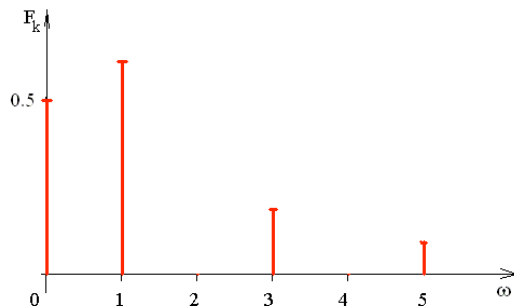
$$\begin{aligned} B_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin nt dt = \frac{1}{\pi} \int_0^0 (0) \cdot \sin nt dt + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (1) \cdot \sin nt dt = \frac{1}{\pi} \left(\frac{-\cos nt}{n} \right) \Big|_0^{\pi} = \\ &= \frac{1}{n\pi} + \frac{1}{n\pi} = \frac{2}{n\pi} \end{aligned}$$

A függvény Fourier-sora tehát:

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\sin t + \frac{\sin 3t}{3} + \frac{\sin 5t}{5} + \dots \right)$$

A következő ábra szemlélteti a négyzögjel amplitúdó-spektrumát:

14.3. ábra. A periodikus négyzögjel amplitúdó-spektruma.



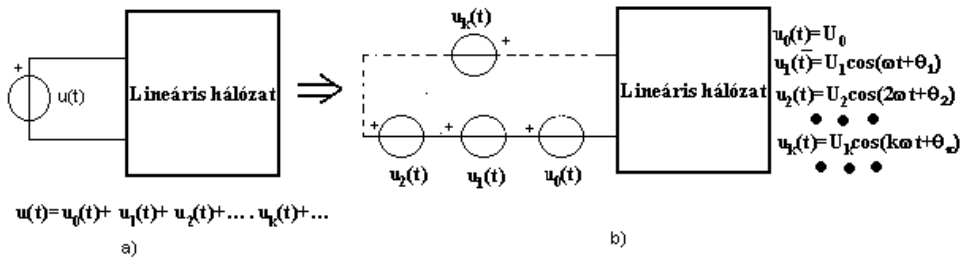
A PERIODIKUS ÁRAMÚ HÁLÓZATOK

A hálózatok legegyszerűbb formáját a lineáris, időben nem változó ún. LIT-hálózatok jelentik, ezekre a hálózatokra alkalmazható a szuperpozíció elve, így a Fourier-sorbafejtés is, mint lineáris operátor. Fourier-sorbafejtés csak állandósult állapotban lévő periódusos áramú hálózatokra alkalmazható. Feltételezzük, hogy a hálózat egy feszültség-generátort tartalmaz, összetett periodikus tápfeszültséggel. Ez a jel legyen $u(t)$. Írjuk le a feszültséget Fourier-sorbafejtett alakban:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \hat{U}_k \cos(\omega_k t + \theta_k) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \hat{U}_k e^{j\theta_k} e^{jk\omega t} \quad [14.19]$$

Ezt úgy is felfoghatjuk, hogy mindegyik harmonikust külön feszültséggenerátor képvisel mint ahogy a 14.4. ábrán látható.

14.4. ábra. a) összetett feszültséggenerátor b) sorbafejtett feszültség hatása.



Mivel az áramkör az eredeti feltevés szerint lineáris, érvényes a szuperpozíció elve. Ezek szerint a generátor áramát úgy tudjuk számítani, mint parciális áramok összegét, amelyeket az egyes harmonikusok generátorai hoznak létre. Így ki tudjuk számítani az egyes harmonikus generátorok által generált áramokat, de ahhoz ismernünk kell az impedanciákat, amelyek egyes $k\omega_0$ körfrekvenciákon terhelik a harmonikus feszültség generátorait (ahol k egész szám).

A k -adik harmonikust terhelő impedancia nagysága:

$$\overline{Z_k} = \overline{Z_k} \left(\sum_i R_i, jk\omega_0 L_i, \frac{1}{jk\omega_0 C_i} \right) = Z_k e^{j\rho_k} \quad [14.20]$$

az egyes áram harmonikus komponenseinek értéke:

$$i_k(t) = \operatorname{Re} \left(\frac{1}{Z_k} U_k e^{j\rho_k} e^{j\omega t} \right) = \frac{U_k}{Z_k} \cos(k\omega_0 t + \rho_k - \theta_k) \quad [14.21]$$

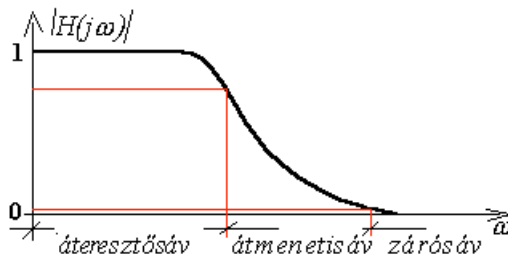
az összes áram pillanatnyi értéke:

$$i(t) = \frac{U_0}{Z_0} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\hat{U}_k}{Z_k} \cos(k\omega t + \rho_k - \varphi_k) \quad [14.22]$$

Az áramkörben különböző módon lehetnek bekötve az ellenállások R_p , induktivitások L_p és kondenzátorok C_p . Az i index arra utal, hogy több ellenállás, induktivitás és kondenzátor is lehet a vizsgált áramkörben.

A szűrőknél lényegében három sávot különböztetünk meg, ezek: *áteresztősáv*, *átmeneti sáv* valamint a *zárósáv*. Az áteresztősávban a szűrő, a jel e tartományba eső frekvencia-komponenseit ideális esetben torzításmentesen átviszi, a zárósávban ideális esetben egyáltalán nem viszi át, az ideeső frekvencia komponenseket maximálisan csillapítja. Az átmeneti sávot ideális esetben végtelenül szűknek feltételezik.

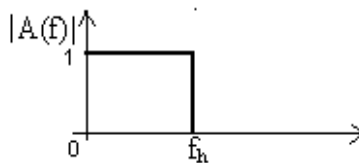
14.5. ábra. A szűrők egyes sávjainak a definíciója.



Első közelítésben a szűrők felosztásánál csak az áteresztősávot és a zárósávot vesszük figyelembe. A szűrők az áteresztő és nem áteresztő tartomány elhelyezkedése szerint több alaptípusra oszthatók. Feltételezve ideális átviteli jelleggörbét az áteresztő sávban az erősítés értéke egy (normalizálás után), míg a zárótartományban nulla. Ideális esetben feltételezzük, hogy az átmenet ugrásszerű a határfrekvencián, vagy határfrekvenciákon. Későbbiekben definiáljuk az átmeneti tartományt.

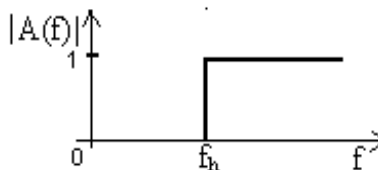
Aluláteresztő szűrő: A nulla frekvenciától a határfrekvenciáig f_h az áteresztő tartomány míg a határfrekvenciától a végtelenig a záró-tartomány.

14.6. ábra. Aluláteresztő szűrő ideális átviteli jelleggörbéje.



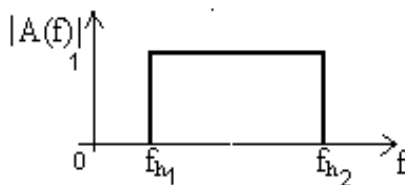
Felüláteresztő szűrő: A határfrekvenciától kisebb frekvenciákon a zárósáv, míg a felsőbb frekvenciákon a végtelenig az áteresztő sáv helyezkedik el.

14.7. ábra. Felüláteresztő szűrő ideális átviteli jelleggörbéje.



Sáváteresztő szűrő: Két határfrekvenciát tudunk megkülönböztetni. A nulla frekvenciától az

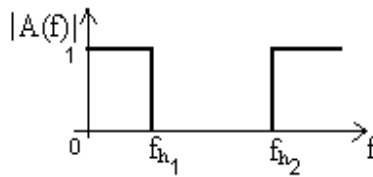
14.8. ábra. Sáváteresztő szűrő ideális átviteli jelleggörbéje.



első határfrekvenciáig az első zárósáv, míg az első határfrekvenciától a második határfrekvenciáig az áteresztő sáv, a második határfrekvenciától f_{h2} a végtelenig a második zárósáv.

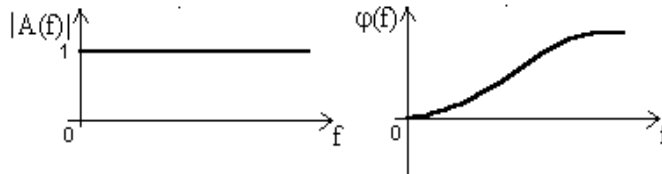
Sávzáró szűrő: Ez a szűrőtípus a sáváteresztő szűrő inverze. A nulla frekvenciától az első határfrekvenciáig f_{h1} az első áteresztő sáv, míg az első határfrekvenciától a másik határfrekvenciáig f_{h2} a zárósáv, az f_{h2} frekvenciától a végtelenig a második áteresztő sáv.

14.9. ábra. Sávváráó szűrő ideális átviteli jelleggörbéje.



Mindent áteresztő szűrő: Ezek a szűrők az egész frekvenciasávban egységnyi erősítésűek, csak a fázis jelleggörbéjük jellemzik ezeket a szűrőket. A mindent áteresztő szűrőket általában fázis-korrektorként használják.

14.10. ábra. Mindent áteresztő szűrő jelleggörbéi.



A szűrők olyan áramkörök amelyek különböző követelményeket teljesítenek a bemenet és a kimenet között a frekvencia- vagy az idő-tartományban. A továbbiakban elsősorban a frekvenciatartományban definiáljuk a feltételeket.

A szűrők átviteli függvénye definíció szerint:

$$H(j\omega) = \frac{X_{ki}(j\omega)}{X_{be}(j\omega)} \quad [14.23]$$

Az átviteli függvényből könnyen számíthatók a szűrőt a frekvenciatartományban jellemző értékek, ez az amplitúdó-karakterisztika:

$$a(\omega) = 20 \log |H(j\omega)| \quad [14.24]$$

A jelátvitel minőségét mérve egyik fő követelmény, hogy az amplitúdó-jelleggörbe értéke állandó legyen a rendszer egész frekvenciatartományában. Ebben az esetben a rendszerátvitel folyamán nem változtatja meg az egyes frekvencia értékeken jelenlevő amplitúdóértékek egymáshoz viszonyított értékét.

A fáziskarakterisztika:

$$\varphi(\omega) = \text{arc}H(j\omega) \quad [14.25]$$

valamint a fáziskarakterisztikából származtatott futási-idő karakterisztika:

$$\tau = -\frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} \quad [14.26]$$

A futási-idő jelleg leírja, hogy a jel egyes frekvencia-komponensei milyen sebességgel haladnak keresztül a rendszeren. Az az eset a jó, ha mindegyik frekvencia-komponens ugyanazzal a sebességgel közlekedik a rendszeren keresztül, akkor mindegyik komponens egyszerre érkezik a rendszer kimenetére, így nem csúszik szét a jel. Visszafelé következtetve, az állandó futási jellegnek lineáris fázis jelleggörbe felel meg (a fázisjelleg az integrálja a futási időnek).

Fentiek alapján ahhoz, hogy ideális átviteli rendszerünk legyen két alapkövetelményt kell biztosítanunk a rendszer számára lényeges frekvenciatartományban:

- állandó amplitúdó-jelleget valamint
- állandó futási-időt.

Sajnos ez a két követelmény egyszerre nem teljesíthető egy rendszeren belül, nem engedik meg a rendszerelmélet törvényszerűségei. Így vagy az egyiket vagy a másikat teljesítjük, attól függően milyen elvárásaink vannak a rendszerrel szemben.

FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ

A nem periodikus időfüggvények spektrumát közvetlenül nem kaphatjuk meg a Fourier-sor segítségével, de számszerinti elképzelést kaphatunk a várható eredményről, ha alkalmazzuk a Fourier-sorbafejtést, és határátmenetet képezzünk. A határátmenetet úgy képezzük, hogy a T periódust közelítjük a végtelenhez. A határátmenet képzése közben megfigyelhető a harmonikus tagok egymástól való távolságának a minden határon túli csökkenése, vagyis $\omega_0 = 1/2\pi T$ értéke tart nullához. Ezáltal az eredetileg vonalas spektrum folytonos függvénybe megy át.

Matematikailag ezt a határátmenetet lehet kihasználni arra, hogy megkapjuk a Fourier-sorból a Fourier-transzformációt. Az $f(t)$ függvény Fourier-transzformációs párja a következő kifejezés-pár:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad [14.27]$$

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad [14.28]$$

általános esetben $F(j\omega)$ komplex szám és felírható a következő formában

$$F(j\omega) = A(\omega)e^{j\Phi(\omega)} \quad [14.29]$$

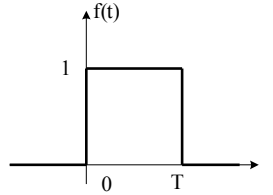
$$A(\omega) = |F(j\omega)| \text{ és } \Phi(\omega) = \arg F(j\omega)$$

ahol $A(\omega)$ és $\phi(\omega)$ az amplitúdó- és fázis-spektrumot jelenti.

Folytatásban a Fourier-transzformációval kapcsolatban bizonyítás nélkül felsorolásra kerül néhány tétel. Ezek a tételek többször is megjelennek a jelfeldolgozás folyamán különböző formában.

2. Feladat: Határozzuk meg az ábrán látható függvény spektrumát

14.11. ábra. Aperiodikus négyszög függvény.



Megoldás:

A függvény analitikus alakja:

$$f(t) = \begin{cases} 1, & \text{ha } 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{ha } t < 0 \wedge t > T \end{cases} \quad [14.30]$$

A függvény Fourier-integrálja:

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\omega t} f(t) dt = \int_0^T e^{-j\omega t} dt = \frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega} \Big|_0^T =$$

$$= \frac{e^{-j\omega T} - 1}{-j\omega} = \frac{1}{\omega} [\sin \omega T + j(\cos \omega T - 1)] \quad [14.31]$$

A Fourier-integrál amplitúdó-változásait leíró függvény:

$$A(\omega) = |F(j\omega)| = \sqrt{\left(\frac{\sin \omega T}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{\cos \omega T - 1}{\omega}\right)^2} = \quad [14.32]$$

$$= \frac{1}{\omega} \sqrt{\sin^2 \omega T + \cos^2 \omega T - 2 \cos \omega T + 1} = \frac{1}{\omega} \sqrt{2 - 2 \cos \omega T} = \frac{\sqrt{2}}{\omega} \sqrt{1 - \cos \omega T} = \frac{2}{\omega} \sin \frac{\omega T}{2}$$

A spektrum zérus értékű ha: $\omega = i \frac{2\pi}{T}$, ha $i=1, 2, 3, \dots$

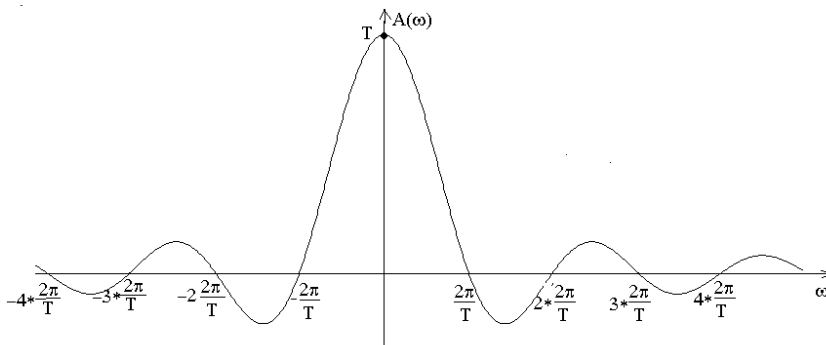
A spektrumnak helyi maximumai vannak ha:

$$\frac{d}{d\omega} \left[\frac{2}{\omega} \sin \left(\frac{\omega T}{2} \right) \right] = 0 \quad , \text{innen:} \quad [14.33]$$

$$\frac{\omega T}{2} = \operatorname{tg} \left(\frac{\omega T}{2} \right)$$

A spektrum a következő módon ábrázolható:

14.12. ábra. Aperiodikus négyszögjel amplitúdó-spektruma.



Ha összehasonlítjuk a periodikus és aperiodikus négyszögjel spektrumát akkor néhány jellegzetes különbséget észrevehetünk:

1. a periodikus jel spektruma vonalas, míg az aperiodikus jel spektruma folytonos,
2. a periodikus jelnél a spektrum komponensei az egyes harmonikus komponensek amplitúdó értékeit jelentik, akkor az aperiodikus jeleknél a folytonos spektrum, frekvencia-amplitúdó sűrűségét jelentik.

ALAPSÁVI JELTOVÁBBÍTÁS

A kommunikációs rendszereken belül két átviteli rendszert különböztetünk meg. Az ún. alapsávi és a modulált rendszereket. A modulált rendszerek esetében az alapsávi jeleket a frekvenciatartományban eltoljuk egy másik frekvenciatartományba, ebben az esetben ugyanabban a rendszerben lehetőség van akár több információ párhuzamos átvitelére. A modulált rendszerekben ezen kívül rádiósugárzás esetében könnyebben lehet illeszteni az adórendszert az „éterhez” az antenna méreten keresztül.

Ebben a jegyzetben nagyon röviden áttekintjük a digitális alapsávi átviteli rendszert, az analóg alapsávi rendszerekkel nem is foglalkozunk, mivel a kommunikációs rendszerekben ma ezt nem is alkalmazzák.

A digitális alapsávi rendszerek két alapsávi rendszerét különböztetjük meg. A *soros és párhuzamos* átviteli rendszert. A soros átviteli rendszert alkalmazzák a híradástechnikai rendszerekben. A párhuzamos átvitelt csak az elektronikus vagy számítógépes rendszeren belül alkalmazzák.

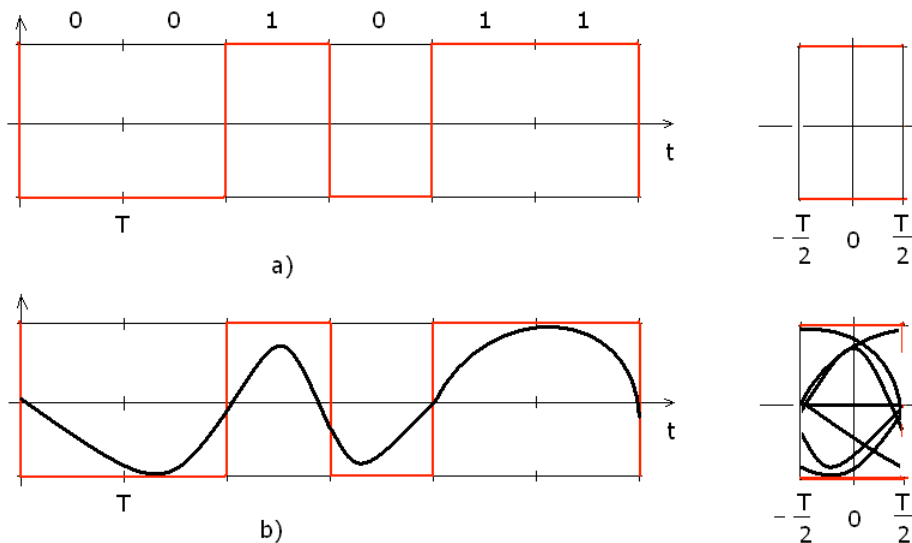
A soros alapsávi jelátvitel alkalmával a jelre hat az átviteli közeg. Az átviteli közeget szűrőként modellezhetjük.

Ha digitális négyszögformájú jeleket viszünk át a rendszeren, akkor az átviteli közeg fázisjellege kritikusabb mint az amplitúdó jellege. Abban az esetben, ha a fázisjelleg nem lineáris, mint ahogy láttuk, a spektrum komponensei nem fognak egyenlő sebességgel haladni az átviteli közegen keresztül, így a jel szétcsúszik. A jel szétcsúszásnak, torzulásának a mértékét ún. szemábra segítségével tudjuk jellemezni az átviteltechnikában.

A szemábra felvételénél az összes vizsgált kombinációhoz tartozó elemi jelet egymásra rajzoljuk, szinkronizálva az időzítő jelhez. A bithosszúságú rész hasonlít egy emberi szemre, innen ered az elnevezés.

Egy tipikus szemábrát szemléltet a 14.13. ábra. Az a) ábra részen látható az eredeti jel. A b) ábra részen látható a jel az átviteli rendszer kimenetén. Mind a két ábrarészen látható egy összegzett jelerész is, itt egy bit-tartomány hossza vetítettük az összes jelet. A vételi oldalon kapott összevont ábra egy kis absztrakcióval szemábraként is felfogható.

14.13. ábra. A szemábra.



A szemábrán a csatorna véges sávszélessége, frekvenciafüggő futási ideje által okozott alaktorzuláson kívül a csatorna saját zajának hatása is nyomon követhető.

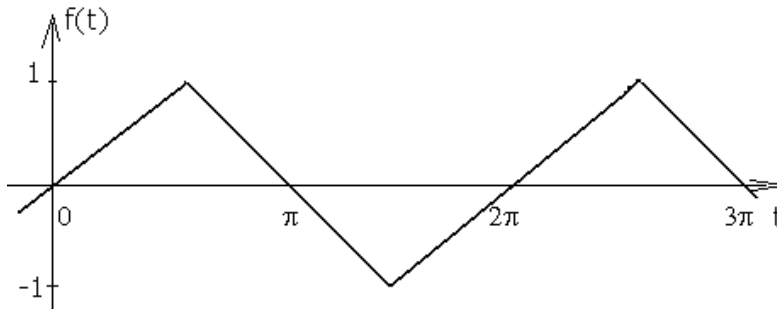
NEM ALAPSÁVI ÁTVITELI RENDSZEREK

A nem alapsávi vagy modulált átviteli rendszereknél, az eredeti digitális jelet a frekvenciatartományban eltolják magasabb frekvenciák tartományába, ezt az eljárást modulációnak nevezzük. Ezekben a rendszerekben az adó oldalon *modulátort* a vevő oldalon *demodulátort* alkalmazunk, ha összevonnuk a *dőltbetűkkel* szedett részeket akkor ennek az átviteli rendszernek alapvető eszközét kapjuk a ún. *modemet*. A moduláció és demoduláció elméletének alapjaival a jegyzet folytatásában foglalkozunk.

KÉRDÉSEK

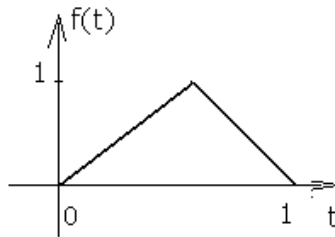
1. Kommunikációs rendszerek felépítése.
2. Miért van a kommunikációs rendszerekben a zajnak jelentős szerepe?
3. Hogyan definiáljuk az információmennyiség mértékegységét?
4. Mi az entrópia és redundancia szerepe az információelméletben?
5. Hogyan határozhatjuk meg egy zajos csatorna maximális átviteli sebességét?
6. Kódolás és dekódolás.
7. Határozzuk meg az AM-modulált rádiócsatorna minimális átvitelisebesség-igényét:
sávszélessége: 60...4,5 kHz
jel/zaj viszony: 40 dB
8. Határozzuk meg az FM-modulált rádió minimális átvitelisebesség-igényét:
sávszélessége: 50...15 kHz
jel/zaj viszony: 60 dB
9. Határozzuk meg az analóg mágneses hangrögzítők (nem profi magnetofon) minimális átvitelisebesség-igényét:
sávszélessége: 60...8 kHz
jel/zaj viszony: 50 dB
10. Határozzuk meg az analóg videomagnók hangcsatornáinak minimális átvitelisebesség-igényét:
sávszélessége: 40...16 kHz
jel/zaj viszony: kb.70 dB
11. Határozzuk meg az digitális lézerlemezjátszó (CD) minimális átvitelisebesség-igényét:
sávszélessége: 10...20 kHz
jel/zaj viszony: 96 dB
12. 16:9 arányú fekete-fehér állókép információtartama.
13. Mekkora adatátviteli sebességre van szükség 30 kép/sec és 16:9 képarány mellett?
14. Mekkora a 16:9 arányú színes képben a szín információ tartama?
15. Mi a szerepe a Fourier-sorbafejtésnek és analízisnek a híradástechnikában?
16. Periodikus négyszögjel spektruma.

17. Határozzák meg a következő periodikus jel spektrumát.



18. Aperiodikus négyszögjel spektruma.

19. Határozzák meg a következő aperiodikus jel spektrumát:



20. Mi az alapvető különbség a periodikus és az aperiodikus jel spektruma között?

21. Melyik módszert alkalmazva tudjuk az LIT-hálózatokat számítani?

22. Melyek a tipikus szűrőparaméterek és miként határozzuk meg?

23. Mi jellemzi az ideális átvitelt?

24. Mi a különbség az ideális és valós szűrők között?

25. Szűrők felosztása.

26. Négyszögjel vagy a háromszögjel átvitele kritikusabb diszperz környezetben és miért?

27. Mivel jellemezhető az alapsávi jeltovábbítás?

28. Hogyan alakítjuk ki az ún. szemábrát?

15. Fejezet

Hálózatok szerkezete és szervezése

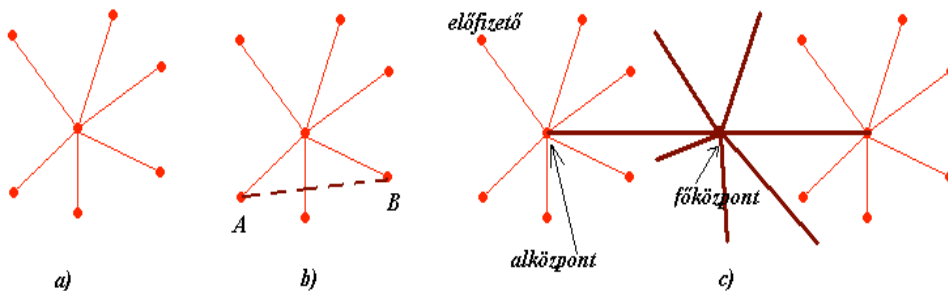
A SOROS/PÁRHUZAMOS, SZIMPLEX/DUPLEX, ASZINKRON/SZINKRON ADATÁTVITEL FOGALMA

Szimplex az egyirányú forgalom, amikor visszafelé történő adatforgalom nincsen, pl. a TV- és a rádióműsor ilyen. A *fél duplex* kétirányú forgalmat jelent, de a forgalom egy időben csak egy irányban történhet, erre jó példa a CB-rádiós forgalom. A duplex kapcsolat egyidejű kétirányú forgalmat jelent.

Egyirányú és kétirányú forgalom. A kommunikációs trónkókat a központok között lehet egyirányúnak vagy kétirányúnak szervezni. Ez azt jelenti, hogy ha *egyirányú* az adott átviteli vonal akkor azon csak egy irányba történik átvitel, míg a kétirányún a másik irányba is. A jól szervezett trónkók általában egyirányúak.

Hálózati topológia. Több alaptípust különböztetünk meg: a) teljes hálózatot amikor minden hálózati csomópont össze van kötve egymással, ebben az esetben a legnagyobb a redundancia a hálózaton belül, ami annyit jelent, hogy a legtöbb a lehetőség a rutolásra ha a forgalom azt megkívánja. b) *csillaghálózati* (következő ábra a) egy csomópontból ágazik el a többi csomópont felé, itt a legkisebb a hálózati redundancia. A csillaghálózaton belül a forgalom növekedése megköveteli két nem központi csomópont között az átkötést, de akkor már nem tisztán csillag szerkezetünk van. Vannak magasabb rendű több csillag hálózatot tartalmazó hierarchikus hálózatok (c) ábra). Az ábrán főközpont, alközpont és előfizető szint van.

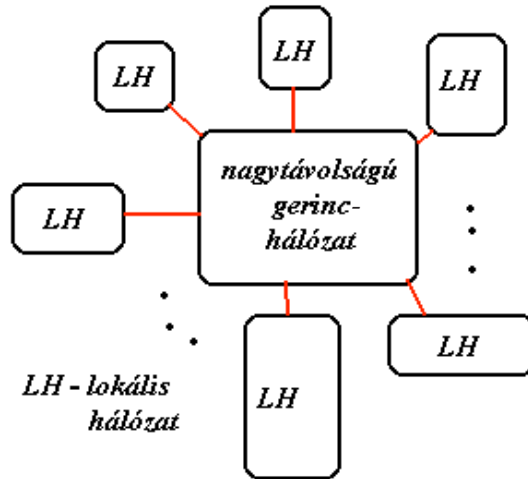
15.1. ábra. Csillaghálózatok szemléltetése.



TELEKOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZATOK ÉS SZOLGÁLTATÁSOK

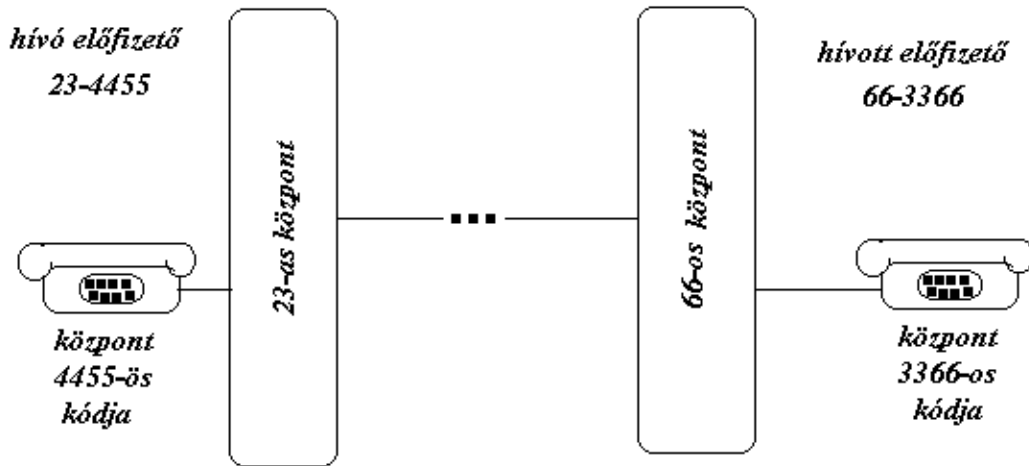
A nyilvános hírközlő rendszert fel tudjuk osztani két egymástól elkülönülő egységre, a nagytávolságú hálózatra és a helyi hálózatokra. Nagytávolságú, gerinchálózat köti össze a helyi hálózatokat (15.2. ábra).

15.2. ábra. A helyi hálózat csatolása a gerinchálózaton keresztül.



A végfelhasználó csomóponton keresztül csatolódik a hálózatra. A csatolódási pontok között helyezkedik el az egész hálózat. Maga a hálózat tartalmaz több olyan egységet amelyek elősegítik a kapcsolatfelvételt és a kapcsolattartást. Ilyen egyik fő eszköz a helyi hálózatot kezelő egység, vagyis a telefonközpont. A központoknak különböző hierarchikus szintjük van, amelyek különböző kommunikációs feladatokat látnak el. Ez automatikus a legtöbb esetben. Két vagy több felhasználó között minden kapcsolatfelvétel mindig a megfelelő központokon keresztül történik. A szignalizációs jeleknek több feladata van: alapfeladata a kapcsolatfelvétel és a kapcsolattartás mechanizmusának kezelése. A szignalizáció és az információjelek árama lehet egyenként analóg vagy digitális is.

15.3. ábra. Előfizetői kapcsolás központon keresztül.



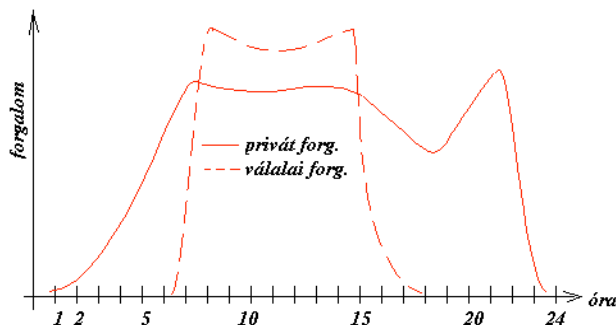
A szignalizációs jelek közül a legfontosabb szerepe a hívó telefonszámot megadó szignalizációs jeleknek van. Minden telefonelőfizetőt a megfelelő számmal azonosítunk, ez korlátozottan földrajzi helyzetet is megad. Figyeljük meg a következő telefonszámot pl.:

00-381-24-23-4567

ennek számnak több összetevője van. A 00 számpáros a külföld jelölése, 381 számkombináció az országot jelöli, ahova a hívás szól (egy-től három számig), 24 a megfelelő várost jelöli, a 23 a városon belül a megfelelő telefonközpontot és az utolsó négy számjegy pedig a telefonközponton belül a megfelelő előfizetőt. Ezt a négy számjegyet a központon belül is akár logikai vagy városrendezési egézszekre lehet bontani, amit alközpontok látnak el. Egy kapcsolattartást az előző ábra szemlélteti.

Fontos fogalom a forgalmas óra. A telefon- vagy ma már az információforgalom nem egyenletes hanem vannak forgalmasabb és kevésbé forgalmas időszakok a nap folyamán, a következő ábra szemléltet erre egy példát.

15.5. ábra. A napi forgalom.



A forgalmas óra a nemzetközi meghatározás szerint: Egy meg nem szakított 60 perces időszak a nap folyamán, amikor a legintenzívebb a forgalom. A forgalmas óra fogalmát a híradástechnikai vállalatok alkalmazzák a szükséges mátrixkapcsoló-számok meghatározásánál, valamint a megfelelő központok közötti vonalak számának meghatározásánál. Fontos bevezetni az *elvesztett forgalom* fogalmát is, ez az az eset amikor az előfizető kapcsolatot kívánt megvalósítani, de nem állt rendelkezésére vagy a kapcsolatot teremtő eszköz, vagy vonal. A jól megépített kommunikációs rendszerben az elvesztett forgalom 100-ból egy lehet.

MODEMEK. SZINUSZOS JELEK AMPLITÚDÓ-, FREKVENCIA- ÉS FÁZIS-MODULÁCIÓJA

Színuszmoduláció folyamán a színuszos vivőjel paramétereit (amplitúdó, vivőfrekvencia és fázis) változtatjuk, a moduláló $m(t)$, vagyis az információs jel függvényében:

$$u_m(t) = A_c \cos \Theta_c = A_c \cos(2\pi f_c t + \theta_c) \quad [15.1]$$

A színuszmoduláció két alaptípusát különböztetjük meg, az *amplitúdó-modulációt*, amikor az amplitúdó vagyis az A_c érték változik az $m(t)$ függvényben és az ún. *szögmodulációt* amikor a szög értéke változik a moduláló jel függvényében. A szögmodulációs eljárást felbonthatjuk két alaptípusra, ha a vivőfrekvenciát moduláljuk akkor *frekvencia-modulációról* beszélünk, ha pedig a fázist változtatjuk az $m(t)$ függvényében, akkor *fázis-modulációról* beszélünk.

Az amplitúdó-modulációs eljárásnak több alaptípusát különböztetjük meg. Van a két oldalsávós (double side band AM) DSB, konvencionális amplitúdó modulációs KAM, egy oldalsávós (single side band) SSB csonkaoldalsávós moduláció VSB, független oldalsávós AM, kvadratura-moduláció, stb.

A szögmodulált jelet általános esetben felírhatjuk a következő formában:

$$u(t) = A_c \cos(\Theta(t)) \quad [15.2]$$

ahol $\Theta(t)$ a jel pillanatnyi fázisa, innen a pillanatnyi frekvencia $f_i(t)$:

$$f_i(t) = f_c + \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \Theta(t) \quad [15.3]$$

amit a következő formában tudunk leírni:

$$u(t) = A_c \cos(2\pi f_i(t)t + \phi(t)) \quad [15.4]$$

A *PM*-rendszer esetében:

$$\Theta(t) = k_p m(t) \quad [15.5]$$

és az *FM*-rendszer esetében:

$$f_i(t) - f_c = k_f m(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \Theta(t) \quad [15.6]$$

ahol k_p és k_f a fázis- és frekvencia-eltérési állandók.

A fenti összefüggések alapján:

$$\Theta(t) = \begin{cases} k_p m(t) & PM \\ 2\pi k_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau & FM \end{cases} \quad \text{vagy} \quad [15.7]$$

$$\frac{d\Theta(t)}{dt} = \begin{cases} k_p \frac{dm(t)}{dt} & PM \\ 2\pi k_f m(t) & FM \end{cases} \quad [15.8]$$

MODEMEK ÉS MULTIPLEXELÉS

A modulációs technikával megvalósítható a frekvencia-multiplexálás. A frekvencia-multiplexálás segítségével a frekvencia tartományban egymás mellé tudunk helyezni több alapsávi jelet, így egy átviteli médiumot pl. kábelt alkalmassá tudunk tenni egyidejűleg több alapsávi jel átvitelére.

A multiplex olyan típusú átvitel, amiben ugyanaz a rendszer több független információ átvitelét valósítja meg. Alapjában két alaptípust: a *frekvencia-osztásos* és az *időosztásos rendszert* különböztetünk meg.

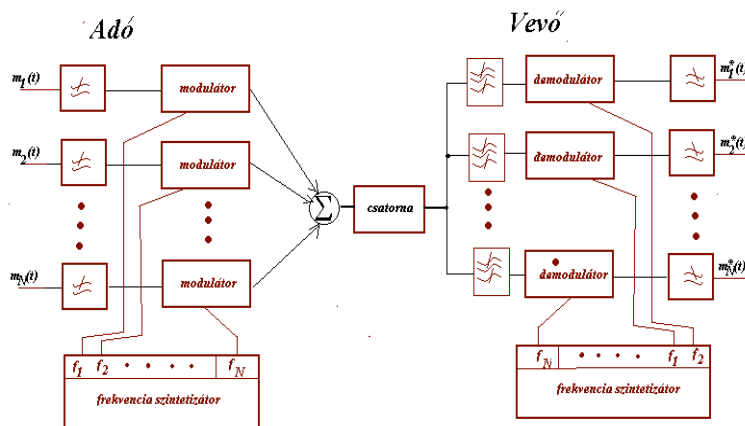
Ebben a fejezetben a frekvencia-osztásos multiplexeléssel foglalkozunk aminek jelölése FDM (Freq. Division Multiplex).

Ilyen rendszerben minden egyes független jelspektrumot külön-külön analóg modulációs technika segítségével a jel eredeti frekvencia-tartományából egy előre meghatározott tartományba eltolunk. Ezáltal lehetővé válik az, hogy ezeket a jeleket egymás mellé helyezzük a spektrumban anélkül, hogy egymást átfednék. Az így létrejött egységjelet egy átviteli rendszeren lehet átvinni. Az így megvalósítható multiplex rendszer blokkképe a 15.6. ábrán látható.

A demultiplexer a multiplex jelet szűrőkkel úgy választja szét, hogy minden csatornába az a jelspektrum jut, amelyik ahhoz a csatornához tartozik.

A multiplex átvitel hasznos rendszer, bár drága és összetett berendezésekkel valósítható meg, de a közös vonal sokkal olcsóbbá teszi az egész rendszert mintha minden csatorna rendelkezne független vonallal. Ez nem vonatkozik a nagyon rövid vonalakra. Mivel a hálózatok nemzetközi rendszert képeznek így a frekvenciasávokat szabványosítani kell. Ezek a frekvenciaosztások a CCITT publikációiban találhatók.

15.6. ábra. A szükséges hardver sematikus ábrázolása.



KÉRDÉSEK

1. Mi a különbség a soros és párhuzamos átvitel között?
2. Miben különbözik a szimplex és a duplex átvitel?
3. Hol alkalmazzák a soros és hol a párhuzamos átvitelt?
4. Hogyan van felépítve a híradástechnikai hálózat?
5. Miként történik a csatolás két előfizető között?
6. Hogyan oszlik meg a napi forgalom?
7. Miként osztjuk fel a modulációs eljárásokat?
8. Miért van szükség jel multiplexelésre, és milyen eljárások vannak?
9. Modem szerkezete és működése.

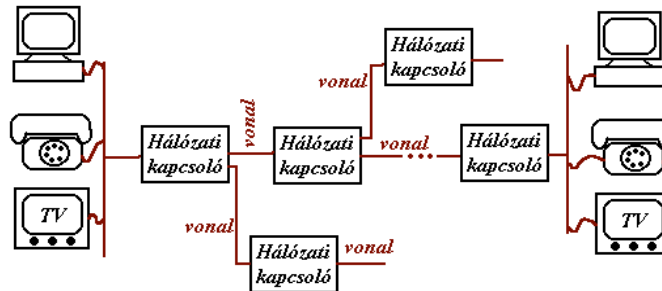
16. Fejezet

Átviteli közegek

Híradástechnikai rendszerek a következő alkotóelemeket tartalmazzák:

- a felhasználót kiszolgáló egységek, pl. TV készülék, telefon készülék stb.,
- a hálózati kapcsoló pontok vagy elágazó pontok, valamint
- az átviteli közeget illesztő elemekből épül fel.

16.1. ábra. Telekommunikációs rendszerek szerkezeti elemei.



Az átviteli közeget, valamint az elektronikához illesztő elemet is szűrőnek tekinthetjük az analízisben. A szűrőt nem kötelezően kell lineárisnak tekinteni, de az első lépésben jó közelítéssel annak tekinthetjük.

Ahhoz, hogy átviteli rendszert építsünk ki fontos megismernünk a közeget amin keresztül továbbítjuk az információt az egyik ponttól a másikig. Szintén fontos megismerni a közeghez való illesztés technikáját az adás és a vétel oldalán is. Több átviteli közeget is alkalmaznak:

- rádió- és űrtávközlési átvitel,
- száloptika,
- koaxiális kábelek és
- sodort érpárok.

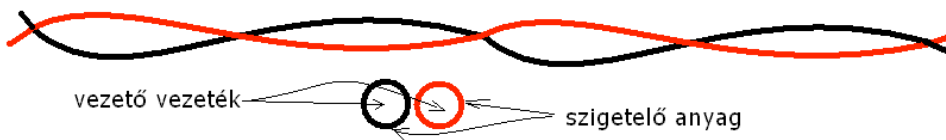
Részletesebben két rendszerrel foglalkozunk, a mikrohullámú rádióátvitellel, valamint a fényszálas technikával.

VEZETÉKES ÁTVITEL

Az első csoportba tartoznak a vezetékes, vagy fizikailag összekötött (bounded) kapcsolatok. Ezeket a kapcsolatokat nehezebb lehallgatni. Gyakran a meglévő infrastruktúrát kell felhasználni.

A csavart érpár valójában két szigetelt, egymással összecsavart rézhuzalból áll. A 4 érpár lehet árnyékolatlan (UTP, Unshielded Twisted Pair), illetve árnyékolat (STP, Shielded Twisted Pair) felépítésű. Fontosabb jellemzője, hogy: könnyen szerelhető, strukturált, egyszerűen bővíthető, zajérzékeny, limitált a sáv szélessége, valamint lehallgatható.

16.2. ábra. A csavart érpár szerkezete.

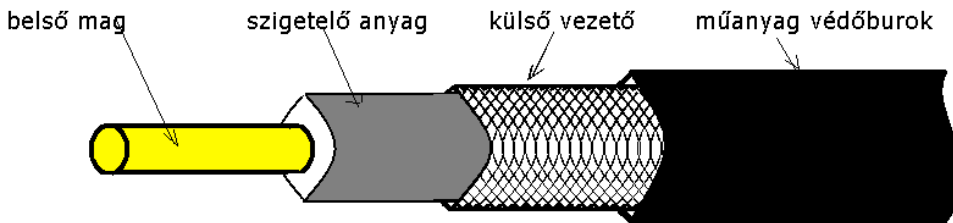


Az elektromágneses mező csak 0 frekvencia esetén halad teljesen a vezetőkben. Ahogy a frekvencia nő, az elektromágneses tér egyre inkább a vezetők kívül, a szigetelésben és a levegőben terjed, a vezetőkbe csak egy kicsit hatol be. A csavart érpár két összesodort vezeték, meghatározott csavarás számmal. A sodrás biztosítja, hogy az érpár környezete felé szimmetrikus legyen, így alacsony a sugárzása. Ez egyben azt is jelenti, hogy a környezeti zavarokat is erősen csillapítva veszi fel.

Az UTP-kábeleknél általában az RJ-45 típusjelű telefoncsatlakozót használják a csatlakoztatásra.

A koaxiális kábel közepén tömör rézhuza helyezkedik el, ezt egy szigetelő réteg veszi körül, majd erre egy árnyékoló fémréteg kerül ami jól árnyékolja a belső eret, majd egy újabb szigetelő zárja a kábel belső elemeit a külvilágtól. A koaxiális kábel jellemzője a hullámimpedancia, a csillapítás a frekvencia függvényében és a késleltetési idő. Szabványos hullámimpedancia értékek: 50, 75, 93, 110 ohm. A koaxiális kábelt lehet alapsávú és szélessávú átvitelre is használni. T-csatlakozót (vékony koax esetén) vagy ún. vámpír csatlakozót (vastag koax esetén) alkalmaznak a számítógép csatlakozásánál. Előnye a nagy sávszélesség, nagy távolság, zajérzékletlenség. Viszont lehallgatható, rendkívül sérülékeny és nehézkesen szerelhető.

16.3. ábra. A koaxiális kábel szerkezete.



Alapsávú koaxiális kábel (coaxial cable) kétfajta létezik. Az egyik típus az 50 Ω -os, amit digitális átvitelre használnak a másik típus 75 Ω -os analóg jelek átvitele esetében. Az elérhető adatátviteli sebesség a kábel hosszától függ. Ez a sebesség 1km kábel esetében akár 1–2 Gbit/sec sebességű adatátvitel is lehet. Szélessávú (broadband) koaxiális kábel az analóg átviteli módot biztosítja. A sávszélesség általában 300–700MHz. Egy TV-csatorna sávszélessége 6MHz ami egy csatornán 3Mbit/sec-os adatátvitelt biztosít. A kétirányú adatátvitel biztosítása érdekében egy vagy kétkábeles rendszereket fejlesztettek ki. Alsómetésű rendszer esetében: 5–30 MHz közötti frekvencián történik az adás és 40 és 300 MHz közötti frekvencián a vétel. Középmetszésű rendszer: 5–116 MHz adás, 168 és 300 MHz vétel.

MIKROHULLÁMÚ ÁTVITELI RENDSZEREK

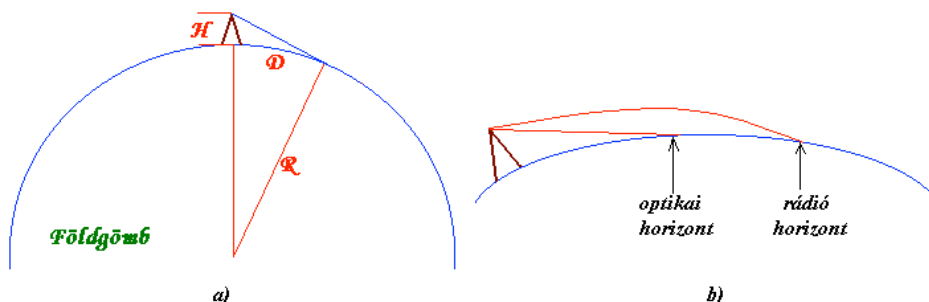
Mikrohullámoknak az 1 és 1000 GHz frekvenciatartományba eső elektromágneses hullámokat szokták nevezni. A mikrohullámú rendszereknél fontos az optikai rálátás. Két rendszert tudunk megkülönböztetni, a földi valamint űrtávközlő rendszert. A földi mikrohullámú rendszereket valójában láncszerűen fűzik fel, ezáltal ún. mikrohullámú láncot kapunk. Ilyen rendszerben a két végállomás között két vagy több átjátszó

állomás segítségével történik az átvitel. Az átjátszóállomás lehet passzív vagy aktív. Egy ilyen láncban az átjátszók közötti távolság 30 km körül van, az átviteli paramétereiktől függően.

A mikrohullámok egyenes vonalban terjednek, ezért az adó és a vevő között optikai rálátás szükséges, a Földön előforduló akadályok jelentősen csillapítják a hullámokat és mögöttük a vétel elvileg nem lehetséges.

Ha a földfelszínt síknak feltételezzük, akkor is csak korlátozott távolságban látnák egymást az antennák a különböző domborzati egyenetlenségek miatt, de a földfelszín nem sík hanem görbülettel rendelkezik.

16.4. ábra. a) A paraméterek definíciója b) Az optikai és rádióhorizont szemléltetése.



így az átlátási távolság nagy mértékben csökken, a következő kifejezéssel számítható:

$$D = \sqrt{2RH} \quad [16.1]$$

a Föld sugara $R=6370 \text{ km}$. Az antenna magassága H . Ezek a kifejezések a légüres térre érvényesek.

A Föld körüli légréteg törésmutatója eltér a vákuumétól. A számításokban alkalmazzák a szabványos légter fogalmát, ahol a törésmutató csak a magasságtól függ:

$$n = 1 + 289 \cdot 10^{-6} e^{-0.136h} \quad [16.2]$$

a h tengerszint feletti magasság km-ben kifejezve. A hullámterjedés elmélete szerint az elektromágneses hullám a nagyobb törésmutatójú közeg felé hajlik, ez azt jelenti, hogy a Földfelszín változását követi, így az elektromágneses hullám „látó távolsága megnő” ezt a jelenséget *rádióhorizontnak* nevezzük. A látótávolság-növekedés légkör esetében kb. 16%. Ez a jelenség úgy értelmezhető mintha a Föld sugara megnőtt volna, a növekedés mértéke 4/3-os, vagyis a látszólagos Földsugár így: $4/3 \cdot 6370 \text{ km} \approx 8500 \text{ km}$

az első kifejezésbe való helyettesítés után az antennamagasságot méterben kifejezve a következő kifejezést kapjuk a rádióhorizont nagyságára:

$$D = 4.1\sqrt{H} \quad [16.3]$$

a D távolságot kilométerben kapjuk meg. Ez a kifejezés abban az esetben alkalmazható ha egy antenna van. Ha viszont két antenna alkot egy rendszert, akkor a két antenna rádióhorizont összege adja meg a D távolságot:

$$D_E = 4.1\left(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}\right) \quad [16.4]$$

ahol a H_1 és H_2 az antennák magassága.

Terjedési paraméterek

A vevőérzékenység-számításoknál fontos a vevőantenna helyén a várható térerősség mértékét meghatározni, így határozható meg az adóantenna és a vevőantenna érzékenysége.

A számításokban feltételezzük, hogy a vevőantenna optikailag látja az adóantennát, a szabad terjedés biztosítva van, a vevőre jutó teljesítmény:

$$P_R = P_T - (L_0 + L_T + L_F + L_A - G_T - G_R) [dB] \quad [16.5]$$

L_{AT}

ahol:

- P_T adóteljesítmény,
- G_T adóantenna nyeresége,
- G_R vevőantenna nyeresége,
- L_0 a szabad térben jelentkező csillapítás,
- L_T rádiófrekvenciás elektronikán és a tápvonalakon jelentkező csillapítás,
- L_F fading okozta csillapítás,
- L_A az atmoszférikus csillapítás
- L_{AT} szakaszcsillapítás, ez a mennyiség nagyon függ az adó és a vevő közötti viszonytól.

Szabadtéri csillapítás nagyságát a következő kifejezés segítségével határozhatjuk meg:

$$L_0 = \frac{16\pi^2 f^2 D^2}{c^2} \quad [16.6]$$

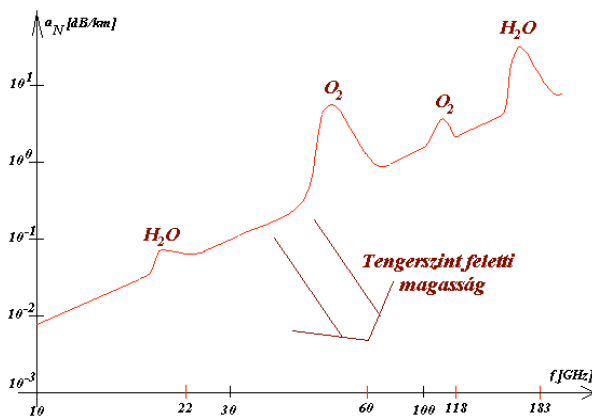
ha az f értéket GHz-ben, D értékét km-ben és a fény terjedését km/s-ban behelyettesítjük, dB-ben kifejezve a következő kifejezést kapjuk:

$$L_{0dB} = 92.5 + 20 \log f + 20 \log D \quad [dB]$$

A földi mikrohullámú rendszereknél adalékos csillapítás jelentkezik a páratartalom, köd, esőcseppek és az oxigén miatt. Ezek a csillapítások erősen frekvenciafüggőek.

A frekvenciasávban jelentkeznek olyan hullámhosszok, amelyeken az oxigén- és a vízmolekulák rezonálnak és ezáltal nagy energiát vonnak el a elektromágneses tértől, így növelve a teljes csillapítást ezeken a frekvenciákon. A következő ábra szemlélteti az oxigén- és vízmolekulák hatását az átvitelre.

16.5. ábra. Víz- és oxigénmolekula hatása a csillapításra.



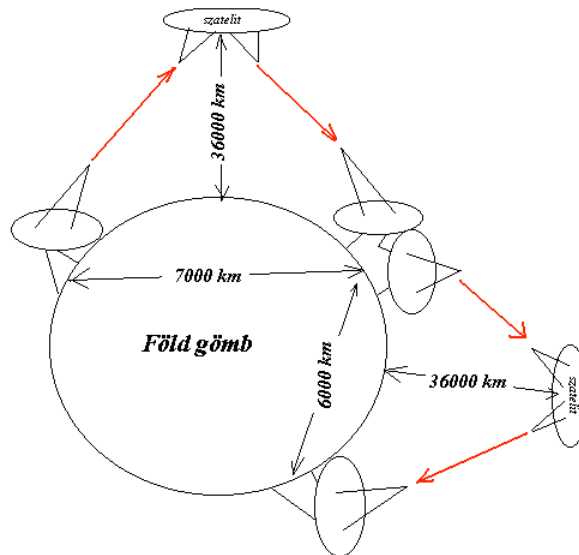
Hasonló jelleggel fogunk találkozni az üvegszálaknál is. De az üvegszálaknál a csillapítás mellett a víznek eróziós hatása is van az üveganyagra. A szabadtéri víz- és oxigéncsillapítási hatást katonai mikrohullámú kommunikációs eszközökben a kommunikációs távolság behatárolására szokták célzottan alkalmazni. Fontos megemlíteni, hogy a tengerszint feletti magasság a levegősűrűség csökkenése következtében csökkenti a csillapítás mértékét, amint az az ábrán is látható (nyílirány szemlélteti). A nagyobb átviteli távolsá-

gok megvalósítása esetében alacsonyabb frekvenciák ajánlottak, míg a magasabb frekvenciákon rövidebb távok áthidalása célszerű.

TERJEDÉS AZ ŰRTÁVKÖZLÉSBEN

Az űrtávközlés-technikára is vonatkozik a 15.3 alfejezetben kifejtett elmélet. A műholdnak minden földi felhasználót látnia kell. A legtöbb esetben a vett jel sokkal kisebb teljesítményszintű mint a földi mikro-hullámú rendszereknél, de nincs fading. A folytatásban csak a geosztacionáris rendszerekkel foglalkozunk.

16.6. ábra. Geosztacionáris kommunikációs hálózat elvi felépítése.



Itt nagyon nagyok a távolságok amiket a hullámoknak be kell járni, ezért a terjedési csillapítások is nagyon nagyok, így 4.2 GHz-en 196 dB, 6 GHz-en 199 dB és 14 GHz-en 207dB. Ez a nagy csillapítás nagy műszaki problémákat jelent amiket meg kell oldani. Nagyok a terjedési késések is, földi állomástól a műholdon keresztül vissza a másik földi állomásig 250 ms érték.

Fontos a műholdrendszerek vevőinél meghatározni G/T-tényezőt. Ezt a tényezőt számítástechnikailag a következő formában írjuk:

$$G/T = G_{dB} - 10 \log T_{rendszer} \quad [16.7]$$

a rendszerhőmérsékletet két tényező építi fel:

$$T_{rendszer} = T_{antenna} + T_{vevő} \quad [16.8]$$

az antenna-zajforrások magukba foglalják a világűri zajt (Tsky) és más ohmikus zajokat amelyeket az antenna szerkezeti elemei hoznak létre. A Tvevő megfelel a vevő zajtényezőjének.

FÉNYTÁVKÖZLÉSI RENDSZEREK

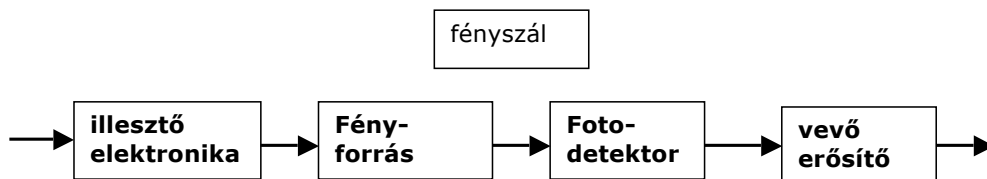
A fénytávközlő rendszereket különböző alkalmazásokra korszerű optoelektronikai komponensek és egységek valamint a fejlesztések biztosítják. Ezen alkalmazásokon kívül az optikai adók és vevők és szálak alkalmasak más érzékelők pl. hőmérséklet, nyomás, gyorsulás stb. megvalósítására is.

Ebben az alfejezetben feldolgozzuk a fénytávközlési rendszerek tervezési folyamatát.

A fénytávközlési rendszerek tartalmazznak adót (LED-diódát vagy lézerciódát), vevőt (PIN-fotódiódát vagy lavinadiódát), valamint átviteli médiumot (szabad tér vagy optikai szál). Továbbiakban fényszál rendszerekkel foglalkozunk részletesebben.

Az optikai fényszál rendszer megbízható, gazdaságos, ellenálló az elektromágneses zavarokra, valamint nagyon széles átviteli sávot biztosít. A legegyszerűbb rendszer egy adót és egy vevőt tartalmaz, míg az összetettebb rendszerek tartalmazznak regeneráló egységeket, multiplekszerket és különböző egységeket a nagyszámú felhasználó kiszolgálására.

16.7. ábra. Fényátviteli rendszer.



Az egyszerű rendszer felépítésében több problémával találkozunk:

- az adó és a vevő közötti távolság,
- digitális adatsebesség vagy sávszélesség,
- hibavalószínűség vagy jel/zaj viszony.

Ahhoz, hogy a tervező megvalósítsa a feladatot, helyesen kell megválasztani az elemeket, ismerve a rendszerelemek jellegét (karakterisztikáit), ezek:

Fényszál többmódusú vagy egymódusú

- a magméret valamint a törésmutató-változás jellege,
- az átviteli sávszélesség,
- csillapítás mértéke,
- numerikus apertúra.

Fényforrás PIN-dióda vagy lézerdióda

- a munkaponti hullámhossz,
- a sávszélesség, multimódusú vagy monomódusú (lézerdióda),
- kimenő teljesítmény,
- sugárzási nyílás, sugárzási diagram.

Fényjel detektor PIN- vagy lavinadióda

- konverziós tényező,
- hullámhossz tartomány,
- a válasz sebessége,
- érzékenység, zaj.

Az adó és a vevő, valamint a kapcsolat hosszát meg lehet határozni két alapkritérium szerint:

1. Az adó teljesítménye és a vevő érzékenysége közötti viszony,
2. a szükséges sávszélesség a modulált optikai vivő átvitelére.

Az elemek számítása közben figyelembe kell venni járulékos veszteségeket amelyeket a konnektorok, a későbbi toldások okoznak, az adók öregedését, valamint a hőmérsékleti változások hatását. A részletes analízis magában foglalja a szimbólumok közötti interferencia hatását (digitális rendszereknél), deformációkat (analóg rendszereknél), a zajok különböző hatását. A rendszer statisztikai analízise részletes taglalást biztosít az optimalizációs eljárások folyamán, ezek az eljárások csak nagy kapacitású számítógéppel valósíthatók meg.

A fényszál széles átviteli sávja lehetővé teszi a szál többszöri kihasználását, alkalmazva a hullámhossz multiplexet, ilyen rendszerekben egyetlen szálon több modulált optikai vivőt alkalmaznak egy vagy két irányban.

Optikai multiplexszereket és demultiplexereket fel tudjuk osztani két csoportra attól függően, hogy szelektív a hullámhossz szerint vagy nem.

Az olyan optikai telekommunikációs rendszer, amely hullámhossz-multiplexert tartalmaz, többszörösen megnöveli a fényvezető információs kapacitását, másrésről egy ilyen rendszer nagyon rugalmas. A fény-szál többszörös felhasználása gazdasági szempontból is indokolt. A multiplex rendszerek elősegítik a szélessávú független elfizetői disztribúciós telekommunikációs rendszer kiépítését.

FÉNYHULLÁMVEZETŐ

Átviteli médiumként dielektromos hullámvezetőt alkalmaznak. A fényhullámvezetőnek két része van, a *mag* és a *köpeny*. A két réteg törésmutatóinak viszonya:

$$n_0 < n_1 < n_2$$

ahol 0 index a szabadterre, az 1 a köpenyre és a 2 index pedig a mag törésmutatójára vonatkozik.

Két különböző alaptípusú fényszálat különböztetünk meg:

- step index fényszálat ahol a köpeny és a mag törésmutatójának az értéke állandó,
- gradiensindex.

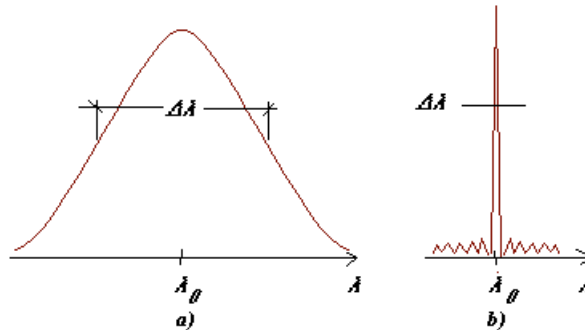
A veszteségek az átvitel folyamán függnek a hullámvezető magjának átmérőjétől. Alapszabály: minél nagyobb az átmérő, annál kisebbek a veszteségek, ennél az oknál fogva kezdetben az átmérőt nagyobbra vették (másrésről a technológia sem engedett volna kisebb átmérőket). A nagyobb átmérő miatt az átvitel folyamán magasabb módusok is keletkeznek, ezeket a szálatat több módusú vagy multimódusú fényszálnak nevezzük. A fényszál gyártástechnológiájának fejlődésével lehetővé vált a magátmérő olyan mértékű csökkentése, hogy az ilyen szálon csak egy módus tud áthaladni, az ilyen fényszálat monomódusú szálnak nevezzük. Ma már a professzionális hírközlő rendszerek építésénél csaknem teljes egészében monomódusú szálatat alkalmaznak. A monomódusú szálaknál a csillapítás egységnyi hosszra jutó értéke sokkal kisebb, mint a többmódusú szálaknál.

FÉNYTÁVKÖZLÉSI ADÓK

Fénytvközlő rendszerekben nagyhatásfokú fényemittáló diódát és lézert alkalmaznak. Mind a dióda mind a lézer félvezető szerkezetű. Diódák léteznek a megfelelő frekvenciasávokra. A megbízhatóságuk nagy, a leadott teljesítményük elegendő, ugyanakkor kisméretűek. A fényemittáló diódák híradástechnikai tulajdonsága a leadott fényteljesítmény, a modulációs sáv szélesség valamint a zajteljesítmény. A LED és lézerdióda

emittált spektrumát mutatja a következő ábra. Amint látható a LED-dióda spektruma nagy $\Delta\lambda$ értékű, míg a rezonanciahatás miatt a lézardióda kisugárzott spektruma szűk, jóval kisebb $\Delta\lambda$ értékű mint a LED-diódaké.

16.8. ábra. Fényspektrum a) LED-dióda b) lézardióda esetében.



Részletesebben csak a lézardiódákkal foglalkozunk.

A fényadó csatolása a fényszálhoz egy gyárilag beépített fényszál darabbal történik. A csatolás hatásfoka LED-dióda esetében párszázalékos míg a lézardióda esetében 50% feletti. Nehéz megvalósítani ipari körülmények között a lézardióda és a fényszál illesztését megfelelő hatékonysággal. A már gyárilag illesztett fényszál szerkezetileg megegyezik az átvitelre előkészített fényszállal, így a fénytávközlési rendszerépítés csak az üveg fényszálak egymáshoz illesztésére korlátozódik.

Ha félvezető lézert megfelelően polarizálunk akkor fotonokat bocsát ki. Maga a félvezető lézer téglatest fényrezgőkör, a keresztmetszet-felületet úgy kell megválasztani, hogy csak egy típusú hullámforma jöhessen létre. Hosszanti irányban a szál több hullámhossz méretű, több különböző longitudinális hullámforma keletkezik. A lézerek egyes kategóriájában ezek a hullámok nem szétválaszthatók, így a lézer egymástól kismértékben különböző módusokkal rezeg. A modernebb lézerek esetében az üregveszteségek szabályozásával csak egy típusú hullám formálódik (SLM-Single Longitudinal Mode). A fény nagyon keskeny sugárban jön ki a lézerből, amit jó hatásfokkal lehet a fényszálba betáplálni.

Lézardiódák fényteljesítménye nagyban függ a hőmérséklettől és a gerjesztő áramtól. A lézerfény csak akkor modulálódik, ha az áram meghalad bizonyos küszöbszintet. A küszöbfeletti fényteljesítmény közel lineáris viszonyban van a gerjesztő árammal. Ideális esetben egy elektron egy fotont gerjeszt. Így a fényteljesítmény jó közelítéssel a következő kifejezéssel írható le:

$$P = \eta_{\text{külső}} * (I - I_{\text{küszöb}}) * h * f / e \quad [16.9]$$

ahol h - a Planck-állandó, f frekvencia és az η külső a fotonok képzésének hatásfoka, erre különböző mechanizmusok hatnak.

A lézerdióda teljesítménye $3\text{--}10\text{ mW}$.

FÉNYTÁVKÖZLÉSI VEVŐK

A fotodiódák átalakító elemek, amelyek a fénytartományból a jeleket az áramtartományba alakítják át. Két félvezető alaptípust különböztetünk meg a PIN- és a lavinadiódákat. A lavinadiódák alkalmazása csak specifikus esetekben engedélyezett, ha adott rendszeren PIN-diódás vevővel adott bitsebességet nem tudnak elérni. A lavinadiódás vevő sokkal összetettebb mint a PIN-diódás vevő. A lavinadiódás vevő esetében fontos ellenőrizni a munkahőmérsékletet, a tápfeszültséget (pár száz V értéken) igen szűk tartományokban.

PIN-diódák ideális esetben egy fotonból egy elektront állítanak elő, ettől eltérő esetre vezették be a dióda kvantumhatásfokát az η_e értéket, ekkor az áramérték:

$$I = \eta_g * P * \frac{e}{hf} \quad [16.10]$$

A lavinadiódáknál egy foton több elektront is kilök a lavinahatás eredményeként:

$$I = M * \eta_g * P * \frac{e}{hf} \quad [16.11]$$

ahol M a lavinahatás multiplikációs együtthatója.

KÉRDÉSEK

1. Hírközlő rendszerek felosztása.
2. Mi a szerepe az átviteli közegnek a híradástechnikai rendszerekben?
3. Hogyan osztjuk fel az átviteli közegeket?
4. Vezetékes átvitel eszközei.
5. Mikrohullámú átviteli rendszerek jellemzői.
6. Mi a különbség az optikai- és a rádióhorizont között?
7. Mekkora a szakaszcsillapítás egy mikrohullámú kapcsolatban?
8. Miként határozható meg a maximális kommunikációs távolság két mikrohullámú antenna között?
9. Miként hat a víz a mikrohullámú átvitelre?

10. Az úrtávközlő rendszer jellemzői.
11. Fénytvávközlő rendszer felépítése.
12. Milyen előnnyel rendelkeznek a fényszálas rendszerek?
13. Miként tudjuk felosztani a fénytávközlő rendszerekben szereplő építőelemeket?
14. Fényhullámvezető szerkezete.
15. Miben különbözik a monomódusú fényszál a multimódusú fényszáltól?
16. Fénytvávközlési adók felosztása. Miben különböznek szerkezetben és működési elvben ezek az eszközök?
17. Fénytvávközlési vevők felosztása.

17. Fejezet

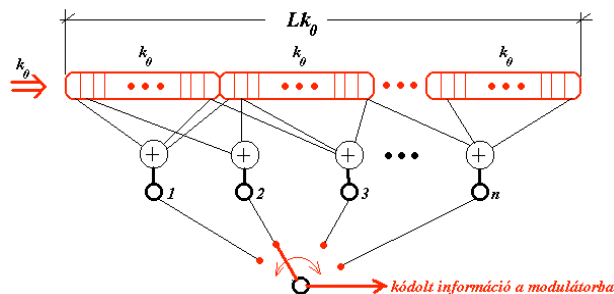
Kódoláselmélet

VONALKÓDOLÁS

Blokk-kódolásnál az információs sort blokkokra osztjuk. A blokk hossza k , minden blokk n hosszúságú blokkra van leképezve a csatorna bemenetén. Ez a leképezés független az előző blokkoktól, vagyis itt nincs memóriaelem, ami memorizálja a blokkot a másik blokk számára.

Konvolúciós-kódoknál $k_0 L$ léptető regisztert (memória elemeket) használunk, amint az a következő ábrán is látható.

17.1. ábra. Regiszterek a konvolúciós kódolásnál.



A léptető regiszterbe k_o információs bit kerül be és n_o bit kerül ki, amely lineáris kombinációja, különböző léptető regiszterek bitjeinek. Ez az n_o bit nem csak az utolsó k_o bittől függ, hanem az előző $(L-1)$ k_o bittől is. Az $m = L * k_o$ értéket konvolúciós kód kényszerhosszának nevezzünk. A konvolúciós kód lehetséges állapota $2m$ -ko. A konvolúciós kód hatásfoka definiálható:

$$Rc = k_o / n_o \quad [17.1]$$

Alapvető különbség a blokk-kódok és a konvolúciós-kódok között az, hogy a konvolúciós kódoló memóriaelemeket is tartalmaz, ezért sokszor emlékeztetel rendelkező rendszernek is nevezzük.

Mind a blokk és mind a konvolúciós kódolásnál a szükséges redundanciát a járulékos bitek beiktatásával, majd az ennek megfelelő járulékos szimbólumok átvitelével valósítjuk meg. Ezzel a jel sebessége megnő, ezért nagyobb sáv szélességre van szükség.

GENERÁTOR ÉS PARITÁS ELLENŐRZŐ MÁTRIXOK

Az alábbi lineáris blokk kód (n, k) a következő információs sorra vonatkozik:

$e1 = (100, \dots, 0)$, $e2 = (0100 \dots 0)$, $e3 = (0010 \dots 0)$, ..., $ek = (000 \dots 01)$

meghatározott $g_1, g_2, \dots, g_k$, ahol g_i n hosszúságú sor.

Az $x = (x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n)$ információs sort felírhatjuk mint:

$$x = \sum_{i=1}^k x_i e_i \quad [17.2]$$

és a megfelelő kódsor:

$$C = \sum_{i=1}^n x_i g_i = xG \quad [17.3]$$

Ha létrehozunk egy generátormátrixot:

$$G = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \dots \\ g_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{1n} \\ & & \\ & & \\ g_{k1} & g_{k2} & g_{kn} \end{bmatrix} \quad [17.4]$$

A generátormátrix teljességében leírja a kódot. Ha megvan a generátor mátrix, az enkódoló szerkezete nagyon egyszerűen megszerkeszthető.

HIBADETEKTÁLÁS ÉS HIBAJAVÍTÁS

Definíció szerint a minimális távolság, vagy Hamming-távolság a kódon belül, két kódszó között:

$$d_{\min} = \min_{\substack{i \neq j \\ c_i, c_j}} d(c_i, c_j) \quad [17.5]$$

Határozzuk meg a következő kódszavak közötti minimális távolságot:

$$\mathbf{C} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \begin{aligned} d_{12} &= 4 \\ d_{13} &= 3 \\ d_{14} &= 3 \\ d_{23} &= 5 \\ d_{24} &= 1 \\ d_{34} &= 6 \end{aligned}$$

Ennek a kódnak a minimális távolsága 1 (egy).

Legyen C kód, $d_{\min}$ minimális kódtávolságú kód. Ahhoz, hogy k számú hiba esetén minden hibát jelezni tudjunk, teljesülnie kell a következő feltételnek:

$$d_{\min} > k \quad [17.6]$$

ahhoz, hogy j számú hiba esetén minden hibát javítani tudjunk, teljesülnie kell a következő feltételnek:

$$\text{int} \left[\frac{d_{\min} - 1}{2} \right] > j \quad [17.7]$$

CIKLIKUS KÓDOK

Ciklikus kódok a lineáris kódok alapsorozatját alkotják, azzal a további tulajdonsággal, hogy ha c kódszó, a ciklikus elmozdítása is kódszó.

Ciklikus kódokat a továbbiakban polinom formájában írjuk le úgynevezett kódszó-polinom formában.

A kódszó-polinomot, $c = (c_1, \dots, c_n)$ definiáljuk a következő formában:

$$C(p) = \sum_{i=1}^n c_i p^{n-i} = c_1 p^{n-1} + c_2 p^{n-2} + \dots + c_{n-1} p + c_n \quad [17.8]$$

Az a kódszó-polinom $C^{(1)} = (c_2, c_3, \dots, c_n, c_1)$ amit ciklikus elmozdítással kaptunk:

$$C^1(p) = c_2 p^{n-1} + c_3 p^{n-2} + \dots + c_n p + c_1 \quad [17.9]$$

Ha a kiinduló $C(p)$ kifejezést jobbról és balról beszorozzuk p -vel akkor:

$$pC(p) = c_1 p^n + c_2 p^{n-1} + \dots + c_{n-1} p^2 + c_n p \quad [17.10]$$

Majd hozzáadunk jobbról és balról c_1 értéket:

$$pC(p) + c_1 = c_1 p^n + c_2 p^{n-1} + \dots + c_{n-1} p^2 + c_n p + c_1 \quad [17.11]$$

Feltételezve, hogy az összeadás és a kivonás ekvivalens művelet, felírható a következő formában:

$$pC(p) + c_1 = c_1 p^n + C^1(p) \Rightarrow pC(p) = C^1(p) + c_1 (p^n + 1) \quad [17.12]$$

vagy

$$C^1(p) = pC(p) \pmod{p^n + 1} \quad [17.13]$$

Ha az elmozdítást több mint egyszer elvégezzük, akkor szintén kódszót kapunk. Általános esetben, a kódszó i -edik elmozdítása:

$$C^i(p) = p^i C(p) \pmod{p^n + 1} \quad [17.14]$$

Ha $i=n$ akkor könnyen belátható, hogy

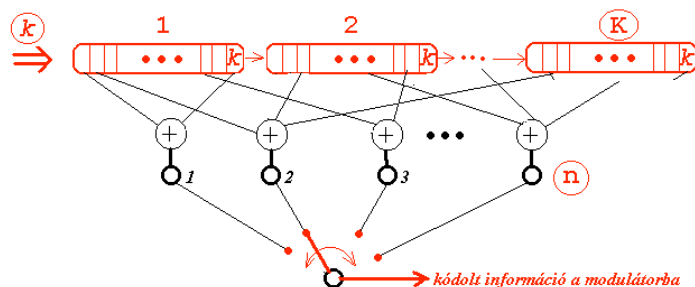
$$C^n(p) = C(p)$$

[17.15]

KONVOLÚCIÓS KÓDOLÁS

Alapvető különbség a blokk-kódok és a konvolúciós-kódok között az, hogy a konvolúciós-kódoló memóriaelemeket is tartalmaz, ezért emlékezzettel rendelkező rendszernek is nevezzük. A generátormátrixszal le tudjuk írni a konvolúciós kódot hasonlóan mint a blokk-kódokat. Alapvető különbség a blokk-kód és a konvolúciós-kód generátormátrixa között, hogy a konvolúciós-kód generátormátrixa közel végtelen, mert a bejövő információs bitek sora közel végtelen hosszú. A konvolúciós-kódolás alapparaméterei: K léptető regiszter csoportok száma, k egy léptetőregiszter-csoporton belül a regiszterek száma és n a kimenő bit-csoport hossz.

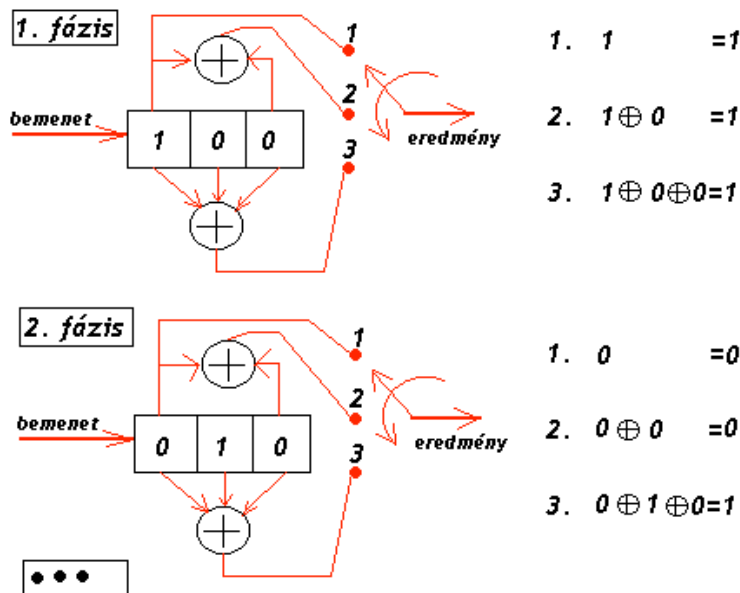
17.2. ábra. Az ábra szemlélteti a lényeges paramétereket a konvolúciós kódolásnál.



Egy egyszerű problémán szemléltetjük a konvolúciós kódolás folyamatát, $K=3$, $k=1$ és $n=3$. Kezdő feltevésként feltételezzük, hogy minden léptető regiszter nulla állapotban van.

- Feltételezzük, hogy a kezdő bit 1. Ekkor a kimenő három bit állapota 111.
- A második bit 0 akkor a kimenő állapot 001. Szemléletesen is követhető a 17.3. ábrán.

17.3. ábra. A konvolúciós kódoló működésének a szemléltetése $K=1$, $k=3$ és $n=3$ esetében.



– A harmadik bit 1 akkor a kimenet állapota 100, és így tovább.

Az első függvénygenerátor $g_1=[100]$, a második függvénygenerátor $g_2=[101]$ és a harmadik függvénygenerátor $g_3=[111]$. Ezek szerint ha $k=1$ akkor n generátor kell.

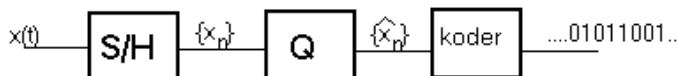
JELALAK-KÓDOLÁS

Digitális átvitel esetében fontos az analóg jelek digitális formába átalakítása. Ezeket az eljárásokat egységesen jelalak-kódolásnak nevezzük. Az első, legismertebb módszer a PCM vagy impulzuskód-moduláció. Ez nem más, mint az egyszerű AD-átalakítás, ezzel az eljárással kezdjük ezt az alfejezetet. Nem foglalkozunk részletesen ezzel a problémakörrel mert más tantárgyak keretében már részletesen foglalkoztunk az átalakítással.

IMPULZUSKÓD-MODULÁCIÓS ELJÁRÁSOK

Ez a legegyszerűbb és a legrégebbi módszer a jelalak kódolására (ez nem más mint egy módosított A/D-átalakítás). Tartalmaz egy-egy mintavételező, kvantáló és kódoló áramkört.

17.4. ábra. Legegyszerűbb jelalak kódoló.



- a szint mintavételezést vagyis kvantálást szinttel végezzük, bittel.
- egy kvantálási szint:

$$\Delta = \frac{2x_{\max}}{N} = \frac{x_{\max}}{2^{r-1}} \quad [17.16]$$

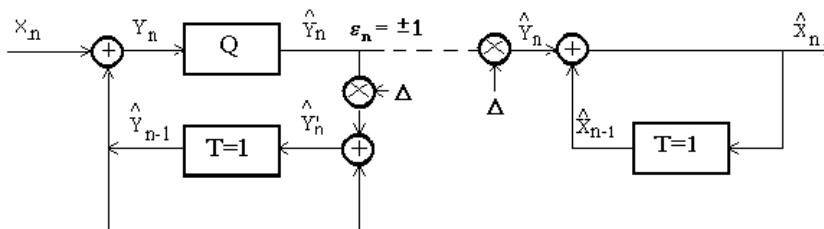
Először az egyenletes szint mintavételezéssel foglalkozunk.

DELTA MODULÁCIÓ

A delta moduláció a DPCM eljárás egyszerűsített változata.

A ΔM eljárást alkalmazva 2 szintes kvantálunk van (1 bit), a $\pm\Delta$ magnitúdóval. Hasonló a blokk-séma mint az egyszerű DPCM-modulátornál.

17.5. ÁBRA. ΔM MODULÁCIÓS ÁTVITELI RENDSZER.



A ΔM -eljárás fő előnye az, hogy nagyon egyszerű áramkörökkel valósítható meg, az adó és a vevő is.

A vételi oldalon a következő kifejezés segítségével rekonstruáljuk az értéket:

$$Y_n = X_n - \hat{Y}'_{n-1} \quad [17.17]$$

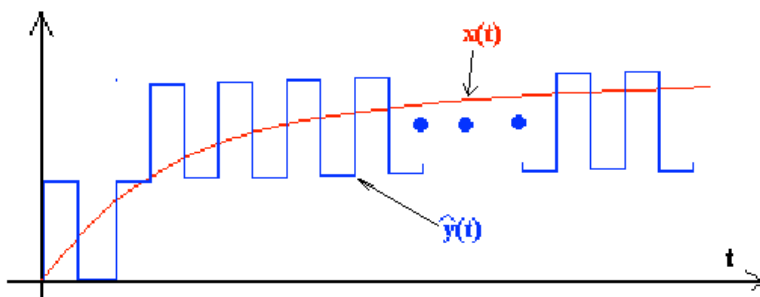
Ezt a differenciaegyenletet megoldva (0 kezdőértéket feltételezve) a következő kifejezést kapjuk eredményül:

$$\hat{X}_n = \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i \quad [17.18]$$

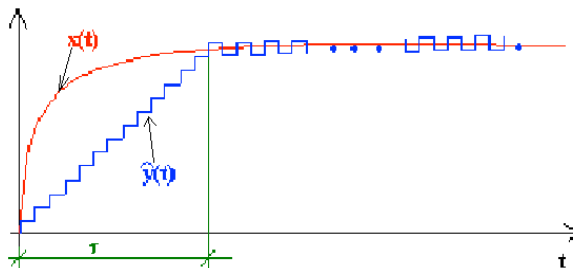
A kvantálási lépés nagysága nagyon fontos paraméter a ΔM -rendszer tervezésekor. Ha nagy a Δ értéke akkor megnő a graduális zaj is (nagy mértékű az oszcilláció a rekonstrukció folyamán, a valós érték körül).

Ha kicsi a Δ akkor ha gyorsan változik a jel akkor nem tudjuk követni a jelalak változást. A következő ábrákon látható milyen hatással van az approszimációra a nagy és a kis kvantálási lépés.

17.6. ábra. Nagy kvantálási lépések hatása az approszimációra.



17.7. ábra. Kis kvantálási lépés hatása az approszimációra.



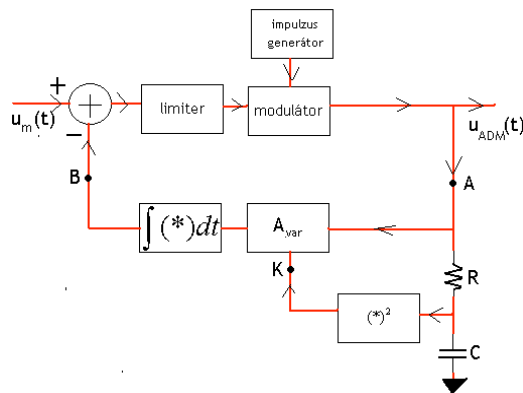
A kis kvantálási lépések hatása elsősorban abban jelentkezik, hogy a nagy sebességű jelalak-változásokat csak késéssel tudja követni a modulátor. Ilyen késésre látható egy példa az előző ábrán, a késést a τ jelöli.

ADAPTÍV DELTAMODULÁCIÓ

Ez az eljárás megoldja az előző problémákat. A kvantálási lépés nagyságát úgy változtatjuk, ahogy a bejövő jel változik. Ha a bejövő jel időgradiense gyorsan növekszik, akkor a kvantálási lépés nagysága is gyorsan növekszik, ha pedig csökken, akkor a lépésmagyság is követi a változás sebessége csökken. Ezt a problémát oldja meg az adaptív deltamoduláció.

A kimenő impulzusok a modulátorból visszavezetődnek az erősítő bementére, az erősítő erősítési tényezője folyamatosan változik, attól függően mekkora az ellenőrző-feszültség a K pontban. A folytatásban leírjuk, hogy működik a modulátor. Ha az eredeti jel nagyon gyorsan változik akkor egy egész sor egyenlő polaritású jelet kapunk a modulátor kimenetén. Ha A-jel növekszik akkor az impulzusok pozitívak, ha csökken akkor negatívak. Ezeket az impulzusokat integráljuk RC-integrátorral. Ez a feszültség annál nagyobb (a C-kondenzátoron), minél több megegyező polaritású impulzus jelentkezik egymás után. A négyzetre emelő áramkörnek csak egy feladata van, hogy mindig a jel előjelétől függetlenül a kimenet pozitív legyen. Minél hosszabb a megegyező polaritású impulzus-sor annál nagyobb lesz az erősítő ellenőrző feszültsége és így az erősítése is, ami azt jelenti, hogy a kvantizálási Δ lépés annál nagyobb lesz.

17.8. ábra. Adaptív delta modulátor blokk sémája.



Azokban az időpillanatokban amikor a moduláló jel nagyon keveset változik, akkor a kimeneten egymás után változó polaritású impulzus jelentkezik. Ezek az impulzusok az integrátoron nullához közeli értéket adnak, ezért az erősítő erősítése közel nulla. Így az ellenőrző feszültség is kicsi, majd a kvantálási lépés Δ is kicsi. Ezért a B pontban a feszültség sokkal finomabban követi a moduláló jelet és így a kvantálási zaj sokkal kisebb. Az adaptív ΔM átvitele folyamán a *jel/zaj* viszony 5–10dB, jobb mint a klasszikus ΔM -átvitel esetében.

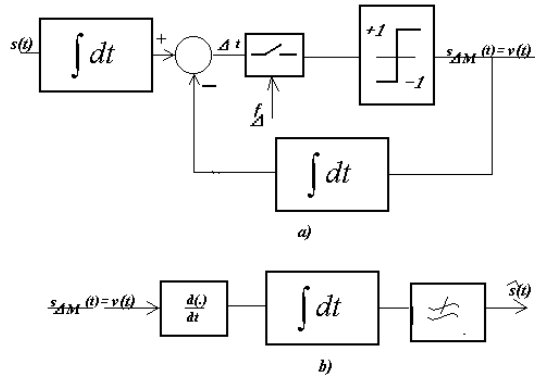
DELTASIGMA-MODULÁCIÓ

Klasszikus modulációnak van pár lényeges problémája, ilyenek:

- nem alkalmas az egyenáramú komponens átvitelére
- az integrálás miatt a vevőben akkumulálódik az átvitelből származó hiba.

Ezeket a hibákat hivatott a $\Delta\Sigma M$ megoldani. A $\Delta\Sigma M$ alapötlete az, hogy a szabványos ΔM elé bekapcsolunk egy integrátort, a szabványos ΔM vevő elé pedig egy differenciátort, ahogy az a 17.9. ábrán látható.

17.9. ábra. $\Delta\Sigma M$ -rendszer a) a modulátor és b) demodulátor.



A bemenő jel $s(t)$ először integrálódik, majd létrejön a differencia-jel:

$$\Delta(t) = \int_0^t s(t)dt - \int_0^t v(t)dt \quad [17.19]$$

a kimenő $\Delta\Sigma M$ -jelet jelöljük $v(t)$ -vel. A hibajel mintavételezése: $f_d = 1/T_d$ és egyetlen egy bittel van kódolva mintákként.

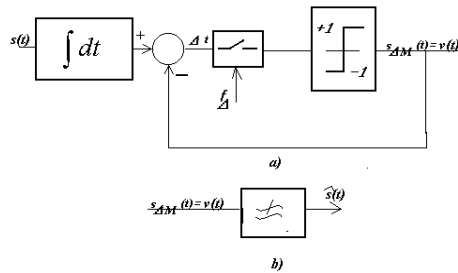
Így:

$$\int_0^t [s(t) - v(t)] dt = \int_0^t \Delta(t) dt = g(t) \quad [17.20]$$

ezek szerint a két integrátort felcserélhetjük egy integrátorra, ahogyan látszik a a következő ábrán is.

A vevőt is le tudjuk egyszerűsíteni, mert a differenciátor és az integrátor komplementáris blokkok, ezért el is lehet őket hanyagolni.

17.10. ábra. $\Delta\Sigma$ a) modulátor és b) demodulátor megvalósítása integrátor nélkül.

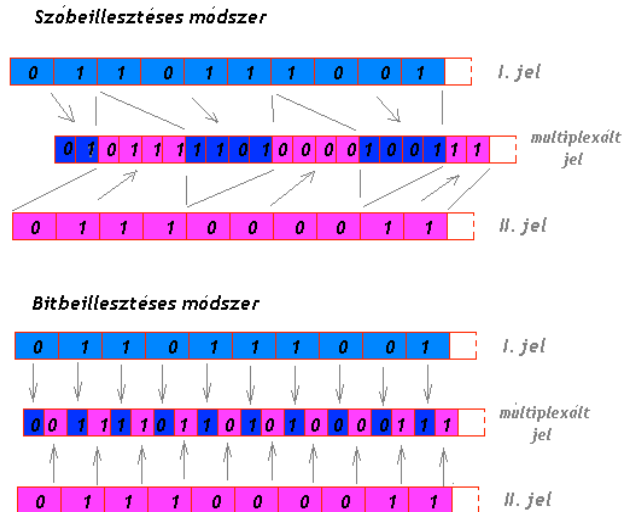


A $\Delta\Sigma$ -modulátornál a kimeneten megjelenő impulzusok sűrűsége, vagyis a frekvencia, hordozza magával az információt a bemenő jel amplitúdójáról. A $\Delta\Sigma$ -jel dekódolásánál elegendő, ha átengedjük egy aluláteresztő szűrőn, mivel a $\Delta\Sigma$ -vevőben nincsen integrátor, ezért nincs hiba-akkumuláció a vevőben. Mivel az impulzus sűrűség lehet végtelen hosszú ideig is konstans, ezért a $\Delta\Sigma$ -modulátor korrekten át tudja vinni a jel egyenáramú komponensét is.

IDŐMULTIPLEX, TDM

Az időosztásos multiplex esetében (Time Division Multiplex) a különböző csatornákból jövő digitális jeleket kétféleképpen tudjuk összesíteni, vagyis multiplexálni. Egyik módszernél bitenként tevődik össze a multiplexált jel, 17.12. ábrán látható. A másik módszer szerint szavakból áll össze a multiplexált jel.

17.11. ábra. A szóbeillesztés és a bitebeillesztés TDM-eljárás szemléltetése.



ISDN, ATM...

Az ISDN (Integrated System of Digital Network) az első nagy telekommunikációs digitális hálózat, amelyik alkalmas volt az információforrástól független bitfolyamot összefűzni egy egésszé és az igényektől függően a megfelelő helyen a megfelelő információt kibontani és a felhasználó számára hozzáférhetővé tenni. Megkülönböztetünk európai és amerikai szabvány szerint működő ISDN-rendszert. A két rendszer egymással nem kompatibilis, illeszteni kell egymáshoz azokat. A folytatásban nagyon röviden az európai rendszert ismertetjük.

Az európai PCM-hierarchiában az első szintű multiplex-rendszer 30 telefoncsatornát tartalmaz. A beszédjel határfrekvenciája 4kHz , így a minimális mintavételezési frekvencia 8kHz , vagyis két szomszédos minta közötti távolság $125\mu\text{s}$ a kvantálási szintek száma $q=2^8=256$. A harminc beszédcsatorna mellett még két szervizcsatorna is van (összesen $30+2=32$ csatornát jelent). Az egyik, ezen szervizcsatornának közül, a szignalizációt viszi át, a másik a szinkronizációs jeleket továbbítja. A 17.12. ábra szemlélteti az időkeret beosztását a 2Mbit/s rendszeren belül. Ezek szerint a bitsebesség ebben a rendszerben:

$$2 \times 4 \times 5 \times (30 + 2) = 2048 \text{ kbit/s}$$

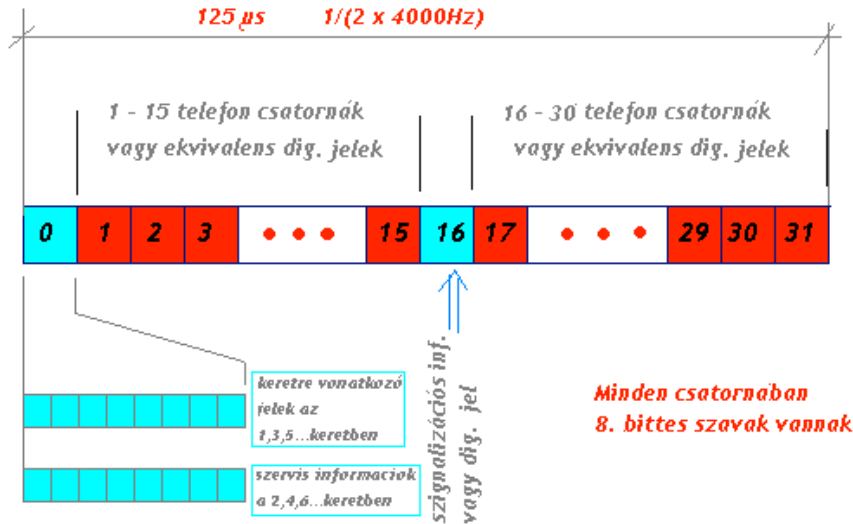
A $125\mu\text{s}$ intervallumot „keretnek” nevezzük. Az impulzusok nem foglalják el az egész időrest $125\mu\text{s}/(80 \times 32) = 0,65\mu\text{s}$, hanem annak felét, vagyis $0,325\mu\text{s}$.

A további hierarchiaszintek az előző hierarchia szintű csatornákból 4-et fognak össze. A második hierarchiaszint sebessége $8448 \text{ kbit/s} > 4 \times 2048 \text{ kbit/s}$.

Ez azért nagyobb, mert minden további hierarchiaszint további szervizbiteket követel.

Az első hierarchiaszinten a multiplexálás szavankénti multiplexálással történik, míg a második szinten pl. bitenkénti multiplexálással.

17.12. ábra. Egy időkeret szemléltetése a 2Mbites rendszerben.



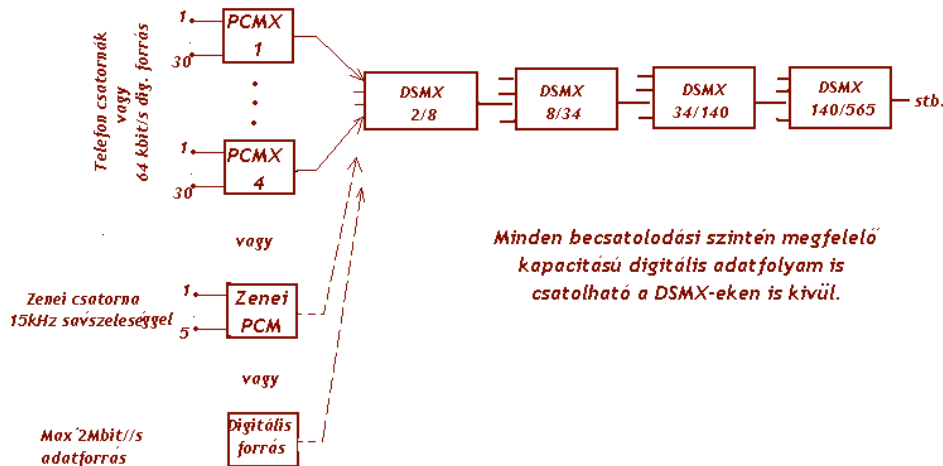
A 17.12. ábra szemlélteti a hierarchia felépítését az ISDN-rendszeren belül. Ahogy az ábrán is látható a magasabb szintű rendszer mindig négy alacsonyabb szintű rendszert fogad és abból alkot egy újat. Ha a számításokat elvégezzük akkor láthatjuk, hogy nagymértékű redundancia van beépítve minden hierarchia-váltásnál. Nézzük az átmenetet a 2 Mbit/s rendszerből a 8 Mbit/s rendszerbe. Az alrendszer bitsebessége 2048 kbit/s , a következő rendszer sebessége 8448 kbit/s . Ha elvégezzük a legegyszerűbb számításokat $4 \times 2048 = 8192 \text{ kbit/s}$. A rendszersebesség és a kiszámított sebesség között $8448 - 8192 = 256 \text{ kbit/s}$.

A 256 kbit/s a magasabb szintű keret szervezésére szolgál. Hasonló különbség jelentkezik a magasabb szintek szervezésénél is.

A legalacsonyabb szintű kilépési lehetőség az ISDN-rendszerekből az ún. alapsebességen van vagyis 2B+D szinten, a B csatorna 64 kbit/s információhordozó csatorna és a D a 16 kbit/s jelzőcsatorna, amely a kapcsolatfelvétel és a hívás ideje alatt szükséges jelzéseket továbbítja. Ezen kívül az alaprendszerben jelen van még a kicsatolás után egy 16 kbit/s sebességű csatornarész amelyik a szinkronizációt és a kapcsolat-fenntartási funkciókat végzi. Így összesen az alapkilépési sebesség 160 kbit/s .

Lehetőség van többszörös hozzáférésű rendszerek kiépítésére statisztikus nyálábolás felhasználásával. A felhasználók maximális száma az alapsebességű rendszerben nagyban függ a felhasználó igényektől.

17.13. ábra. PCM hierarchia-struktúra.



Az ISDN-hálózaton belül minden hierarchikus szinten szinkronizációra törekedtek a koncepció felépítése folyamán, globálisan szinkronhálózatról beszélhetünk. A jövőben az ATM-rendszer lesz a fő átviteli rendszer. Az ATM (Asynchronous Transfer Mode) aszinkron átviteli mód. Ez a rendszer csomagkapcsoláshoz hasonló rendszer, de állandó hosszúságú cellákat visz át. Maga az aszinkron-elv lehetővé teszi a jel-források időben változó mennyiségű információinak gazdaságosabb átvitelét. Ez az új módszer előre nem látott lehetőségeket nyújt a jövőben megjelenő előre nem látott kommunikációs szükségleteknek.

KÉRDÉSEK

1. Miért van szükség kódolásra?
2. Vonalkódolási eljárások.
3. Miként írható fel a blokk-kódolási eljárás folyamata?
4. Hibadetekció és javítás?
5. Mik a jellemzői a ciklikus kódolásnak?
6. Konvolúciós kódolás?
7. Egy példa a konvolúciós kódolásra?
8. Deltamoduláció miben különbözik az impulzuskód-modulációtól?
9. Miért kell alkalmazni az adaptív deltamodulációt?
10. Deltasigma-moduláció.
11. Milyen előnnyel rendelkezik a $\Delta\Sigma$ -eljárás?
12. Időmultiplex.
13. ISDN-hierarchiák?
14. Hogyan lehet kilépni az ISDN-rendszerből?
15. ATM.

18. Fejezet

Szórtspektrumú rendszerek

KITERJESZTETT SPEKTRUMÚ HÍRKÖZLŐ RENDSZEREK

A digitális kommunikáció terén az utóbbi években egy teljesen új irányzat jelentkezett, a szórtspektrumú technika, vagyis a kiterjesztett spektrumú hírközlő rendszerek. Mi a folytatásban a nemzetközi megnevezést alkalmazzuk. Ezek a rendszerek a legmegbízhatóbbak a kommunikációban az információ megőrzése tekintetében.

Alaptulajdonságai:

- Interferencia-elnyomás,
- Kódolási multiplex lehetőség,
- Ellenállás a többutas terjedés hatásaira,
- Kicsi a valószínűség az információ illetéktelen felfedésére,

- Spektrális hatásosság,
- Távolságmérési lehetőség.

A szórtspektrumú technikát sokáig, kizárólag csak katonai célokra használták. Ma már alkalmazzák a vezeték nélküli LAN-oknál, mobiltelefonoknál, palmtopoknál stb.

Az 1920–1960 közötti időszakban való használatáról Scholtz és Pickholtz írásaiban találkozunk. Viterbi pedig a DS és az FH szórtspektrum-jelek jellemzőinek elemzését írta le.

A szórtspektrum-jelek és -rendszerek elemzését, beleértve a szinkronizációs technikát Simon (1985), Ziemer és Peterson (1985), valamint Holmes (1982) írásaiban találjuk.

SZÓRTSPEKTRUM JELEK A DIGITÁLIS KOMMUNIKÁCIÓBAN

Kezdetben kizárólag csak katonai célokra fejlesztették a kitűnő tulajdonságai miatt:

1. Lehetővé teszi a védelmet a zavarás ellen.
2. Tulajdonsága a jel elrejtése; ez úgy történik, hogy kis teljesítmény-sűrűségű jelként terjed, így a (véletlen vagy ellenséges) hallgatónak megnehezíti a jel felderítését a zaj környezetében.

Ma szórtspektrumú rendszereket nemcsak katonai célokra alkalmaznak, hanem különböző nagy átviteli biztonságot követelő polgári alkalmazásoknál is.

A továbbiakban szó lesz a szórtspektrumú jelekről és tanulmányozzuk azt a lehetőséget, hogy minél kisebb hibavalószínűséggel vigyük át a jelet. A két legjelentősebb eljárás a szórtspektrumú eljárás megvalósítása:

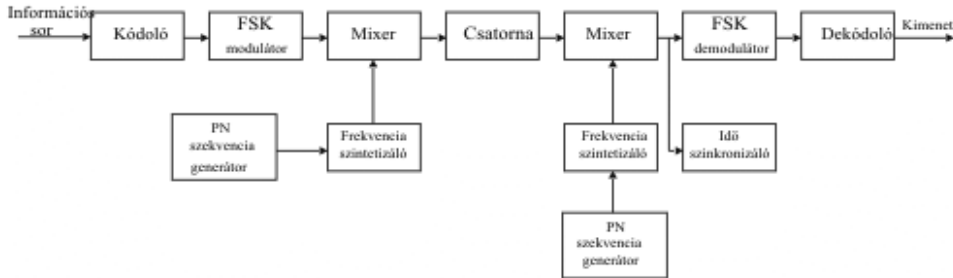
- A sorközvetlen (direktsorrendű) moduláció (DS), vagy a
- frekvenciaugrás (FH).

Mindkét eljárásnál szükséges az ál-véletlen sorok alkalmazása.

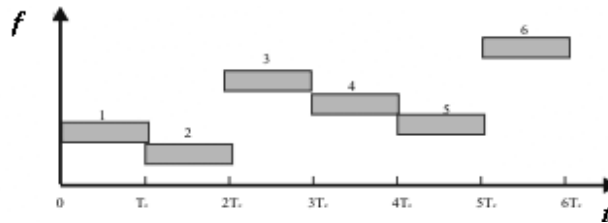
A szórtspektrumú digitális kommunikációs rendszer elemei a *18.1. ábrán* láthatók. Itt található a csatornakódoló és -dekódoló, modulátor és demodulátor, amelyek alapelemei a konvencionális digitális kommunikációs rendszernek is.

18.1. ábra. Szórtspektrumú kommunikációs rendszermodell.

a) rendszerfelépítés



b) frekvencia idődiagram



A szórtspektrumú rendszerekben szükséges két azonos generátor az ál-véletlen szekvenciák létrehozásához. Egyik modulálja az információs szekvenciát az adón, a másik demodulálja a vevőn. Ez a két generátor pszeudóvéletlen bináris szekvenciát generál, amely az adóban a leadott jel spektrumának a kiszélesítését végzi, míg a vevőben az információs spektrum szűkítése történik az eredeti sáv szélességre. Cél az elsődleges jelalakra való visszatérés a vevőn, a demodulátor segítségével.

A PN-szekvencia időbeli szinkronizálása után a generátorok készenlétben vannak és kezdődhet az információ-átvitel. A kommunikáció adatátviteli részében a kommunikációs rendszer általában követi a vett jel frekvenciáját és szinkronban tartja a PN-szekvencia-generátorokat.

A szórtspektrumú jel átvitelénél a csatornán keresztül kerülnek be a zavarok. A zavarok jellege főleg a forrásuktól függ. A zavarokat feloszthatjuk a sáv szélessége szerint: *széles és keskeny sávúra*. Az időben pedig: *folytonos és diszkrét*.

Például a zavarjel lehet egy nagy teljesítményű szinuszos jel, az információt hordozó jel sáv szélességében. Az ilyen zavarjel a keskenysávú.

A másik példa, amikor a zavar a többszörös hozzáférésű csatornák felhasználójánál generálódik.

Ez attól függ, hogy mások milyen fajta szórtspektrumú jelet használnak az információ átvitelére. Ha minden jel szélessávú, akkor a zavarokat úgy jellemezhetjük, mint szélessávú zajok. Ha pedig frekvencia-ugrást használunk a szórtspektrumú jel generálásához, akkor a felhasználó által okozott zavarokat keskenysávúként jellemezhetjük.

Digitális kommunikációban figyelmünket főleg a szórtspektrumú jel teljesítményére irányítjuk, keskeny és szélessávú zavarok jelenlétében. Kétfajta modulációt alkalmaznak:

- PSK (Phase Shift Keying),
- FSK (Frequency Shift Keying).

A PSK-modulációt akkor alkalmazzák, ha a leadott és a vett jel között a fáziskoherenciát egy megfelelő jelhosszúságon (bitszámon) fenn tudjuk tartani.

Az FSK-modulációt pedig olyan helyen alkalmazzák, ahol a leadott és a vett jel között a fáziskoherenciát nem lehet fenntartani, a kommunikációs csatorna átviteli jellegének változása mellett. Például ez az eset megtörténhet két gyors repülő vagy a repülő és a földi terminál kommunikációs kapcsolatának fenntartása esetén.

A modulátorral generált PN-sor a PSK-jel pszeudóvéletlen fáziseltolására szolgál, azokban a pillanatokban, amikor a PN bitértéke változik. A kapott modulált jelet a szórtspektrumú jel szekvenciájának, direkt modulációjának DS-nek nevezzük. Ha a modulációhoz bináris vagy természetes FSK-t használunk, akkor a PN-szekvencia pszeudóvéletlenül választ frekvenciát a jel átvitelére. A kapott jelet a szórtspektrumú jel frekvenciaugrásának nevezzük: FH.

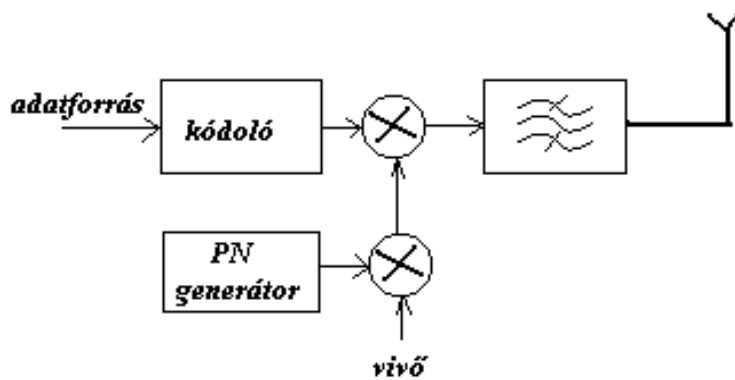
DIREKT SOROZATÚ SZÓRTSPEKTRUM

Nézzük meg most a bináris információs szekvencia átvitelét bináris PSK segítségével. R az információs digitális jel alapprofrekvenciája [bit/sec], bit periódus:

$$T_b = 1/R$$

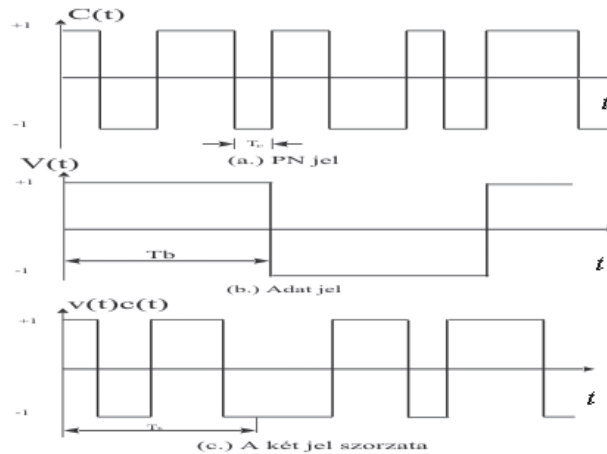
A meglevő csatorna-sávszélesség B_c [Hz], ahol $B_c \gg R_b$. A modulátorban az információs jel sávszélessége $W = B_c$ [Hz]. A moduláció folyamatát a következő ábra szemlélteti.

18.2. ábra. Az DS-adó modellje.



Az információhordozó jel fázisát W -szer álvéletlenül eltolva másodpercenként hozzáilleszti a PN-generátorból való mintához. A szélesítés folyamata a 18.3. ábrán látható. A PN-generátor-kódot szorozza a kódoló bit sor. Mindkét jel bipoláris. Az információ bits polaritásától függően változik a PN-generátor információs sora. A $v(t)$ és $c(t)$ jelek szorzatát a 18.3. ábrán is láthatjuk időtartományban.

18.3. ábra. DS szórt spektrumú jel generálása.



Legyen:

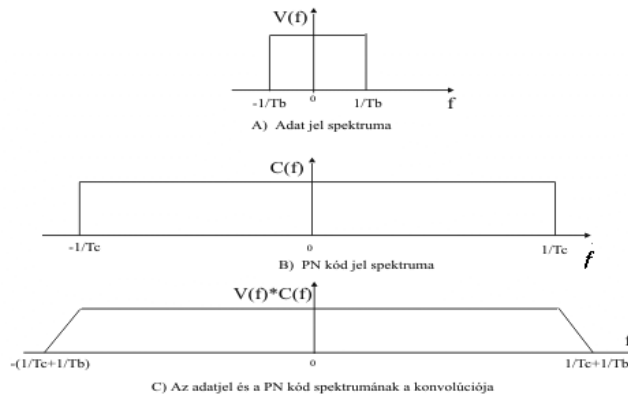
$$v(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g_T(t - nT_b) \quad [18.1]$$

ahol $v(t)$ információt hordozó jel, digitális információtartam $a_n \pm 1$ $-\infty < n < \infty$, $g_T(t)$ egy bitnyi hordozó időalakja, időtartama T_b . Ez a jel szorozódik a PN-szekvencia-generátor jelével:

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n p(t - nT_c) \quad [18.2]$$

ahol c_n - PN szekvenciás bináris érték $[\pm 1]$ egy chip időtartam alatt, $p(t)$ a egy chipnyi jelalak időfüggvénye időtartama T_c [lényeges megkülönböztetni a bit és a chip fogalmát].

18.4. ábra. A bit és a chip jelspektruma konvolúciójának szemléltetése.



A spektrum szélesedésnek folyamatát 18.4. ábra szemlélteti. A spektrum-szélesedés az információhordozó jelspektrum és a PN-sor jelspektrumának a konvolúciója. A szűkebb spektrum megfelel az információ jel spektrumának, a szélesebb pedig a PN-generátor jele a spektrumának. Az eredmény spektrumban egyértelműen látható a konvolúció hatása a határon az érték lineáris csökkenésével a maximális értéktől nulláig.

Ha az információt hordozó jelet amplitúdó-moduláljuk, a vivő jel $A_c \cos(2\pi f_c t)$, így a DSB-SC generált jel:

$$u(t) = A_c v(t) c(t) \cos(2\pi f_c t) \quad [18.3]$$

Mivel $v(t)c(t) = \pm 1$ bármely t -re, következik hogy a modulált jelet kifejezhetjük:

$$u(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \phi(t)) \quad [18.4]$$

ha $v(t)c(t) = 1$ akkor $\phi(t) = 0$ és ha $v(t)c(t) = -1$ akkor $\phi(t) = \pi$.

Tehát az átviteli jel bináris PSK-jel.

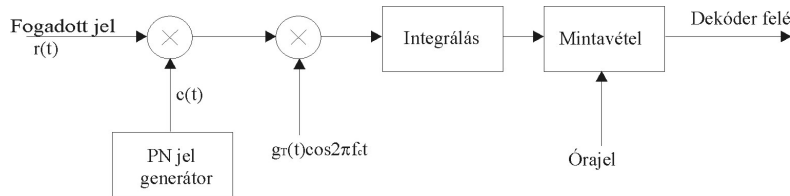
Általában a szórtspektrumú rendszerekben bit-intervallum és a chip-intervallum () között az összefüggést úgy választják, hogy egész szám legyen:

$$L_c = T_b / T_c \quad [18.5]$$

ahol L_c - az információs bitenkénti PN-szekvencia chipjeinek a száma vagy 180° -os fáziseltolások száma T_b idő alatt.

A demoduláció folyamatát a 18.5. ábra szemlélteti. A megkapott jelet először megszorozzuk $c(t)$ jel másával, ez a vevő PN-generátorban generálódik, és végül szinkronizálódik a kapott jel kódjával.

18.5. ábra. A DS szórtspektrumú jel demodulációja.



Ezt a műveletet sávszűkítésnek nevezzük, mert a $c(t)$ -vel való szorzás az adóval ellentétes hatást vált ki:

$$A_c v(t) c^2(t) \cos 2\pi f_c t = A_c v(t) \cos 2\pi f_c t \quad [18.6]$$

ahol $c^2(t) = (+1)(+1) = (-1)(-1) = 1$ minden t -re. Az így kapott jel sáv szélessége $R[\text{Hz}]$, megegyezik az információhordozó jel sáv szélességével. A jel szűkítésére alkalmaznak demodulátort, keresztkorrelátort vagy illesztett szűrőt.

A SÁVSZŰKÍTÉS HATÁSA A KESKENYSÁVÚ ZAVAROKRA

Érdekes tanulmányozni, hogy milyen hatással van a jel/zaj viszony az információt hordozó jel demodulációjára. A kapott jel legyen:

$$r(t) = A_c v(t) c(t) \cos 2\pi f_c t + i(t) \quad [18.7]$$

$i(t)$ a zavar vagy interferencia jel. A sávszűkítési művelet a vevőn a következőt eredményezi:

$$r(t)c(t) = A_c v(t) \cos 2\pi f_c t + i(t)c(t) \quad [18.8]$$

A zavar vagy interferencia jel $i(t)$ szorzata a $c(t)$ -vel szélesíti a zavarjel spektrumát $W[\text{Hz}]$ (ugyanaz a hatás mint az adón az információs jellel a spektrumát szélesítette ki), vagyis a vétel oldalán az adott zajteljesítmény kiszélesedik nagyobb sávzsélességre, ezáltal a zaj frekvencia-sűrűsége a szélesítés mértékével csökken. Vagyis az információs jel sávzsélességben, a zajteljesítmény a szélesítés mértékével csökken.

Például figyeljük meg a szinuszos zavaró jelre kiváltott hatást:

$$i(t) = A_j \cos 2\pi f_j t \quad [18.9]$$

ahol f_j a szinuszos zavaró jel vivőfrekvenciája.

Az $i(t)$ szorzata $c(t)$ -vel szélessávú zavart eredményez, a frekvencia teljesítménysűrűsége $J_0 = P_j / W$

ahol $P_j = A_j^2 / 2$ a zavarójel átlagos teljesítménye.

Amikor a jelet demoduláltuk illesztett szűrővel (vagy korrelátorral), az egész zavar teljesítménye ami a demodulátor kimenetén jelentkezik a vevőszűrő R sávzsélességében:

$$J_0 R = P_j R / W = P_j \left/ \frac{W}{R} \right/ = P_j \left/ \frac{T_b}{T_c} \right/ = P_j / L_c \quad [18.10]$$

A zavar teljesítménye tehát arányosan csökken az expanziós tényező W/R mértékével.

$$W / R = \frac{T_b}{T_c} = L_c \quad \text{a szórt spektrumú eljárás nyeresége.}$$

Azon a csatornán ahol zavar van jelen, a zavar teljesítményének csökkenésekor a vételi oldalon az alapfeltétel, hogy szórt spektrumú jelet használjunk a digitális jel átvitelére.

PN-kódot alkalmazunk az adón az információs jel kódolására, ez a csatornán szélesebb sávzsélességet eredményez. A vett jelből a PN-szekvencia szinkronizációs másával, a hasznos jel visszatér a szűkebb sáv-

tartományba. A zavar teljesítménye a vevő sávszűrő sáv szélességében csökken W/R -tényező értékével. A W/R -tényező a szórt spektrumú rendszer eljárási nyereségét jelenti.

Ha feltételezzük, hogy a PN-szekvencia kódját csak az illetékes vevő ismeri. Az összes többi vevő, amely nem ismeri a PN-szekvenciát, nem tudja demodulálni a jelet. PN-szekvencia használatával egy bizonyos fokú biztonságot érünk el, amit egyszerű modulációval nem lehetett megvalósítani.

A DS SZÓRTSPEKTRUMÚ ALKALMAZÁSAI

A legjellemzőbb felhasználási területek:

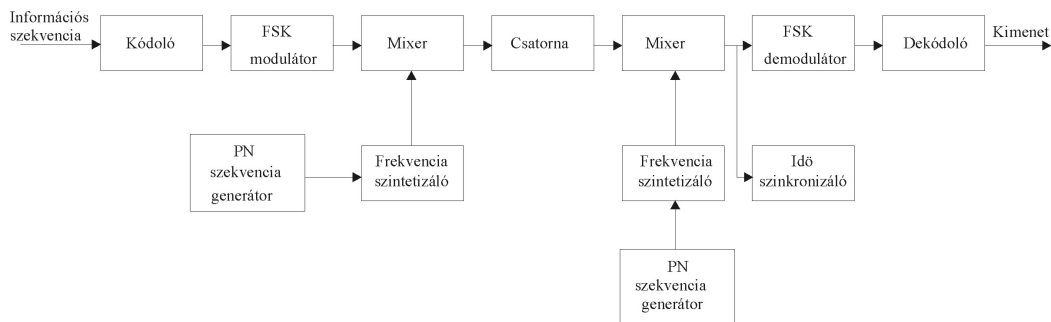
- Az első felhasználási terület amikor a jelátvitel kis teljesítménnyel történik. A detektált jel nagyon kicsi és így olyan felhasználó, amelyiknek nincs információja a PN-sorról, nehezen tudja érzékelni a jelet, mert számára úgy tűnik a jel mintha zaj lenne.
- A második felhasználási terület a többszörös hozzáférésű kommunikáció vagyis a CDMA.
- A harmadik, a DS szórt spektrumú jel alkalmazása többsávós átvitelnél az időben változó rádiós csatornákon.
- Az negyedik felhasználási terület pedig a DS szórt spektrumú jel használása a jelzavarás megakadályozására.

FREKVENCIAUGRÁSOS RENDSZER, FH

A frekvenciaugrásos SS-rendszerekkel részletesen nem foglalkozunk, a folytatásban csak bemutató jelleggel tárgyaljuk. A frekvenciaugrásos szórt spektrumú rendszereknél a csatorna bit- vagy chip-intervalluma fel van osztva nagyszámú időzónára, amelyek nem fedik át egymást. Minden jelintervallumban, az átviteli jel egy vagy több frekvenciazónát foglal el. A frekvenciazóna kiválasztása minden jel intervallum számára pszeudóvéletlenül történik a PN-szekvencia-generátor segítségével.

Az adó és vevő sematikus ábrája a FH szórt spektrumú rendszer esetén a 18.6. ábrán látható. A moduláció bináris vagy n -áris FSK.

18.6. ábra. Az FH szórt spektrumú rendszer blokk diagrammja.



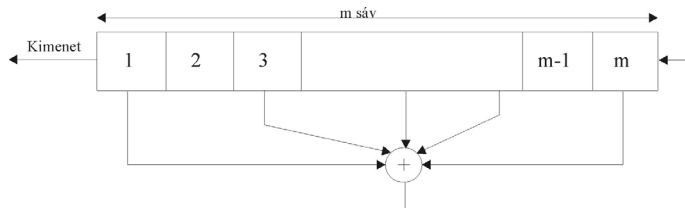
FH-rendszereket legtöbbször olyan digitális kommunikációs rendszereknél alkalmazzák ahol pl. nagy sebességgel mozognak a felhasználók vagy a CDMA-rendszerben, ahol több felhasználó ugyanazt a frekvenciasávot használja. A CDMA-rendszereknél előszeretettel alkalmazzák az FH-rendszereket, mert a DS-rendszerek magas fokú pontosságot igényelnek a szinkronizáció során. A DS-rendszerekél a szinkronizációnak a $T_c = 1/W$ intervallumon belül kell létrejönnie.

Az FH-rendszereknél a T_c ideje alatt történik a jel küldése meghatározott frekvencia zónában, amely szélessége $B \ll W$, ám ez az intervallum $1/B$, ami sokkal több mint $1/W$. Tehát az FH-rendszer előnye abban van, hogy nincsenek olyan szigorú feltételek a szinkronizációhoz.

PN-SOR GENERÁLÁSA

A pszeudóvéletlen vagy PN-kódszekvencia, ez egy kód (értékei 1 és 0) amelynek az autókorrelációja nagy mértékben hasonlít a fehér zajra (white noise). Eddig a legelterjedtebb PN-kódszekvencia a maximális hosszúságú figyelőregiszter nevű szekvencia volt, vagy röviden m -szekvencia. A hossza $L = 2^m - 1$ és az m figyelőregiszterből kapjuk, lineáris visszacsatolással 18.17. ábra. A szekvencia periodikus, L periódussal. Minden periódus 2^{m-1} digitális egyesből és $2^{m-1} - 1$ nullásból áll.

18.7. ábra. Az m -regiszter lineáris visszacsatolással.



Az összeadó a móduló kettes összeadó.

A PN-szekvencia egyik fontosabb jellemzője az autókorrelációs funkció. A PN-sornál általában bipoláris jeleket alkalmaznak (1,-1). A PN-sorozat álvéletlen sorozat. Ebben az esetben az ál-véletlen sorozat feltételei a megvalósítás folyamán:

- a $+1$ szimbólumok száma eggyel kell, hogy különbözzön a -1 bináris szimbólumoktól,
- felechip hossza egy, egynegyedének hossza kettő, a harmadának hossza 3, ...
- autókorrelációs függvénye a bináris $\{b_k\}$, $b_k \in \{\pm 1\}$, sornak bináris függvénye:

$$R_c(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L c_n c_{n+m} = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ c < 1 & 0 < |k| < L \end{cases}, \quad L \leq 2^n - 1 \quad [18.11]$$

Mint ahogy C_n szekvencia periodikus az L periódussal, ugyanúgy az autókorrelációs szekvencia $R_c(m)$ periodikus az L periódussal. Az ideális PN-szekvenciának olyan autókorrelációs függvénye van, amelynek a korrelációs hatásai hasonlóak a fehér zajhoz. Az ideális autókorrelációs funkcióhoz a következő feltétel kell, hogy teljesüljön $R_c(0)=L$ és $R_c(m)=0$, ha $0 \leq m \leq L-1$. Az m -dik szekvencia esetében az autókorreláció:

$$R_c(m) = \begin{cases} L & , \quad m = 0 \\ -1 & , 1 \leq m \leq L-1 \end{cases} \quad [18.12]$$

Az a_i sorozat generálódik a következő rekurzív kifejezés szerint:

$$a_i = c_1 a_{i-1} + c_2 a_{i-2} + \dots + c_n a_{i-n} = \sum_{k=1}^n c_k a_{i-k} \quad [18.13]$$

KÉRDÉSEK

1. Kiterjesztett spektrumú hírközlő rendszerek.
2. Milyen előnyei vannak a szórtspektrumú eljárásnak és ez miben jelentkezik?
3. Miként osztjuk fel a szórtspektrumú eljárásokat?
4. Hogyan lehet direkt sorozatú szórtspektrumú jelet létrehozni?
5. Mi a szerepe a PN-sornak a SP-jel létrehozásában?
6. Milyen tulajdonságokkal rendelkeznek a PN-sorok?
7. Hogyan történik a jelrekonstrukció a vételi oldalon?
8. Miért veszik el a zavaró jel a vételi oldalon?
9. Hol alkalmazzák a direkt sorozatú szórtspektrumú jeleket?
10. Miben különbözik a frekvenciaugrásos szórtspektrumú jel a direkt sorozatú eljáráshoz képest?
11. Miként hozható létre PN-sor?

19. Fejezet

Mobil kommunikációs hálózat és GPS

MOBIL KOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZAT

A mai típusú mobiltelefon-rendszerek fejlődése folyamán eddig három kifejlesztett generációt különböztetünk meg. Az 1980-as évek elején született meg a mobil telefonkészülékek első generációja, amelyben az analóg rádiótelefonos technológiát alkalmazták.

A mobiltelefonok második, digitális generációja mintegy tíz évvel később, az első digitális mobil telefonhálózatokkal egy időben jelent meg a piacon. A második generáció időszakában a mobil távközlés mind az előfizetők számát, mind pedig az értéknövelt szolgáltatások kínálatát tekintve exponenciális növekedési ütemet ért el.

A mobil távközlési rendszerek 3. generációja nagymértékben bővíteni fogja a kifinomult vezeték nélküli alkalmazások körét. A felhasználók képesek lesznek személyes, vezeték nélkül elérhető információkat fogadni és interaktív szolgáltatásokat igénybe venni. A szolgáltatások legtöbbje valójában már napjainkban is elérhető, azonban a 3. generáció bevezetésével várható széles körű elterjedésük.

MÁSODIK GENERÁCIÓS MOBIL RENDSZER, GSM

A folytatásban egy közel sem teljes áttekintést adunk az ún. második generációs GSM-rendszerről.

A CEPT 1982-ben elfogadta a páneurópai mobil rádiórendszer tervezetét, ami a mai GSM-hálózattá alakult át. Az alapelképzelések a rendszer megvalósításban a következők voltak:

- a digitális moduláció alkalmazása,
- az európai mobilhálózat szabványosítása, és minden európai mobilhálózat egymás közötti kompatibilitása,
- kompatibilitás az ISDN-hálózattal.

A kísérleti eredmények alapján a kombinált TDMA/FDMA-sémát alkalmazzák, a rádiócsatorna 200 kHz-es frekvencia sávval és 8 darab, 0,577ms-os idő réssel (*Burst*) rendelkezik. A beszéd jel low-rate kódolással van kódolva és később van titkosítva. FER-hibakorrekciót használ interleavinggel és frekvenciaugrással, amivel csökkenti az interferenciát, valamint lehetőség van a sugárzási teljesítmény ellenőrzésére. A sejtyszerű rendszer automatikus nemzeti hívási rendszerrel továbbá nemzetközi hívási lehetőséggel rendelkezik. Az A/D-konverzió és kódolás után a bitsebesség 13 kbit/s. Opcionálisan lehetőség van a lassú frekvenciaugrásra, ami lehetővé teszi a magas zajszintű csatornák átlagolását vagy kikerülését. A frekvencia tartomány 900MHz környékén van:

- a felmenő ág, mobil bázisállomás 890–915 MHz
- a lejövő ág, bázisállomás mobil 935–960 MHz.

A duplex vivópárjai közötti távolság 45 MHz. A duplex rádiócsatornák száma 125.

Az egyes mobil sejtek maximális nagysága kb. 35 km, a minimális nagysága 1km, a ritkán lakott környezetben 10 km míg városi környezetben 3–5 km.

Mindennek az eredménye egy egyszerű felhasználói telefon egy smart-card kártyával, amivel minden előfizetői kapcsolat tulajdonképpen a kártyával való kapcsolatot jelenti, és a mobiltelefon használata nagyon egyszerűvé válik. A mobiltelefon teljesítménye 1–2W a bázisállomásé 10–20W. Ebben a rendszerben az átvitel folyamán a késés 80ms-nál kisebb.

GSM-CSATORNA BESZÉD ÁTVITELRE

Egy időkeret (0.577ms) az alábbi részekből épül fel:

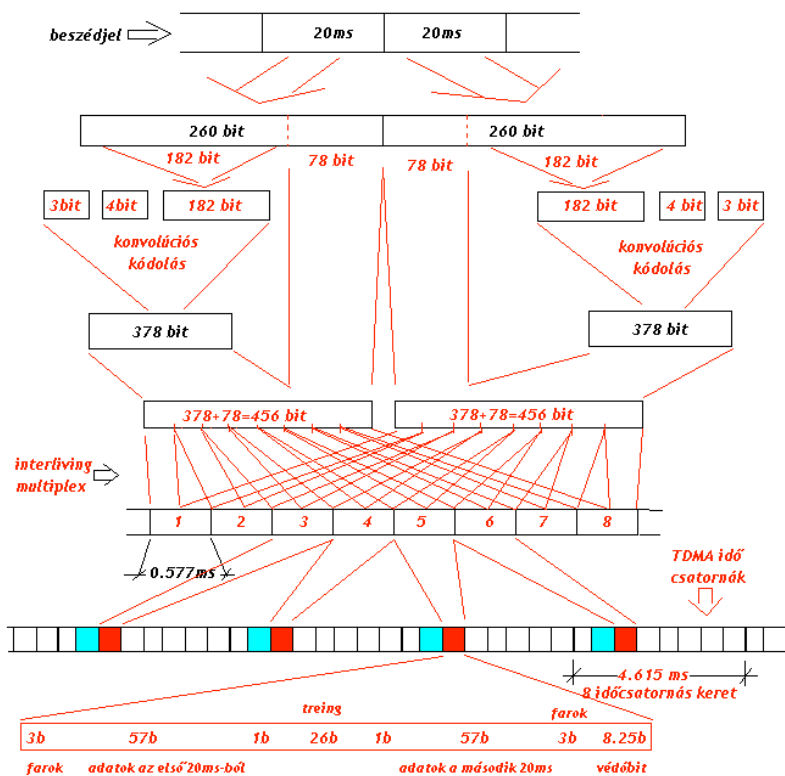
- 3 bit preambula („előszó”),
- 3 bit postambula („utószó”) és 2x1 ellenőrző bit,
- 2x57 információs bit,

- 26 bejáratási bitsor és
- 8.25 védőbit.

Ezenkívül vannak olyan bitsorozatok amelyek a frekvencia beállítására szolgálnak. Egy ilyen bitsorozat egy állandó, felismerhető sorból áll az információs bitek és a bejáratási bitek helyett.

Létezik szinkronizációs időkeret, kiszélesített bitsorral ami az MS oldaláról való belépésre szolgál. A beszédjelet 20 ms-os részekre osztják fel, amelyeket külön detektálnak. Egy beszéd szegmens 13 kbit/s sebességű bitsort generál ami 260 bit hosszúságú sort eredményez.

19.1. ábra. Egy időkeret felépítése.



Előre történő hibakorrekciónak történik, amikor is a 260 bitet két csoportra osztják, a felső 182 bitre és a kevésbé fontos alsó 78 bitre. A felső 182 bithez hozzáadunk 3 redundáns bitet és 4 „farok” bitet, majd az így kapott bitsort kódoljuk ún. halfrate konvolúciós kódolóval, így a kimeneten 378 ($2 \times (182 + 3 + 4) = 378$) bit hosszúságú bitsort kapunk.

A maradék 78 bitet hozzáadjuk a 378 bithez így 456 bit hosszúságú sort kapunk, ami 22.86 kbit/s sebességet eredményez. Ez sebesség 13 kbit/s tiszta információból és 9.8 kbit/s kódolt redundanciából áll. Ezt a sort felosztjuk 8 csoportra amelyiknek mindegyike 57 bitet tartalmaz és interleavinggel multiplexáljuk. Először az első csoportot egy 20 ms-os szegmensből, majd a következő 20 ms-os szegmensből az első csoportot stb.

A performanszok javulását várhatjuk a gyors fadingok esetében és erős impulzus zajok esetében. Egy burston belül küldünk két ilyen csoportot, ami azt jelenti, hogy két ilyen szegmens küldéséhez nyolc burst szükséges. A burst közepén egy 26 bit hosszúságú bejárató bit sor van, ami a dinamikus beállításhoz szolgál. Mivel gyorsan változnak a rádióátvitel feltételei bejáratást minden burston belül végeznek. Létezik egy 3 bites preamble a burst elején, egy ellenőrző bit az első információs bitsorozat után majd a bejáratási sor után, és utána 3 bit posztambulom ami után még egy 8.25 bit hosszúságú biztonsági tartomány helyezkedik el. Ezáltal a kódolt információhoz még 42.25 bit adódik hozzá ami további 8.45 kbit/s jelent.

Egy időcsatornában a burstot küldjük ($8 \times 0.577 \text{ ms} = 4.615 \text{ ms}$) így 120 ms alatt (hat beszédseggmens ideje) el tudunk küldeni $120 / 4.615 = 26$ burstot. Vannak még különböző részletek, amelyekkel itt nem foglalkozunk, de adunk egy összefoglaló táblázatot, amiben részleteiben bemutatjuk a 33.85 kbit/s összeforgalmat.

Kódolt beszédjel	13 kbit/s
Hiba korrekció	9.8 kbit/s
Ellenőrző, szinkronizációs...	9.75 kbit/s
Nem aktív burst	1.30 kbit/s
Összesen:	33.85 kbit/s

Az ellenőrző csatornák alapfeladata a szignalizáció, ezen belül vannak:

- broadcast ellenőrző csatornák,
- közös ellenőrző csatornák több egyidejű MS-rendszerre,
- hozzárendelt ellenőrző csatornák csak egy MS részére.

GSM-hálózat

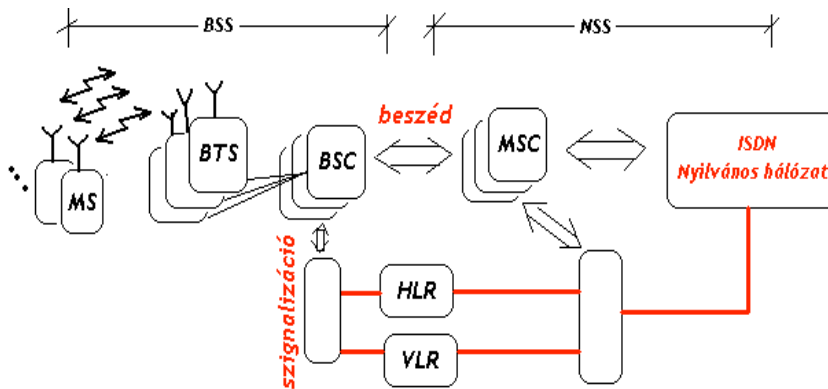
A GSM-rendszer felosztása:

- a bázisállomások rendszere BSS,
- a hálózat rendszere NSS.

A bázisállomások rendszere a bázis adóvevőkből, BTS-ből, valamint a bázisállomások szabályzásából BSC épül fel. Több BTS egy sejtben belül egy BSC ellenőrzése alatt működik. A BSS-rendszer feladata egyrészt az, hogy illeszti a kapcsolatot mobil állomásokkal a rádióinterfészen keresztül, másrészt illeszti az MSSC a PCM-csatornán.

A beszédet az MSSC-hez 16 vagy 64 kbit/s sebességgel lehet továbbítani. A 16 kbit/s sebességű kapcsoltnál, beszédkódolás ugyanaz mint az $MS \leftrightarrow BS$ kapcsolaton belül, míg a maradék bitsebesség-tartomány fel van töltve további szinkronizációs bitekkel. Ezáltal a 2 Mbit/s kapcsolaton 120 csatorna tartamának átvitelére van lehetőség, aminek eredményeképpen a BSC bonyolultsága nagymértékben csökken.

19.2. ábra. GSM-hálózat szervezése.



Az MSSC közvetíti a csatornákat mobiltól mobilig, mobiltól a fix állomásig és a fix állomástól a mobilig. Fontos jellemzője a GSM-hálózatnak a nemzetközi roaming. Ahhoz, hogy megvalósítsuk a felhasználók követését a következőket kell meghatároznunk. Minden mobil felhasználónak van egy tartománya az any HLR-ben, amelyben tárolva és aktualizálva vannak a megfelelő előfizetői adatok, ami magába foglalja az engedélyezhető szolgáltatásokat valamint az kiegészítő szolgáltatásokat és a pillanatnyi hozzáférhetőséget is.

A VLR-ben tárolják a területen pillanatnyilag vendégeszkdő MS-eket. Ez a terület magába foglalhat több sejtet is. Hozzárendelnek egy pillanatnyi mobil azonosítási számot (TMSI). Legalább egy HLR-nek és

egy VLR-nek kell lennie egy GSM-rendszerben, és a számuk a rendszer nagyságától függ. Ha hívása jön egy GSM-felhasználónak a HLR átutalja a VLR-nek, amelyik a cél MSC-hez tartozik. Ez biztosít minden szükséges adatot a kapcsolat felállításához.

Minden felhasználóhoz hozzá van rendelve egy univerzális nemzetközi azonosítási szám (IMSL).

Mivel nagymennyiségű ellenőrző adatot kell átvinni a hálózaton ezért szét kell választani a beszéd- és szignalizációs adatot és külön csatornán kell szállítani.

Az aktív kapcsolat ideje alatt az MS megszakítás nélkül méri a jel erősségét a szomszédos sejtekben is. Ha valamelyik szomszédos sejt teljesítménye felülmúlja a pillanatnyilag aktuális BTS-ét, elvégzi az átadást és átvételt.

HARMADIK GENERÁCIÓS RENDSZEREK 3G

A 3G (third generation) a harmadik generációs mobil kommunikáció rövidítése. A harmadik generációs (3G) mobilrendszerek nagy sebességű adatátvitelt tesznek lehetővé, ami nagyon kedvező lehetőséget kínál a telekommunikáció további fejlődése számára. A 3G akár 2 Mbit/sec sebességű rádiós adatátvitelt is támogat. Ez azt jelenti, hogy a mai mobil telefonhálózatok teljesítménye jelentősen megnő. Ezáltal a hálózatok több felhasználót lesznek képesek támogatni és a szolgáltatások is összetettebbé válhatnak. A harmadik generációs mobilrendszerek másik nagy előnye a csomag alapú kommunikáció. Ez a kommunikációs átviteltípus lehetővé teszi az internet és a WEB közvetlen használatát, amit az Internet Protocol (IP) biztosít.

A GPRS és az EDGE segítségével a második generációs hálózatok is biztosíthatják harmadik generációs szolgáltatások egy részét úgy, hogy felhasználják a meglevő frekvenciasávokat és hálózati infrastruktúrát. A GPRS és az EDGE-rendszerekhez új telefonkészülékekre van szükség. A GSM-rendszerek számára első lépést a GPRS-technológiára való átállás jelenti. A GPRS megnövelt sáv szélességet és csomagalapú adatcserét biztosít. A csomagalapú adatcsere azt jelenti, hogy a felhasználó folyamatos kapcsolatot tart fenn, de csak akkor fizet a szolgáltatásért, ha adatot („csomagot”) küld vagy fogad. Az átállás második lépése az EDGE-technológiára való átállás. Ez 384 kbit/sec sebességet biztosít. Az EDGE szimmetrikus és aszimmetrikus adatcserét, kiváló hangminőséget, és komplex multimédia szolgáltatásokat ígér.

TDMA rendszerekben a GPRS- és az EDGE-technológiára való átállás létrejöhet egy lépésben is annak köszönhetően, hogy a TDMA-hálózatok már eleve használják a csomagalapú kommunikációt biztosító CDPD-t.

A Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) 2 Mbit/sec sebességű kapcsolatot eredményezhet. Különböző adatformátumok (audio, video, stb.) egy időben lesznek elérhetőek.

A 3G főbb ismérvei:

- mobil multimédia,

- személyre szabott szolgáltatások,
- a digitalizáció, a mobilitás és az internet konvergenciája,
- globális szabványokon alapuló új technológiák.

A 3G segítségével az emberek bármilyen digitális információhoz hozzáférhetnek: zenéhez, fényképhez, videóhoz, televízióhoz – mozgás közben.

A 3G segítségével a régen várt kényelmi szolgáltatások valósággá válnak: multimédiás üzenetküldés (messaging), elektronikus pénztárcák, az egész világon érvényes kompatibilitás.

UMTS

Az UMTS vagyis népszerűen a 3G mobilhálózat. A fejlődés biztosított a 2G tartományból a 3G tartományba felhasználva és bővítve a meglévő szolgáltatásokat:

- GSM-alapok.
- A GSM-rendszerek simán, „fájdalommentesen” fejlődhetnek UMTS-rendszerekké.
- Az UMTS tökéletesen képes együttműködni a meglévő GSM-rendszerekkel.
- A fejlesztéshez a meglévő GSM-infrastruktúra felhasználható.
- A GSM-előfizetők megtarthatók, a fejlődés során UMTS-előfizetőkkel válnak.
- Költséghatékony fejlődési lehetőség a GSM-szolgáltatók számára.
- Integráció más cellás, vezetékes, vezeték nélküli és internethálózatokkal.

A harmadik generációs rendszerek a beszéd célú, az adatkommunikációs és a multimédiás szolgáltatások széles skáláját nyújtják. Az első- és második generációs rendszerekkel ellentétben a harmadik generációs rendszerek már egységes szemlélettel szabványosított, az adott feladathoz optimálisan megválasztott rádió-interfészekkel és egységes, összehangolt infrastruktúrával működnek. A rádióinterfészben alkalmazott hozzáférési eljárások lehetnek TDMA (Time Division Multiple Access) vagy CDMA (Code Division Multiple Access), a kialakuló szakmai, gazdasági, szabványosítási döntések szerint. Figyelemre méltó, hogy az UMTS-rendszer rádiós interfészéhez a CDMA-megoldást választották.

Az UTRA, az UMTS rádiós hozzáférés. Az UTRA földi vezeték nélküli előfizetői hozzáférés az UMTS-rendszermodellben. Fontosabb tulajdonságai a következők. Lehetséges átviteli sebességek: 144 kbit/s, 384 kbit/s vagy 2 Mbit/s a felhasználó körülményeitől függően (mozgó jármű, gyalogos és beltéri felhasználók). Az átvitel módja lehet vonalkapcsolt vagy csomagkapcsolt. Az UTRA nagy spektrumhatékonysággal működik. Lehetséges az aszimmetrikus átviteli sebesség (down-link, up-link) és így a jó internet-alkalmazhatóság is. Az UTRA együttműködési és együttélési képessége igen jó más, már meglévő rádiós távközlési szolgáltatásokkal.

CDMA-TECHNOLÓGIA

A CDMA-technológia fejlődése nyomán a Japánban már ma használt technológia pontos megnevezése cdmaOne, a következő lépcsőfok pedig a cdma2000 használata és elterjedése lesz, de mindegyik az úgynevezett szórtspektrumú CDMA-rendszeren alapul.

A szórtspektrumú rádiórendszerek közös jellemzője, hogy a továbbításhoz használt jel sávszélessége sokkal szélesebb, mint ami a továbbított információ sávszélessége alapján információelméletileg szükséges lenne. Pontosan ebből adódnak a szórtspektrumú rendszerek előnyei a korábbi átviteli, illetve modulációs módokhoz képest. A CDMA-rendszerek előnyös kapacitási, megbízhatósági, átviteli, szolgáltatási és gazdaságossági tulajdonságai miatt növekvő felhasználásokra tarthatnak igényt a földi és a műholdas távközlési rendszerekben. A CDMA kapacitása 10–20-szor nagyobb, mint az analóg rendszereké, és háromszor nagyobb más technológiákhoz – mint például a TDMA és a GSM – képest.

MOBIL MŰHOLDAS TELEKOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK

A mobil műholdas kommunikációs rendszer mind intenzívebben fejlődik, mert az igény mind kifejezettebb a felhasználók részéről a különböző szolgáltatások iránt, amit ez a fajta technika nyújt.

Általános felhasználása:

- meteorológiai műholdak,
- rádió és TV-adás,
- katonai műholdas rendszerek,
- műholdas navigációs rendszerek.

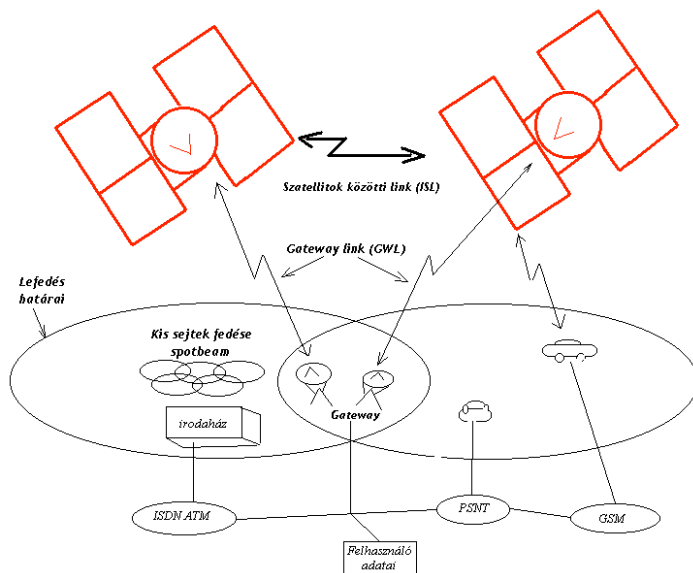
A telekommunikációs felhasználásokon belüli lehetőségek:

- globális telefon rendszer,
- globális átviteli rendszerek hálózata,
- a helyhez kötött telefonhálózat kiszélesítése a fejletlen és nagyon gyéren lakott területeken
- globális mobil telekommunikációs rendszer.

Nagyon fontos a fejlődési lehetőség a független, civil, mobil műholdas kommunikációs hálózat, ami kezdetben függetlenül fejlődne, később fontos eleme lenne a globális mobil hálózatnak, vagyis magába foglalná a 3G vagy a 4G mobil hálózat.

A következő ábra szemlélteti egy tipikus konfigurációját a műholdas kommunikációs rendszereknek.

19.3. ábra. Műholdas kommunikációs rendszerek tipikus változata.



GPS és GLONASS

Az emberiség hosszú ideig tájékozódási pontként a csillagok pozícióját alkalmazta; most fordított az irány. A GPS (Global Positioning System) Globális Helymeghatározó Rendszer, az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (DoD, Departement of Defence) által (elsődlegesen katonai célokra) kifejlesztett és üzemeltetett – a Föld bármely pontján, a nap 24 órájában működő – *műholdas helymeghatározó rendszer*.

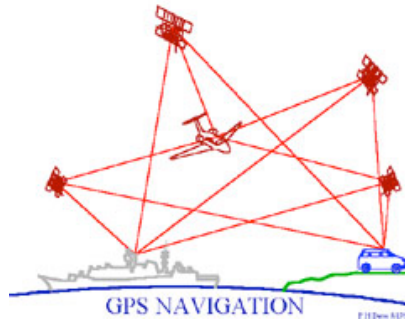
A rendszer előnye, hogy független:

- időjárástól,
- napszaktól,
- légköri viszonyoktól,
- földfelszín feletti magasságtól,
- mozgási sebességtől (a műszerrel akár vadászgépen is mérhetünk).

A GPS egy magas szintű helymeghatározó rendszer, amellyel 3 dimenziós helyzetmeghatározást, időmérést és sebességmérést végezhetünk földön, vízen vagy levegőben (19.4. ábra). Pontossága jellemzően

méteres nagyságrendű, de differenciális mérési módszerekkel akár mm pontosságot is el lehet érni és ezek a lehetőségek akár valós időben (RTCM) is elérhetők. Különösen az amerikai katonai felhasználók számára, ahol külön kódolással biztosítva vannak ezek a magasabb igényű hozzáférési lehetőségek.

19.4. ábra. A GPS rendszeri hozzáférések.



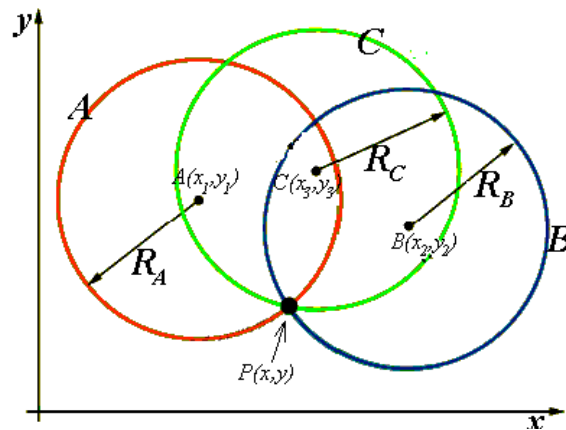
Ma jelenlevő főbb felhasználói a GPS-rendszereknek a katonaság mellett, az űrkeresés, a navigáció, a geodézia, a közlekedés, a földtudományok, az erőforráskutatások stb. A hozzáférés típusától függően különböző lehetőségek vannak biztosítva a felhasználó számára.

A GPS működésének alapelvei egyszerűek. Ezeknek az ötleteknek a gyakorlatba való átültetéséhez, valamint a rendszer rendkívül pontos működéséhez napjaink legfejlettebb technikájára van szükség. A műholdas helymeghatározó rendszer gyakorlatilag egy időmérésből kiszámított távolságmérésen alapul.

PONTOS TÁVOLSÁGMÉRÉS PONTATLAN ÓRÁJÚ VEVŐKÉSZÜLÉKKEL

A 19.5. ábrán jól látható, hogy a távolságok ideálisan pontos mérése esetén a P pont helyzetét két távolság, az R_A és az R_B mérése alapján meg tudjuk határozni, a harmadik mérésre (az R_C -re) nincs szükség, hiszen a C pont körüli R_C sugarú (C) kör felrajzolásával új információhoz nem jutunk, a három kör ugyanis egy pontban metszi egymást.

19.5. ábra. Távolságmérésen alapuló helymeghatározás illusztrációja ideális esetben, három távolság méréseivel.



Sajnos a vevőkészülék órájának pontatlansága az R_A , R_B és R_C pontos mérését lehetetlenné teszi, hiszen a távolság meghatározását a jel terjedési idejének mérésére vezetjük vissza, annak pontos meghatározása azonban ilyenkor lehetetlen.

Ez annyit jelent, hogy a GPS-rendszerben a helyzet elegendően pontos meghatározásához a vevőkészüléknek legalább négy műhold jelét kell egy időben venni és feldolgozni, azaz legalább négy műholdnak kell a látóhatár felett tartózkodni az égbolton.

BLUETOOTH

A különböző vállalatok által kifejlesztett vezeték nélküli technológia, tulajdonképpen rövid hatótávolságú rádiótechnológia. A bluetooth vezeték nélküli technológia lehetővé teszi, hogy kábelek használata nélkül vigyünk át rövid hatótávolságú jeleket telefonok, számítógépek és egyéb készülékek között.

A bluetooth vezeték nélküli technológia leegyszerűsíti a különböző berendezések közötti kommunikációt és szinkronizációt. A technológiával kiváltható az otthonokban és irodákban a berendezések – telefonok, nyomtatók, digitális személyi asszisztensek, asztali és hordozható számítógépek, faxkészülékek, billentyűzetek és joystickok – összekapcsolására használt számos kábel. Gyakorlatilag bármely, a bluetooth vezeték nélküli technológiát tartalmazó digitális berendezés hasznosíthatja majd a technológiát. A minimális energiafogyasztású (1mW) rendszer 2,4 GHz-es frekvencián üzemel, körülbelül tíz méter hatótávolságot

ságú és maximálisan 720 kbit/s sebességű adatátvitelt tesz lehetővé. A bluetooth-készülékek maximum 256 darabból álló hálózatot alkothatnak. A bluetooth vezeték nélküli technológia a kábelek kiváltásánál jóval többet jelent: univerzális hidat alkot a jelenlegi adatátviteli hálózatok felé, periférikus interfészt biztosít és módszert, amellyel a helyhez kötött hálózati infrastruktúrán kívül kisebb magáncélú készülékcsoportokat alkothatunk.

A bluetooth rádióadó gyors vételnyugtázást és frekvenciaugratásos kapcsolást használ, hogy még zajos rádiókörnyezetben is jó minőségű kapcsolatot biztosítson.

KÉRDÉSEK

1. A mobil kommunikáció fejlődése.
2. A GSM-hálózat alapvető jellemzői.
3. A GSM-hálózatban miért választották ki a leírtak alapján a vivő frekvenciákat a fel- és a lemenő ágakban.
4. A GSM-csatorna burst-jának a szerkezete.
5. Hogyan jön létre a TDM-jel a GSM-burstben?
6. GSM-hálózat szervezeti felépítése.
7. Szervezeti elemek kölcsönhatása.
8. Miben különbözik egy 3G-s rendszer a GSM-rendszertől.
9. Milyen fogalmat takar az UMTS?
10. UTRA szerepe a hálózatban.
11. CDMA-technológia.
12. Mobil szatellit kommunikációs-rendszer felépítése.
13. GPS és GLONAS-rendszer alapvető paraméterei.
14. Távolságmérési eljárás a GPS-rendszerekben.
15. Miként növelhető a mérés pontossága pontatlan időmérő eszköz mellett is?
16. Bluetooth-rendszer működési elve.

Irodalom

- [1] Tanenbaum A. S. (2004): *Számítógép-hálózatok*. Budapest: Panem.
- [2] Kónya László (1999): *Számítógép-hálózatok*. Budapest: LSI.
- [3] Englert Tamás (2002): *Netware 4 Hálózati Operációs Rendszer*. Budapest: LSI.
- [4] Stallings, W. (1988): *Data and Computer Communications*. New York: Macmillan.
- [5] Cole, C. D. (1990): *Computer Networking for Systems Programmers*. New York: John Wiley.
- [6] Brian Komar (2002): *Sams Teach Yourself TCP/IP Networking in 21 Days*.
- [7] Proakis, J. G. (1998): *Communication Systems Engineering*. Prentice Hall.