ELTE IK - Programtervező Informatikus BSc

Záróvizsga tételek

18. Számítógépes hálózatok és Internet eszközök

Számítógépes hálózatok és Internet eszközök

Rétegmodellek. Fizikai réteg: alapsáv, szélessáv, digitális kódolások, moduláció. Adatkapcsolati réteg: keretezés, hiba felügyelet (észlelés, javítás), CRC, forgalomszabályozás, dinamikus csatornakiosztás. Hálózati réteg: távolságvektor protokoll (distance vector), kapcsolatállapot protokoll (link-state), BGP, útvonal-vektor protokoll, IPv4 vs IPv6. Szállítói réteg: UDP, TCP (kapcsolat kezelés, torlódás); Alkalmazási réteg: DNS, HTTP, DHCP, ARP.

1 Hálózatok modelljei

TCP/IP modell

Transmission **C**ontrol **P**rotocol/**I**nternet **P**rotocol. Röviden TCP/IP. A TCP/IP modell 1982-ben lett az amerikai hadászati célú számítógépes hálózatok standardja. 1985-től népszerűsítették kereskedelmi használatra.

4 Réteget különböztet meg:

1. Kapcsolati réteg
2. Hálózati réteg
3. Szállítói réteg
4. Alkalmazási réteg

OSI modell

Open **S**ystem **I**nterconnection Reference Model. Röviden OSI referencia modell. Standard koncepcionális modellt definiál kommunikációs hálózatok belső funkcionalitásához.

7 Réteget különböztet meg:

1. Fizikai réteg
2. Adatkapcsolati réteg
3. Hálózati réteg
4. Szállítási réteg
5. Munkamenet réteg
6. Megjelenítési réteg
7. Alkalmazási réteg

2 Fizikai réteg

Definíció

A fizikai réteg feladata a bitek továbbítása a kommunikációs csatornán keresztül. Azaz a korrekt bit átvitel

biztosítása, a kapcsolat kezelése és az átvitelhez szükséges idő és egyéb részletek tisztázása.
Tehát a tervezési szempontok az interfész mechanikai, elektromos és eljárási kérdéseire, illetve az átviteli közegre vonatkoznak.

Adatátvitel

Vezetékes

Adatátvitel vezeték esetén valamilyen fizikai jellemző változtatásával lehetséges (pl.: feszültség, áramerősség). Ezt egy $g(t)$ periodikus függvénnyel jellemezhetjük.

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n cos(2\pi nft)$$

ahol $f = \frac{1}{T}$ az alapfrekvencia, a_n és b_n pedig az n-edik harmonikus szinuszos illetve koszinuszos amplitúdók

Vezetékes nélküli

Vezeték nélküli adatátvitelre sok helyen használnak elektormágneses hullámokat. A hullámoknak van frekvenciája és hullámhossza.

- Frekvencia: A hullám másodpercenkénti rezgésszáma. Jele: f, mértékegysége: Hz (Hertz)
- Hullámhossz: két egymást követő hullámcsúcs (v. hullámvölgy) közötti távolság. Jele: λ

$$\lambda f = c$$

ahol c a fénysebesség, azaz az elektromágneses hullámok terjedési sebessége vákuumban.

Tartomány neve	Hullámhossz (*centiméter*)	Frekvencia (*Hertz*)
Rádió	10	$< 3 * 10^9$
Mikrohullám	10 - 0.01	$3 * 10^9$ - $3 * 10^{12}$
Infravörös	0.01 - 7×10^{-5}	3×10^{12} - 4.3×10^{14}
Látható	7×10^{-5} - 4×10^{-5}	$4.3 * 10^{14}$ - $7.5 * 10^{14}$
Ultraibolya	4×10^{-5} - 10^{-7}	$7.5 * 10^{14}$ - $3 * 10^{17}$
Röntgen sugarak	10^{-7} - 10^{-9}	$3 * 10^{17}$ - $3 * 10^{19}$
Gamma sugarak	$< 10^{-9}$	$> 3 * 10^{19}$

ábra 1: Elektromágneses spektrum

Szimbólumok

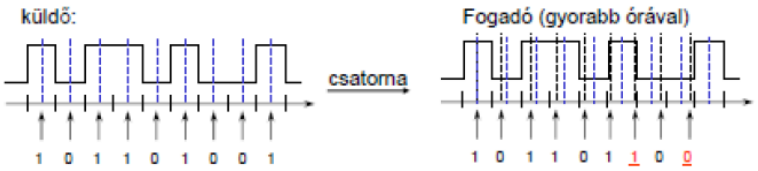
Bitek helyett szimbólumokat küldünk át. (Pl. 4 szimbólum: A - 00, B - 01, C - 10, D - 11)
Baud: szimbólum/másodperc
Adatráta: bit/másodperc

Szinkronizáció

Kérdés: Mikor kell szignálokat mérni, illetve mikor kezdődik egy szimbólum? Ehhez szinkronizáció kell a felek között.

- Explicit órajel
  Párhuzamos átviteli csatornák használata, szinkronizált adatok, rövid átvitel esetén alkalmas.
- Kritikus időpontok
  Szinkronizáljunk például egy szimbólum vagy blokk kezdetén, a kritikus időpontokon kívül szabadon futnak az órák, feltesszük, hogy az órák rövid ideig szinkronban futnak.

- Szimbólum kódok
  Önütemező jel–külön órajel szinkronizáció nélkül dekódolható jel, a szignál tartalmazza a szinkronizáláshoz szükséges információt.



ábra 2: Szinkronizáció szükségessége

Átviteli közegek

Vezetékes

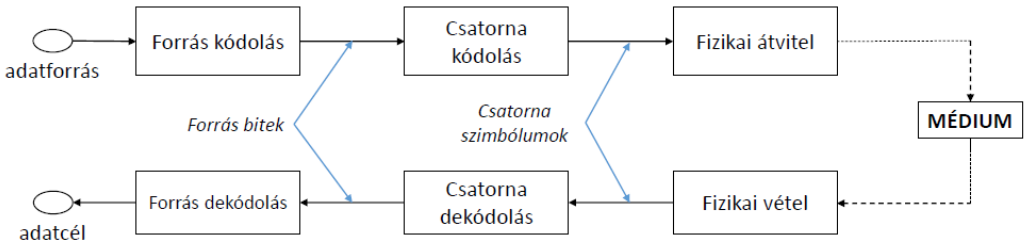
- mágneses adathordozók
  sávszélesség jó, késleltetés nagy
- sodort érpár
  Főként távbeszélőrendszerekben használatos; dupla rézhuzal; analóg és digitális jelátvitel
- Koaxális kábel
  Nagyobb sebesség és távolság érhető el, mint a sodorttal; analóg és digitális jelátvitel
- Fényvezető szálak
  Fényforrás, átviteli közeg és detektor; fényimpulzus 1-es bit, nincs fényimpulzus 0-s bit

Vezetékes nélküli

- Rádiófrekvenciás átvitel
  egyszerűen előállíthatóak; nagy távolság; kültéri és beltéri alkalmazhatóság; frekvenciafüggő terjedési jellemzők
- Mikrohullámú átvitel
  egyenes vonal mentén terjed; elhalkulás problémája; nem drága
- Infravörös és milliméteres hullámú átvitel
  kistávolságú átvitel esetén; szilárd tárgyakon nem hatol át
- Látható fényhullámú átvitel
  lézerforrás + fényérzékelő; nagy sávszélesség, olcsó, nem engedélyköteles; időjárás erősen befolyásolhatja

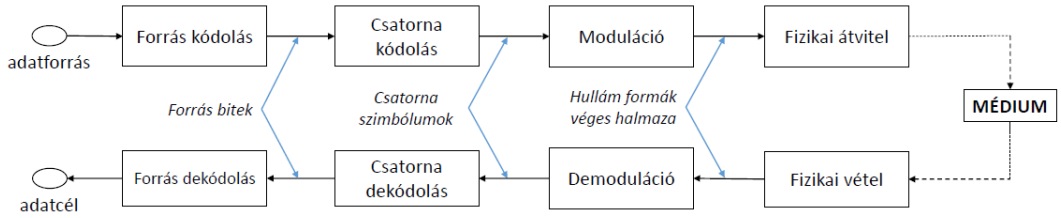
Jelátvitel

- Alapsáv
  A digitális jel direkt árammá vagy feszültséggé alakul. A jel minden frekvencián átvitelre kerül. Átviteli korlátok



ábra 3: Digitális alapsávú átvitel struktúrája

- Szélessáv
  Széles frekvencia tartományban történik az átvitel. A jel modulálására az alábbi lehetőségeket használhatjuk.



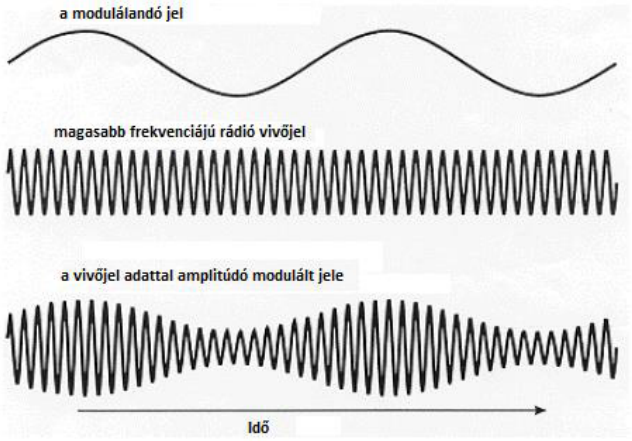
ábra 4: Digitális szélessávú átvitel struktúrája

Modulációk:
Egy szinuszos rezgés ábrázolása T periódus idejű függvényre $g(t) = Asin(2\pi ft + \varphi)$, ahol A az amplitúdó, $f = \frac{1}{T}$ a frekvencia és φ a fáziseltolás

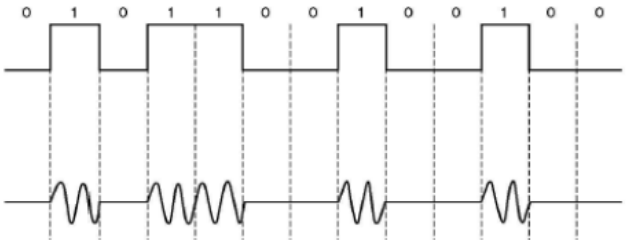
- Amplitúdó moduláció
  Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe amplitúdójaként kódoljuk, azaz:

$$f_A(t) = s(t) \cdot sin(2\pi ft + \varphi)$$

  Analóg szignál: amplitúdó moduláció
  Digitális szignál: amplitúdó keying(szignál erőssége egy diszkrét halmaz értékeinek megfelelően változik)



ábra 5: Amplitúdó moduláció

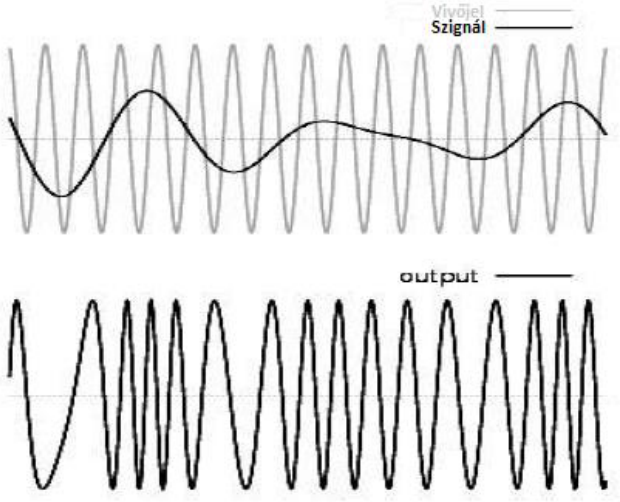


ábra 6: Amplitúdó keying

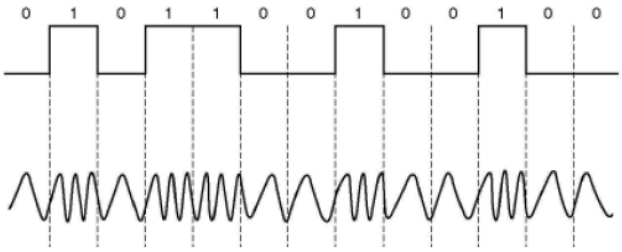
- Frekvencia moduláció
  Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe frekvenciájában kódoljuk, azaz:

$$f_F(t) = a \cdot sin(2\pi s(t)t + \varphi)$$

Analóg szignál: frekvencia moduláció
Digitális szignál: frekvencia-eltolás keying(például egy diszkrét halmaz szimbólumaihoz különböző frekvenciák hozzárendelésével)



ábra 7: Frekvencia moduláció

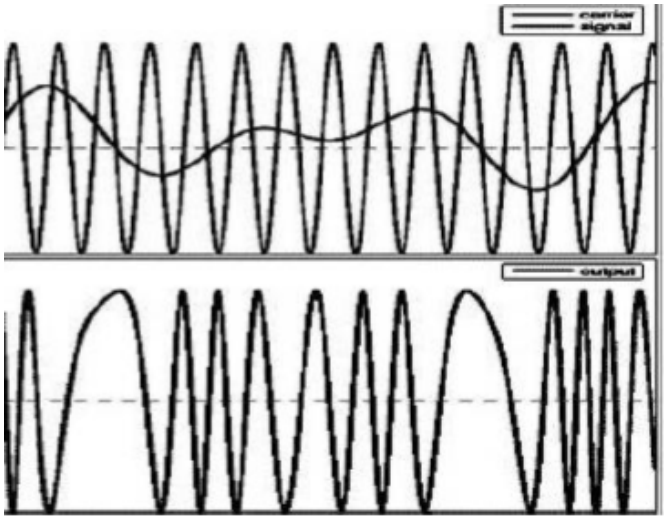


ábra 8: Frekvencia keying

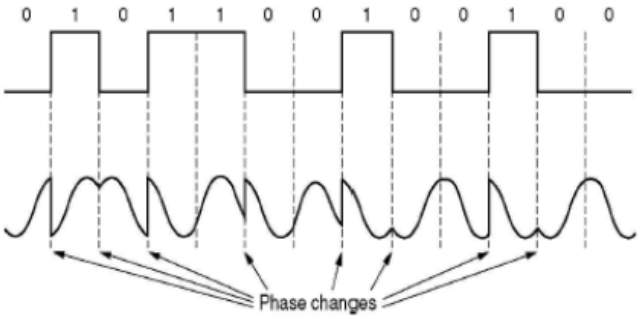
– Fázis moduláció
Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe fázisában kódoljuk, azaz:

$$f_P(t) = a \cdot sin(2\pi ft + s(t))$$

Analóg szignál: fázis moduláció (nem igazán használják)
Digitális szignál: fázis-eltolás keying (például egy diszkrét halmaz szimbólumaihoz különböző fázisok hozzárendelésével)



ábra 9: Fázis moduláció



ábra 10: Fázis-eltolás keying

Digitális és analóg jelek összehasonlítása:
Digitális átvitel: Diszkrét szignálok véges halmazát használja (például feszültség vagy áramerősség értékek).
Analóg átvitel: Szignálok folytonos halmazát használja (például feszültség vagy áramerősség a vezetékben)
Digitális esetében lehetőség van a vételpontosság helyreállítására illetve az eredeti jel helyreállítására, míg az analógnál a fellépő hibák önmagukat erősíthetik.

3 Adatkapcsolati réteg

Definíció

Az adatkapcsolati réteg feladata jól definiált szolgálati interfész biztosítása a hálózati rétegnek, melynek három fázisa van:

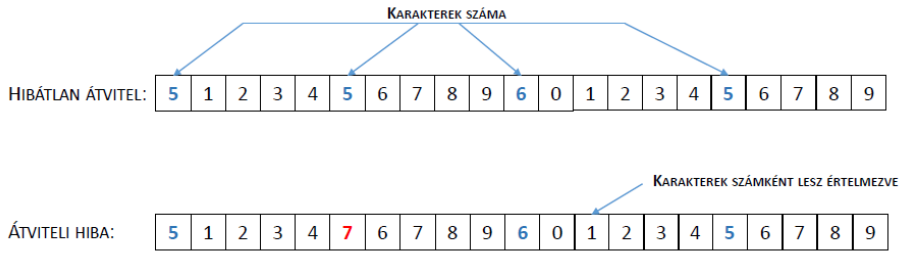
- nyugtázatlan összeköttetés alapú szolgálat
- nyugtázott összeköttetés nélküli szolgálat
- nyugtázott összeköttetés alapú szolgálat

Továbbá az átviteli hibák kezelése és az adatforgalom szabályozása (elárasztás elkerülése).

Keretképzés

A fizikai réteg nem garantál hibamentességet, az adatkapcsolati réteg feladata a hibajelzés illetve a szükség szerint javítás. Erre megoldás: keretekre tördelése a bitfolyamnak, és ellenőrző összegek számítása. A keretezés nem egyszerű feladat, mivel megbízható időzítésre nem nagyon van lehetőség. Négy lehetséges módszer:

1. Karakterszámlálás
   A keretben lévő karakterek számát a keret fejlécében adjuk meg. Így a vevő adatkapcsolati rétege tudni fogja a keret végét. Probléma: nagyon érzékeny a hibára a módszer.

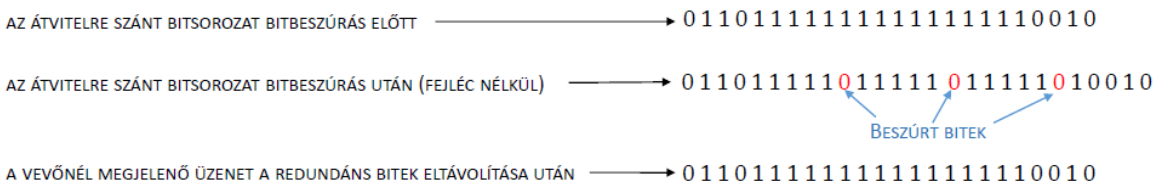


ábra 11: Karakterszámlálás

2. Kezdő és végkarakterek karakterbeszúrással
   Különleges bájtokat helyezünk el a keret elejének és végének jelzésére, aminek a neve jelző bájt(flagbyte). Az adatfolyamban szereplő speciális bájtokhoz ESC bájtot használnak.

ábra 12: Kezdő és végkarakterek karakterbeszúrással

3. Kezdő és végjelek bitbeszúrása
   Minden keret egy speciális bitmintával kezdődik (flagbájt, 01111110) és minden egymást követő 5 hosszú folytonos 1-es bit sorozat után beszúr egy 0-át.



ábra 13: Kezdő és végjelek bitbeszúrásal

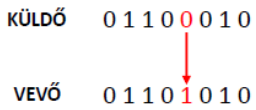
4. Fizikai rétegbeli kódolás-sértés
   Olyan hálózatokban használható, ahol a fizikai rétegbeli kódolás redundanciát tartalmaz.

Hibakezelés

Hibakezelés szempontjából a következő két esetet kell vizsgálnunk. A keretek megérkeztek-e a célállomás hálózati rétegéhez, illetve helyes sorrendben érkeztek-e meg. Ehhez valamilyen visszacsatolás szükséges a vevő és az adó között. (például nyugták). Időkorlátokat vezetünk be az egyes lépésekhez. Hiba estén a csomagot újraküldjük. Többszörös vétel lehet, amin segíthet a sorszámok használata. Az adatkapcsolati réteg feladata a hibakezelés szempontjából, hogy az időzítőket és számlálókat úgy kezelje, hogy biztosítani tudja a keretek pontosan egyszeri (nem több és nem kevesebb) megérkezését a célállomás hálózati rétegéhez.

Bithibák:

- egyszerű bithiba
  Az adategység 1 bitje nulláról egyre avagy egyről nullára változik.



ábra 14: Egyszerű bithiba

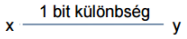
- csoportos bithiba
  Egy olyan folytonos szimbólum sorozatot, amelynek az első és utolsó szimbóluma hibás, és nem létezik ezen két szimbólummal határolt részsorozatban olyan m hosszú részsorozat, amelyet helyesen fogadtunk, m hosszú csoportos bithibának nevezünk.

Hiba jelzés és javítás:
Kétféle hibakezelési stratégia létezik. Ezek a hibajelző (redundáns információ mellékelése) és hibajavító kódok (adatok közé iktatott redundancia). [Megbízható csatornákon a hibajelzés olcsóbb. (csomagot inkább újraküldjük). A kevésbé megbízható csatornákon a hibajavításos módszer célszerűbb]

- Hamming-távolság, Hamming-korlát
  Küldendő keret m bitet tartalmaz. Redundáns bitek száma r. Tehát az elküldött keret: $n = m + r$ bit.
  Hamming-távolság:
  Az olyan bitpozíciók számát, amelyeken a két kódszóban különböző bitek állnak, a két kódszó Hamming távolságának nevezzük. Jelölés: $d(x, y)$
  Legyen S az egyenlő hosszú bitszavak halmaza. S Hamming-távolsága:

$$d(S) := \min_{x,y,\in S \ \wedge \ x \neq y} d(x, y)$$

  d(S) = 1 esetén:
  Nincs hibafelismerés, ugyanis megengedett kódszóból 1 bit megváltoztatásával megengedett kódszó áll elő.

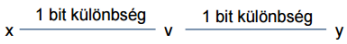


ábra 15: Kód Hamming-távolsága = 1

  d(S) = 2 esetén:
  Ha az x kódszóhoz létezik olyan v nem megengedett kódszó, amelyre $d(u, x) = 1$, akkor hiba történt. Ha x és y megengedett kódszavak (távolságuk minimális = 2), akkor a következő összefüggésnek teljesülnie kell:

$$2 = d(x, y) \leq d(x, v) + d(v, y)$$

  Azaz egy bithiba felismerhető, de nem javítható.



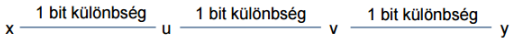
ábra 16: Kód Hamming-távolsága = 2

  d(S) = 3 esetén:
  Ekkor minden u, melyre $d(x, u) = 1$ és $d(u, y) > 1$ nem megengedett. Ekkor három lehetőség áll fent:
  - x került átvitelre és 1 bit hibával érkezett

– y került átvitelre és 2 bit hibával érkezett

– valami más került átvitelre és legalább 2 bit hibával érkezett

De valószínűbb, hogy x került átvitelre, tehát ez egy 1 bit hiba javító, 2 bit hiba felismerő kód.



ábra 17: Kód Hamming-távolsága = 3

Hamming-korlát:
$C \subseteq \{0,1\}^n$ és $d(C) = k$. Ekkor a kódszavak $\frac{k-1}{2}$ sugarú környezeteiben található bitszavak egymással diszjunkt halmazainak uniója legfeljebb az n-hosszú bitszavak halmazát adhatja ki. Vagyis formálisan:

$$|C| \sum_{i=0}^{\lfloor \frac{k-1}{2} \rfloor} \binom{n}{i} \leq 2^n$$

– Hibafelismerés:
d bit hiba felismeréséhez a keretek halmazában legalább $d+1$ Hamming távolság szükséges.

– Hibajavítás:
d bit hiba javításához a megengedett keretek halmazában legalább $2d+1$ Hamming távolság szükséges.

– Kód rátája:
$R_S = \frac{log_2|S|}{n}$ a kód rátája ($S \subseteq \{0,1\}^n$) - hatékonyságot karakterizálja

– Kód távolsága:
$\delta_S = \frac{d(S)}{n}$ a kód távolsága ($S \subseteq \{0,1\}^n$) - hibakezelést karakterizálja

A jó kódnak a rátája és a távolsága is nagy.

- Paritásbit

A paritásbit olyan bit, melyet a kódszóban lévő egyesek száma alapján választunk.

– Odd Parity - ha az egyesek száma páratlan, akkor 0 befűzése; egyébként 1-es befűzése

– Even Parity - ha az egyesek száma páros, akkor 0 befűzése; egyébként 1-es befűzése

Egy paritást használó módszer az ún. Hamming módszer:
A kódszó bitjeit számozzuk meg (1-gyel kezdődően). A 2 hatványú pozíciókon az ellenőrző bitek kapnak helyet, a maradék helyekre az üzenet bitjei kerülnek. Mindegyik ellenőrző bit a bitek egy csoportjának (beleértve önmagát is) a paritását állítja be párosra (vagy páratlanra).
A csoportok a következőképp alakulnak:

– 1. bit: Minden első egyhosszú bitsorozat az első bittől kezdve (tehát: 1,3,5,7,...)

– 2. bit: Minden első kéthosszú bitsorozat a második bittől kezdve (tehát: 2-3,6-7,10-11)

– 4. bit: Minden első négyhosszú bitsorozat a negyedik bittől kezdve (tehát: 4-7,12-15)

– stb.

Bit position		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Encoded data bits		p1	p2	d1	p4	d2	d3	d4	p8	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	p16	d12	d13	d14	d15	
Parity bit coverage	p1	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		
	p2		X	X			X	X			X	X			X	X			X	X		...
	p4				X	X	X	X					X	X	X	X					X	
	p8								X	X	X	X	X	X	X	X						
	p16																X	X	X	X	X	

ábra 18: Paritásbitek csoportjai

Példa:
Legyen az átküldendő üzenet: 1000101
Ekkor a kódszó a következőképp alakul:
♡♡1♡000♡101
A 8. bit a 8-11 bitsorozat paritását állítja be párosra:
♡♡1♡0000101
A 4. bit a 4-7 bitsorozat paritását állítja be párosra:
♡♡100000101
A 2. bit a 2-3, 6-7, 10-11 bitsorozat paritását állítja be párosra:
♡0100000101
Az 1. bit az 1,3,5,7,9,11 bitsorozat paritását állítja be párosra:
10100000101

Tehát a elküldendő bitsorozat: 10100000101

- CRC - Polinom-kód, azaz ciklikus redundancia
  A bitsorozatokat egy $\mathbb{Z}_2$ feletti polinom ($M(x)$) együtthatóinak tekintjük. Definiálunk egy $G(x)$ r fokú generátorpolinomot, melyet a vevő és küldő egyaránt ismer.
  1. Fűzzünk r darab 0 bitet a keret alacsony helyi értékű végéhez. Azaz vegyük az $x^r M(x)$ polinomot (ez már $m + r$ fokú)
  2. Osszuk el $x^r M(x)$-et $G(x)$-szel (mod 2).
  3. A maradékot (mely mindig r vagy kevesebb bitet tartalmaz) vonjuk ki $x^r M(x)$-ből (mod 2). Így az eredeti keret végére egy r hosszú ellenőrző összeg kerül. Legyen ez a polinom $T(x)$.
  4. A vevő egy $T(x) + E(x)$-nek megfelelő polinomot kap (ahol $E(x)$ a hiba polinom). Ezt elosztva a generátorpolinommal egy $R(x)$ polinomot kapunk. Ha ez a polinom nem nulla, akkor hiba történt.

  A $G(x)$ többszöröseinek megfelelő bithibákat nem ismerjük fel.

Protokollok

Elemi adatkapcsolati protokollok

- Korlátozás nélküli szimplex protokoll
  Környezet:
  - Adó, vevő: mindig kész.
  - Nincs feldolgozási idő
  - Végtelen puffer
  - Nincs keret rontás, vesztés

  Protokoll:
  - Nincs sorszám/nyugta
  - Küldő végtelen ciklusban küldi kifele a kereteket folyamatosan
  - A vevő kezdetben várakozik az első keret megérkezésére, keret érkezésekor a hardver puffer tartalmát változóba teszi és az adatrészt továbbküldi a hálózati rétegnek.
- Szimplex megáll és vár protokoll
  Környezet:
  - Adó, vevő hálózati rétegei: mindig kész.
  - A vevőnek δt időre van szüksége a bejövő keret feldolgozására.
  - Nincs pufferelés és sorban állás sem
  - Nincs keret rontás, vesztés

Protokoll:

- Nincs sorszám/nyugta
- Küldő egyesével küld, következőt csak a nyugtát követően.
- A vevő kezdetben várakozik az első keret megérkezésére, keret érkezésekor a hardver puffer tartalmát változóba teszi és az adatrészt továbbküldi a hálózati rétegnek, végül nyugtázza a keretet.

- Szimplex protokoll zajos csatornához
  Környezet:
  - Adó, vevő hálózati rétegei: mindig kész.
  - A vevőnek δt időre van szüksége a bejövő keret feldolgozására.
  - Nincs pufferelés és sorban állás sem
  - Keret sérülhet, elveszhet

  Protokoll:
  - Nincs sorszám/nyugta
  - Küldő egyesével küld, addig nem küld újat, míg határidőn belül nyugtát nem kap. Határidő után újraküldi a keretet.
  - A vevő kezdetben várakozik az első keret megérkezésére, keret érkezésekor a hardver puffer tartalmát változóba teszi, leellenőrzi a kontroll összeget:
    * Nincs hiba: az adatrészt továbbküldi a hálózati rétegnek, végül nyugtázza a keretet.
    * Van hiba: eldobja a keretet és nem nyugtáz

Csúszóablakos protokoll

Egy adott időpontban egyszerre több keret is átviteli állapotban lehet. A fogadó n keretnek megfelelő méretű puffert allokál. A küldőnek legfeljebb n, azaz ablak méretnyi, nyugtázatlan keretet küldése engedélyezett. A keret sorozatbeli pozíciója adja a keret címkéjét. (sorozatszám). A fogadónak a hibás, illetve a nem megengedett sorozatszámmal érkező kereteket el kell dobnia. A küldő nyilvántartja a küldhető sorozatszámok halmazát (adási ablak). A fogadó nyilvántartja a fogadható sorozatszámok halmazát (vételi ablak). Az adási ablak minden küldéssel szűkül, illetve nő egy nyugta érkezésével.

Mi van ha egy hosszú folyam közepén történik egy keret hiba?

1. "visszalépés N-nel" stratégia
   Az összes hibás keret utáni keretet eldobja és nyugtát sem küld róluk. Mikor az adónak lejár az időzítője, akkor újraküldi az összes nyugtázatlan keretet, kezdve a sérült vagy elveszett kerettel. Hátrány: Nagy sávszélességet pazarolhat el, ha nagy a hibaarány.
2. "szelektív ismétlés" stratégia
   A hibás kereteket eldobja, de a jó kereteket a hibás után puffereli. Mikor az adónak lejár az időzítője, akkor a legrégebbi nyugtázatlan keretet küldi el újra. Hátrány: Nagy memória igény nagy vételi ablak esetén.

Példák adatkapcsolati protokollokra

- HDLC - High-level Data Link Control
  A HDLC protokoll 3 bites csúszó-ablak protokollt alkalmaz a sorszámozáshoz. Három típusú keretet használ:
  - információs
  - felügyelő
    * nyugtakeret (RECIEVE READY)
    * negatív nyugta keret (REJECT)
    * vételre nem kész (RECIEVE NOT READY) - nyugtáz minden keretet a következőig
    * szelektív elutasítás (SELECTIVE REJECT) - egy gy adott keret újraküldésére szólít fel

– Számozatlan

Általános keretfelépítése:

– FLAG bájt a keret határok jelzésére
– *cím* mező - több vonallal rendelkező terminálok esetén van jelentősége
– *vezérlés* mező - sorszámozás, nyugtázás és egyéb feladatok ellátására
– *adat* mező - tetszőleges hosszú adat lehet
– *ellenőrző összeg* mező - CRC kontrollösszeg (CRC-CCITT generátor polinom felhasználásával)

8 bit	8 bit	8 bit	< 0 bit	16 bit	8 bit
01111110	CÍM	VEZÉRLÉS	ADAT	ELLENŐRZŐ ÖSSZEG	01111110

ábra 19: HDLC keret felépítése

- PPP - Point-to Point Protocol
  A PPP protokoll három dolgot biztosít:
  – Keretezési módszert (egyértelmű kerethatárok)
  – Kapcsolatvezérlő protokollt (a vonalak felélesztésére, tesztelésére, az opció egyeztetésére és a vonalak elengedésére.)
  – Olyan módot a hálózati réteg-opciók megbeszélésére, amely független az alkalmazott hálózati réteg-protokolltól.

  Bájt alapú keretszerkezet használ (azaz a legkisebb adategység a bájt). Vezérlő mező alapértéke a számozatlan keretet jelzi. Protokoll mezőben protokoll kód lehet az LCP, NCP, IP, IPX, AppleTalk- vagy más protokollhoz.

1	1	1	1 vagy 2	változó	2 vagy 4	1
Jelző 01111110	Cím 1111111	Vezérlő 00000011	Protokoll	Adatmező	Ellenőrző összeg	Jelző 01111110

ábra 20: PPP keret felépítése

MAC - Media Access Control

Eddigi tárgyalásaink során pont-pont összeköttetést feltételeztünk. Most az adatszóró csatornát használó hálózatok tárgykörével foglalkozunk majd. A csatorna kiosztás történhet statikus vagy dinamikus módon.

Statikus esetben vagy Frekvenciaosztásos nyalábolást vagy időosztásos nyalábolást használnak. Frekvenciaosztásos esetben a sávszélességet osztják N részre, és mindegyik felhasználó egy sávot kap. Időosztásos esetben az időegységet osztják N részre és ezeket adják a felhasználóknak. Mind a két módszer löketszerű forgalom esetén nem tud hatékony lenni.

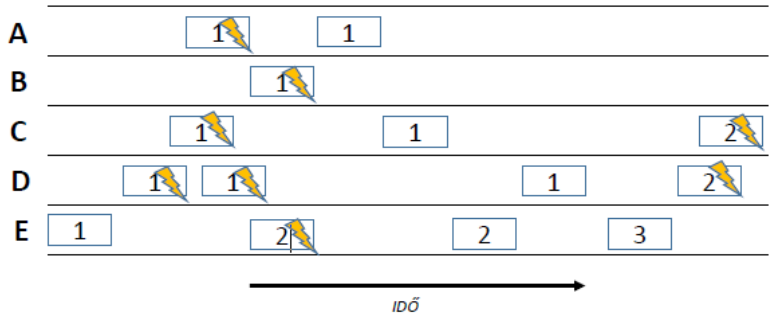
A továbbiakban a dinamikus csatorna kiosztási módszereket vizsgáljuk.

- Verseny protokollok
  N független állomás van, amelyeken egy program vagy egy felhasználó továbbítandó kereteket generál. Ha egy állomás generált egy keretet, akkor blokkolt állapotban marad mindaddig, amíg a keretet sikeresen nem továbbította. Egyetlen csatorna van, melyen mindenféle kommunikáció zajlik. Minden állomás tud adatot küldeni és fogadni ezen a csatornán. Ha két keret egy időben kerül átvitelre, akkor átlapolódnak, és az eredményül kapott jel értelmezhetetlenné válik. Ezt nevezzük ütközésnek. Ez minden állomás számára felismerhető. Az ütközésben érintett kereteket később újra kell küldeni. (Ezen a hibán kívül egyéb hiba nem történhet.)
  Kétféle időmodellt különböztetünk meg:

1. Folytonos – Mindegyik állomás tetszőleges időpontban megkezdheti a küldésre kész keretének sugárzását.
2. Diszkrét – Az időt diszkrét résekre osztjuk. Keret továbbítás csak időrés elején lehetséges. Az időrés lehet üres, sikeres vagy ütközéses

Az egyes állomások vagy rendelkeznek vivőjel érzékeléssel vagy nem. Ha nem, akkor az állomások nem tudják megvizsgálni a közös csatorna állapotát, ezért egyszerűen elkezdenek küldeni, ha van rá lehetőségük. Ha igen, akkor az állomások meg tudják vizsgálni a közös csatorna állapotát a küldés előtt. A csatorna lehet: foglalt vagy szabad. Ha a foglalt a csatorna, akkor nem próbálják használni az állomások, amíg fel nem szabadul

– Egyszerű ALOHA
  A felhasználó akkor vihet át adatot, amikor csak szeretne. Ütközés esetén véletlen ideig várakozik az állomás, majd újra próbálkozik.
  Keret idő–egy szabványos, fix hosszúságú keret átviteléhez szükséges idő
  Egy keret akkor nem szenved ütközést, ha elküldésének első pillanatától kezdve egy keretideig nem próbálkozik más állomás keretküldéssel.



ábra 21: Egyszerű ALOHA keret ütközések

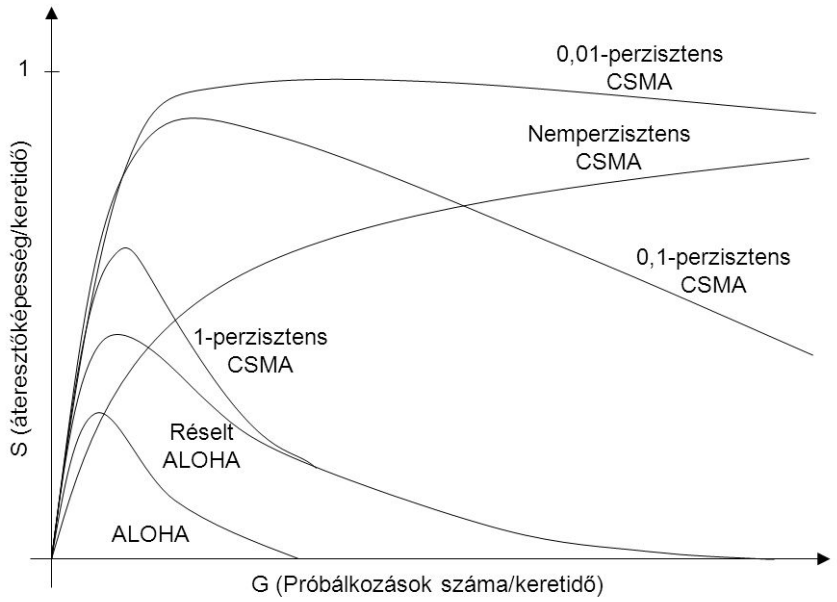
– Réselt ALOHA
  Az idő diszkrét, keretidőhöz igazodó időszeletek-re osztásával az ALOHA rendszer kapacitása megduplázható. A csatorna terhelésének kis növekedése is drasztikusan csökkentheti a médium teljesítményét.
– 1-perzisztens CSMA
  Vivőjel érzékelés van, azaz minden állomás belehallgathat a csatornába. Folytonos időmodellt használ a protokoll.
  Algoritmus:
  1. Keret leadása előtt belehallgat a csatornába:
     (a) Ha foglalt, akkor addig vár, amíg fel nem szabadul. Szabad csatorna esetén azonnal küld. (perzisztens)
     (b) Ha szabad, akkor küld.
  2. Ha ütközés történik, akkor az állomás véletlen hosszú ideig vár, majd újrakezdi a keret leadását.
– Nem-perzisztens CSMA
  Vivőjel érzékelés van, azaz minden állomás belehallgathat a csatornába. Folytonos időmodellt használ a protokoll. Mohóságot kerüli, azaz nem küld azonnal, ha foglalt.
  Algoritmus:
  1. Keret leadása előtt belehallgat a csatornába:
     (a) Ha foglalt, akkor véletlen ideig vár (nem figyeli a forgalmat), majd kezdi előről a küldési algoritmust. (nem-perzisztens)
     (b) Ha szabad, akkor küld.

2. Ha ütközés történik, akkor az állomás véletlen hosszú ideig vár, majd újrakezdi a keret leadását.

– p-perzisztens CSMA
Vivőjel érzékelés van, azaz minden állomás belehallgathat a csatornába. Diszkrét időmodellt használ a protokoll.
Algoritmus:

1. Adás kész állapotban az állomás belehallgat a csatornába:
   (a) Ha foglalt, akkor vár a következő időrésig, majd megismétli az algoritmust.
   (b) Ha szabad, akkor p valószínűséggel küld, illetve $1-p$ valószínűséggel visszalép a szándékától a következő időrésig. Várakozás esetén a következő időrésben megismétli az algoritmust. Ez addig folytatódik, amíg el nem küldi a keretet, vagy amíg egy másik állomás el nem kezd küldeni, mert ilyenkor úgy viselkedik, mintha ütközés történt volna.
2. Ha ütközés történik, akkor az állomás véletlen hosszú ideig vár, majd újrakezdi a keret leadását.

– CSMA/CD
Ütközés érzékelés esetén meg lehessen szakítani az adást. Minden állomás küldés közben megfigyeli a csatornát, ha ütközést tapasztalna, akkor megszakítja az adást, és véletlen ideig várakozik, majd újra elkezdi leadni a keretét



ábra 22: ALOHA és CSMA protokollok összehasonlítása

- Verseny mentes protokollok
Motiváció: Az ütközések hátrányosan hatnak a rendszer teljesítményére, és a CSMA/CD nem mindenhol alkalmazható.
N állomás van. Az állomások 0-ától N-ig egyértelműen sorszámozva vannak. Réselt időmodellt feltételezünk.

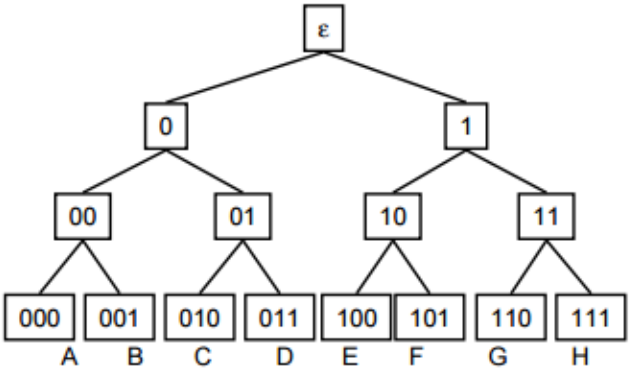
  – Egy helyfoglalásos protokoll
  Ha az i-edikállomás küldeni szeretne, akkor a i-edikversengési időrésben egy 1-es bit elküldésével jelezheti. Így a versengési időszak végére minden állomás ismeri a küldőket. A küldés a sorszámok szerinti sorrendben történik meg.

  – Bináris visszaszámlálás protokoll

Minden állomás azonos hosszú bináris azonosítóval rendelkezik. A forgalmazni kívánó állomás elkezdi a bináris címét bitenként elküldeni a legnagyobb helyi értékű bittel kezdve. Az azonos pozíciójú bitek logikai VAGY kapcsolatba lépnek ütközés esetén. Ha az állomás nullát küld, de egyet hall vissza, akkor feladja a küldési szándékát, mert van nála nagyobb azonosítóval rendelkező küldő.

- Korlátozott verseny protokollok
  Olyan protokoll, amely kis terhelés esetén versenyhelyzetes technikát használ a kis késleltetés érdekében, illetve nagy terhelés mellett ütközésmentes technikát alkalmaz a csatorna jó kihasználása érdekében.
  - Adaptív fabejárás
    Minden állomást egy egyértelmű, bináris ID reprezentál. Az ID-k egy (bináris) fa leveleinek felelnek meg. Az időrések a fa egyes csomópontjaihoz vannak rendelve Minden időrésben megvizsgáljuk az adott csomópont alatti részfát. A fa egy u csomópontjánál 3 esetet különböztethetünk meg:
    * Egy állomás sem küld az u részfában.
    * Pontosan egy állomás küld az u részfában.
    * Több állomás küld az u részfában. Ezt nevezzük kollíziónak.

    Kollízió esetén hajtsuk végre az ellenőrzést u bal, és jobb oldali gyerekére egyaránt.
    Ezzel a módszerrel könnyen megállapítható, hogy melyik állomás küldhet az adott időszeletben.



ábra 23: Adaptív fabejárás protokoll bináris fája

4 Hálózati réteg

Definíció

A hálózati réteg fő feladata a csomagok továbbítása a forrás és a cél között. Ez a legalacsonyabb olyan réteg, amely két végpont közötti átvitellel foglalkozik. Ismernie kell a kommunikációs alhálózat topológiáját. Ügyelni kell, hogy ne terheljen túl se bizonyos kommunikációs útvonalakat, se bizonyos routereket úgy, hogy mások tétlen maradnak.

A szállítási réteg felé nyújtott szolgálatok:

- Függetlenek az alhálózatok kialakításától
- Eltakarják a jelen lévő alhálózatok számát, típusát és topológiáját
- A szállítási réteg számára rendelkezésre bocsájtott hálózati címek egységes számozási rendszert kell alkotnak

Forgalom irányítás típusai

- Hierarchikus forgalomirányítás
  Routereket tartományokra osztjuk. A saját tartományát az összes router ismeri, de a többi belső szerkezetéről nincs tudomása. Nagy hálózatok esetén többszintű hierarchia lehet szükséges.
- Adatszóró forgalomirányítás
  egy csomag mindenhová történő egyidejű küldése.
- Többküldéses forgalomirányítás
  Egy csomag meghatározott csoporthoz történő egyidejű küldése.

Forgalom irányító algoritmusok

A hálózati réteg szoftverének azon része, amely azért a döntésért felelős, hogy a bejövő csomag melyik kimeneti vonalon kerüljön továbbításra. A folyamat két lépésre bontható:

1. Forgalomirányító táblázatok feltöltése és karbantartása.
2. Továbbítás

A forgalomirányító algoritmusok osztályai:

1. Adaptív algoritmusok
   (a) távolság alapú
   (b) kapcsolat alapú

   A topológia és rendszerint a forgalom is befolyásolhatja a döntést.
2. Nem-adaptív algoritmusok
   Offline meghatározás, betöltés a router-ekbe induláskor

Dijkstra algoritmus

A Dijkstra algoritmus egy statikus algoritmus, melynek célja két csomópont közötti legrövidebb út meghatározása.

Minden csomópontot felcímkézünk a kezdőpontból az addig megtalált legrövidebb út hosszával. Az algoritmus működése során a címkék változhatnak az utak megtalálásával. Két fajta címkét különböztetünk meg: ideiglenes és állandó. Kezdetben minden címke ideiglenes. A legrövidebb út megtalálásakor a címke állandó címkévé válik, és továbbá nem változik.

Elárasztás algoritmus

Elárasztás algoritmusa egy statikus algoritmus.

Minden bejövő csomagot minden kimenő vonalon továbbítunk kivéve azon, amin érkezett. Így azonban nagyon sok duplikátum keletkezne. Ezért

- Ugrásszámlálót vezetünk be, melyet minden állomás eggyel csökkent. Ha 0-ra csönnen, eldobják.
- Az állomások nyilvántartják a már kiküldött csomagokat. Így egy csomagot nem küldenek ki többször.

Elosztott Bellman-Ford algoritmus

Az Elosztott Bellman-Ford algoritmus adaptív, távolság alapú forgalomirányító algoritmus. Minden csomópont csak a közvetlen szomszédjaival kommunikálhat. Minden állomásnak van saját távolság vektora. Ezt periodikusan elküldi a direkt szomszédoknak. Minden router ismeri a közvetlen szomszédjaihoz a költséget. A kapott távolság vektorok alapján minden csomópont aktualizálja a saját vektorát.

Kapcsolatállapot alapú forgalomirányítás

A kapcsolatállapot alapú forgalomirányító algoritmusnak a motivációja, hogy a távolság alapú algoritmusok lassan konvergáltak, illetve az eltérő sávszélek figyelembevétele.

A kapcsolatállapot alapú forgalomirányító algoritmus lépései:

1. Szomszédok felkutatása, és hálózati címeik meghatározása
2. Megmérni a késleltetést vagy költséget minden szomszédhoz

3. Egy csomag összeállítása a megismert információkból
4. Csomag elküldése az összes többi router-nek
5. Kiszámítani a legrövidebb utat az összes többi router-hez.

Hálózat réteg az Interneten

A hálózati réteg szintjén az internet autonóm rendszerek összekapcsolt együttesének tekinthető. Nincs igazi szerkezete, de számos főbb gerinchálózata létezik. A gerinchálózatokhoz csatlakoznak a területi illetve regionális hálózatok. A regionális és területi hálózatokhoz csatlakoznak az egyetemeken, vállalatoknál és az internet szolgáltatóknál lévő LAN-ok.

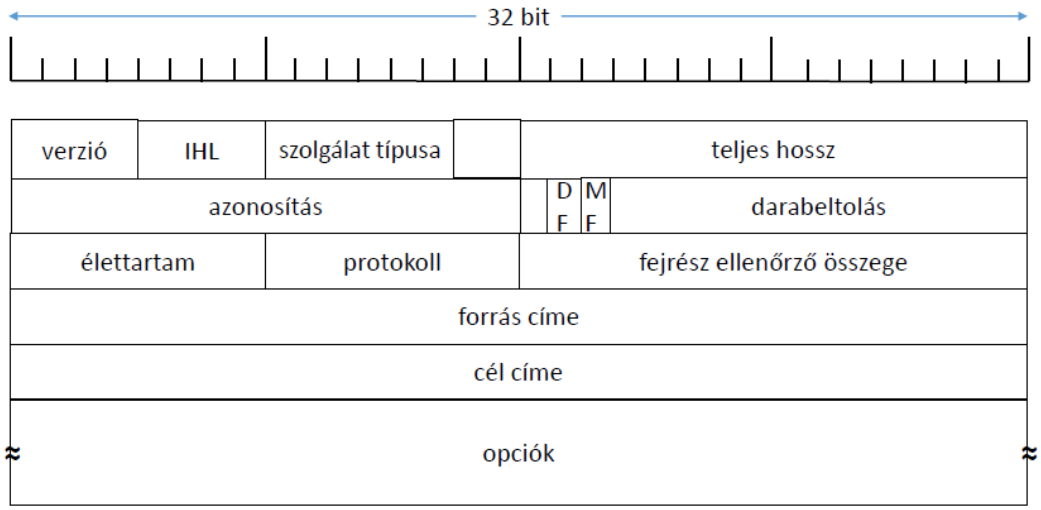
Az internet protokollja, az IP.

Az Interneten a kommunikáció az alábbi módon működik:

1. A szállítási réteg viszi az adatfolyamokat és datagramokra tördeli azokat.
2. Minden datagram átvitelre kerül az Interneten, esetleg menet közben kisebb egységekre darabolva.
3. A célgép hálózati rétege összeállítja az eredeti datagramot, majd átadja a szállítási rétegének.
4. A célgép szállítási rétege beilleszti a datagramot a vételi folyamat bemeneti adatfolyamába.

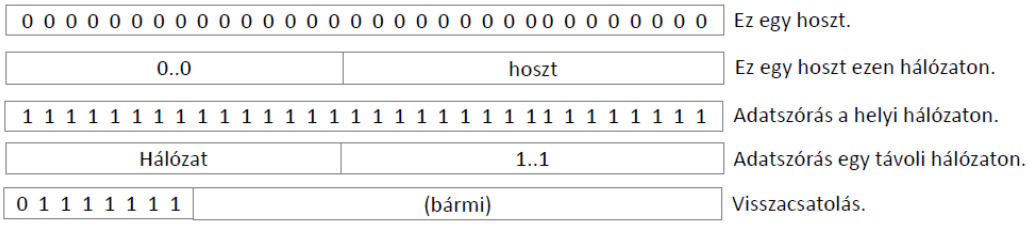
Internet Protokoll - IP

- Az IP fejrésze:
  - verzió:
    IP melyik verzióját használja
  - IHL:
    a fejléc hosszát határozza meg
  - szolgálat típusa:
    szolgálati osztályt jelöl
  - teljes hossz:
    fejléc és adatrész együttes hossza bájtokban
  - azonosítás:
    egy datagram minden darabja ugyanazt az azonosítósértéket hordozza.
  - DF:
    "ne darabold" flag a router-eknek
  - MF:
    "több darab" flag minden darabban be kell legyen állítva, kivéve az utolsót.
  - darabeltolás:
    a darab helyét mutatja a datagramon belül.
  - élettartam:
    másodpercenként kellene csökkenteni a mező értékét, minden ugrásnál csökkentik eggyel az értékét
  - protokoll:
    szállítási réteg protokolljának azonosítóját tartalmazza
  - ellenőrző összeg:
    a router-eken belüli rossz memóriaszavak által előállított hibák kezelésére használt ellenőrző összeg a fejrészre, amelyet minden ugrásnál újra kell számolni
  - forrás cím és cél cím:
    IP cím
  - opciók:
    következő verzió bővíthetősége miatt hagyták benne.



ábra 24: IPv4 fejléce

- IP cím
  Minden hoszt és minden router az Interneten rendelkezik egy IP-címmel, amely a hálózat számát és a hoszt számát kódolja. 4 bájton ábrázolják az IP-címet. Az IP-t pontokkal elválasztott decimális rendszerben írják. (Például: 192.168.0.1) Van pár speciális cím (ábra 25).



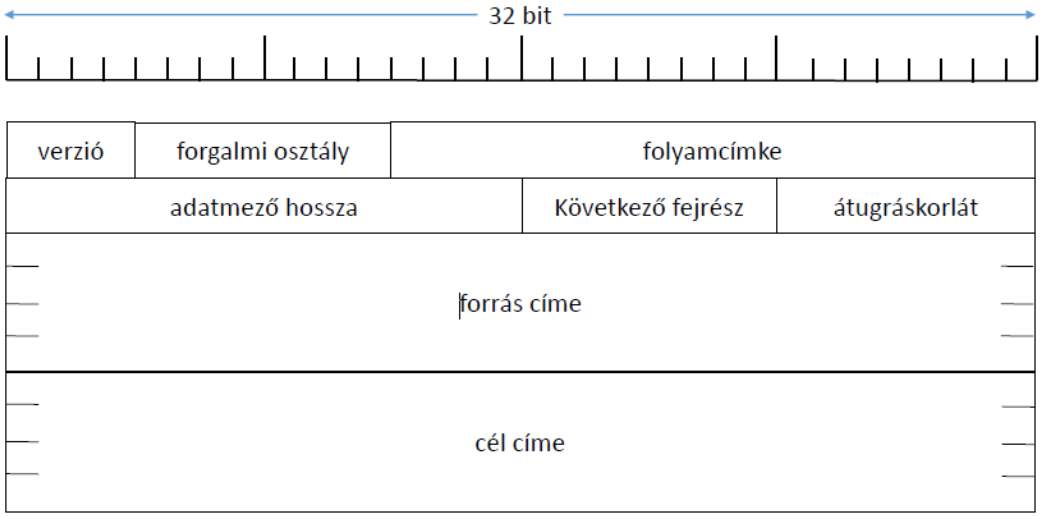
ábra 25: Speciális IP címek

Alhálózatok:
Az azonos hálózatban lévő hosztok ugyanazzal a hálózatszámmal rendelkeznek. Egy hálózat belső felhasználás szempontjából több részre osztódhat, de a külvilág számára egyetlen hálózatként jelenik meg. Azonosításnál az alhálózati maszk ismerete kell a routernek. A forgalomirányító táblázatba a routereknél (hálózat,0) és (saját hálózat, hoszt) alakú bejegyzések. Ha nincs találat, akkor az alapértelmezett router felé továbbítják a csomagot.

IP címek fogyása:
Az IP címek gyorsan fogytak. Megoldás: osztályok nélküli környezetek közötti forgalomirányítás (CIDR). A forgalomirányítás megbonyolódik: Minden bejegyzés egy 32-bites maszkkal egészül ki. Egy bejegyzés innentől egy hármassal jellemezhető: (ip-cím, alhálózati maszk, kimeneti vonal). Új csomag esetén a cél címből kimaszkolják az alhálózati címet, és találat esetén a leghosszabb illeszkedés felé továbbítják.

Másik módszer a NAT, ami gyors javítás az IP címek elfogyásának problémájára. Az internet forgalomhoz minden cégnek egy vagy legalábbis kevés IP-címet adnak, míg vállalaton belül minden számítógéphez egyedi IP-címet használnak a belső forgalomirányításra:
10.0.0.0 – 10.255.255.255 : 16 777 216 egyedi cím
172.16.0.0 – 172.31.255.255 : 1 048 576 egyedi cím
192.168.0.0 – 192.168.255.255 : 65 536 egyedi cím

IPv6:
Az IPv4-gyel szemben 16 bájt hosszú címeket használ; 8 darab, egyenként négy-négy hexadecimális számjegyből álló csoportként írjuk le. (Például: 8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF) Az IP fejléc egyszerűsödött, amely lehetővé teszi a router-eknek a gyorsabb feldolgozást. A biztonság irányába jelentős lépés történt.



ábra 26: IPv6 fejléce

Protokollok

- Internet Control Message Protocol - ICMP
  Feladata a váratlan események jelentése. Többféle ICMP-üzenetet definiáltak:
  - Elérhetetlen cél
  - Időtúllépés
  - Paraméterprobléma
  - Forráslefojtás
  - Visszhang kérés
  - Visszhang válasz
  - etc.
- Address Resolution Protocol - ARP
  Feladata az IP cím megfeleltetése egy fizikai címnek. Egy "Kié a 192.60.34.12-es IP-cím?" csomagot küld ki az Ethernet-re adatszórással az alhálózaton. Minden egyes host ellenőrzi,hogy övé-e a kérdéses IP-cím. Ha egyezik az IP a hoszt saját IP-jével, akkor a saját Ethernet címével válaszol.
- Reverse Address Resolution Protocol - RARP
  Feladatat a fizikai cím megfeleltetése egy IP címnek. Az újonnan indított állomás adatszórással csomagot küld ki az Ethernetre: "A 48-bites Ethernet-címem 14.04.05.18.01.25. Tudja valaki az IP címemet?" Az RARP-szerver pedig válaszol a megfelelő IP címmel, mikor meglátja a kérést.
- Open Shortest Path First - OSPF
  Az OSPF az AS-eken (Autonomus System) belüli forgalomirányításért felel. A hálózat topológiáját térképezi fel, és érzékeli a változásokat. A topológiát egy súlyozott irányított gráffal reprezentálja, melyben legolcsóbb utakat keres.
- Border Gateway Protocol - BGP
  Feladata hogy a politikai szempontok szerepet játsszanak az AS-ek közötti forgalomirányítási döntésekben (Pl. Az IBM-nél kezdődő illetve végződő forgalom ne menjen át a Microsoft-on vagy Csak akkor haladjunk át Albánián, ha nincs más út a célhoz.)

A BGP router szempontjából a világ AS-ekből és a közöttük átmenő vonalakból áll. (Két AS összekötött, ha van köztük a BGP-router-eiket összekötő vonal.) Az átmenő forgalom szempontjából 3 féle hálózat van:

- Csonka hálózatok, amelyeknek csak egyetlen összeköttetésük van a BGP gráffal
- Többszörösen bekötött hálózatok, amelyeket használhatna az átmenő forgalom, de ezek ezt megtagadják
- Tranzit hálózatok, amelyek némi megkötéssel, illetve általában fizetség ellenében, készek kezelni harmadik fél csomagjait

5 Szállítói réteg

Definíció

A szállítási réteg biztosítja, hogy a felhasználók közötti adatátvitel transzparens (átlátszó) legyen. A réteg biztosítja, és ellenőrzi egy adott kapcsolat megbízhatóságát. Az alkalmazási rétegtől kapott adat elejére egy úgynevezett fejlécet csatol, mely jelzi, hogy melyik szállítási rétegbeli protokollal küldik az adatot. Néhány protokoll kapcsolat orientált. Ez azt jelenti, hogy a réteg nyomon követi az adatcsomagokat, és hiba esetén gondoskodik a csomag vagy csomagok újraküldéséről.

Kapcsolat nélküli és kapcsolatorientált

A kapcsolatorientált protokoll elfedi az alkalmazások előtt az átvitel esetleges hibáit, nem kell törődnünk az elveszett, vagy duplán megérkezett, illetve sérült csomagokkal, és azzal sem, hogy milyen sorrendben érkeztek meg. Viszont ez rontja a teljesítményét.

Kapcsolat nélküli esetben nincs szükség az adat keretekre bontására, és nincs csomagújraküldés.

Megbízhatóság

A megbízhatóság ismérvei:

- Minden csomag megérkezése nyugtázásra kerül.
- A nem nyugtázott adatcsomagokat újraküldik.
- A fejléchez és a csomaghoz ellenőrzőösszeg van rendelve.
- A csomagokat számozza, és a fogadónál sorba rendezésre kerülnek a csomagok a sorszámaik alapján.
- Duplikátumokat törli.

Torlódásfelügyelet

Minden hálózaton korlátos az átviteli sávszélessége. Ha több adatot vezetünk a hálózatba, akkor az torlódáshoz (congestion) vezet, vagy akár a hálózat összeomlásához (congestive collapse). Következmény: Az adatcsomagok nem érkeznek meg.

Lavina jelenség:
A hálózat túlterhelése csomagok elvesztését okozza, ami csomag újraküldését eredményezi. Az újraküldés tovább növeli a hálózat terhelését így még nagyobb lesz csomagvesztés. Ez még több újraküldött csomagot eredményez. ...
A torlódás felügyelet feladata a lavina jelenség elkerülése.

Követelmények a torlódásfelügyelettel szemben:

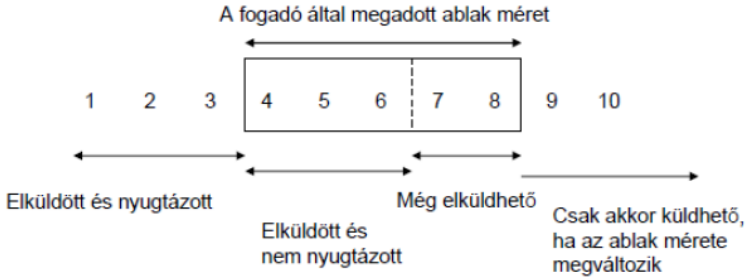
- Hatékonyság:
  Az átvitel nagy, míg a késés kicsi.
- Fairness:
  Minden folyamat megközelítőleg azonos részt kap a sávszélességből. (Priorizálás lehetősége fennáll)

A torlódásfelügyelet eszközei:

- Kapacitásnövelés
- Erőforrás foglalás és hozzáférés szabályzás
- Terhelés csökkentése és szabályzása

Stratégiák:

- Csúszóablak
  Adatráta szabályozása ablak segítségével. A fogadó határozza meg az ablak (wnd) méretét. Ha a fogadási puffere tele van, lecsökkenti 0-ra, egyébként >0-t küld. A küldő nem küld több csomagot, ha az elküldött még nem nyugtázott csomagok száma elérte az ablak méretét.



ábra 27: Csúszóablak

- Slow-start
  A küldőnek nem szabad a fogadó által küldött ablakméretet azonnal kihasználni. Meghatároz egy másik ablakot (cwnd - Congestion Window), melyet ő választ. Ezután végül amiben küld: min{wnd, cwnd}. Kezdetben cwnd = MSS (Maximum Segment Size). Minden csomagnál a megkapott nyugta után növeli: cwnd = cwnd + MSS (azaz minden RTT után duplázódik). Ez addig megy, míg a nyugta egyszer kimarad.
- TCP-Nagle
  Biztosítani kell, hogy a kis csomagok időben egymáshoz közel kerüljenek kiszállításkor, illetve hogy sok adat esetén a nagy csomagok részesüljenek előnyben.
  Ehhez: A kis csomagok nem kerülnek kiküldésre, míg nyugták hiányoznak (egy csomag kicsi, ha az adathossz <MSS). Ha a korábban küldött csomag nyugtája megérkezik, küldi a következőt.
- TCP Tahoe és Reno A TCP csúszóablakot és a Slow-start mechanizmusát is használja. Habár a kezdő ráta kicsi, az ablak mérete rohamosan nő. Amikor a cwnd eléri az ssthresh (slow start threshold) értéket átvált torlódás elkerülési állapotba. A TCP Tahoe és Reno torlódás elkerülési algoritmusok. A két algoritmus abban különbözik, hogy hogyan detektálják és kezelik a csomag vesztést.
  TCP Tahoe: A torlódás detektálására egy időzítőt állít a várt nyugta megérkezésére.
  - Kapcsolatfelvételkor: cwnd = MSS, ssthresh = 2^{16}
  - Csomagvesztésnél : Multiplicative decrease
    cwns = MSS, ssthresh = max{2MSS, $\frac{min\{cwnd,wnd\}}{2}$}
  - cwnd $\leq$ ssthresh : Slow-start
    cwnd = cwnd + MSS
  - cwnd >ssthresh : Additive Increase
    cwnd = cwnd + MSS$fracMSScwnd$

  TCP Reno: A torlódás detektálásához időzítőt és gyors újraadást is használ. [Gyors újraadás: ugyanazon csomaghoz 3 nyugta duplikátum érkezik (4 azonos nyugta), akkor újraküldi a csomagot és Slow-start fázisba lép.]
  Gyors újraadás után: ssthresh = max{$\frac{min\{wnd,cwnd\}}{2}$, 2MSS}, cwnd = sstresh + 3MSS.
  Gyors visszaállítás a gyors újraadás után minden további nyugta után növeli a rátát : cwnd = cwnd + MSS.

Hatékonyság és Fairness:
Az átvitel maximális, ha a terhelés a hálózat kapacitását majdnem eléri. Ha a terhelés tovább nő, túlcsordulnak a pufferek, csomagok vesznek el, újra kell küldeni, drasztikusan nő a válaszidő. Ezt a torlódásnak nevezzük. Ezért a maximális terhelés helyett, ajánlatos a hálózat terhelését a könyök közelében beállítani. Itt a válaszidő csak lassan emelkedik, míg az adatátvitel már a maximum közelében van

Egy jó torlódáselkerülési (angolul congestion avoidance) stratégia a hálózat terhelését a könyök közelében tartja: *hatékonyság.* Emellett fontos, hogy minden résztvevőt egyforma rátával szolgáljunk ki: *fairness*

Jelölje az i-edik résztvevő adatrátáját a t időpontban $x_i(t)$. Minden résztvevő aktualizálja az adatrátáját a $t+1$-ik fordulóban:

$$x_i(t+1) = f_0(t) \quad ha \sum_{i=1}^{n} x_i(t) \leq K$$
$$x_i(t+1) = f_1(t) \quad ha \sum_{i=1}^{n} x_i(t) > K$$

ahol $f_0(x) = a_I + b_I x$ a növelési, $f_1(x) = a_D + b_D x$ a csökkentési stratégia.

Speciálsi esetek:

- **M**ultiplcative **I**ncrease **M**ultiplcative **D**ecrease - MIMD:

$$f_0(x) = b_I x \quad (b_I > 1)$$
$$f_1(x) = b_D x \quad (b_D < 1)$$

- **A**dditive **I**ncrease **A**dditive **D**ecrease - AIAD:

$$f_0(x) = a_I + x \quad (a_I > 0)$$
$$f_1(x) = a_D + x \quad (a_D < 0)$$

- **A**dditive **I**ncrease **M**ultiplcative **D**ecrease - AIMD:

$$f_0(x) = a_I + x \quad (a_I > 0)$$
$$f_1(x) = b_D x \quad (b_D < 1)$$

Multiplexálás, demultiplexálás

Multiplexelés alatt a telekommunikációban azt az eljárást értik, amikor két vagy több csatornát összefognak egy csatornába úgy, hogy az inverz multiplexelés művelettel, vagy demultiplexeléssel, vagy demuxálással elő tudják állítani az eredeti csatornákat. Az eredeti csatornák egy úgynevezett kódolási sémával azonosíthatóak.

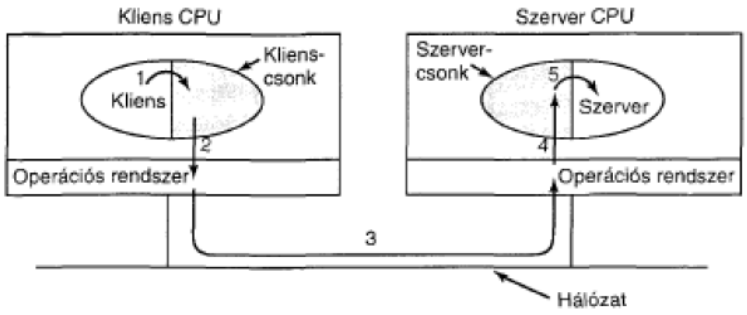
Interakciós modellek

- Kétirányú bájtfolyam
  Az adatok két egymással ellentétes irányú bájt-sorozatként kerülnek átvitelre. A tartalom nem interpretálódik Az adatcsomagok időbeli viselkedése megváltozhat: átvitel sebessége növekedhet, csökkenhet, más késés, más sorrendben is megérkezhetnek. Megpróbálja az adatcsomagokat időben egymáshoz közel kiszállítani. Megpróbálja az átviteli közeget hatékonyan használni.
- RPC
  A távoli gépen futtatandó eljárás eléréséhez hálózati kommunikációra van szükség, ezt az eljáráshívási mechanizmust az RPC (Remote Procedure Call) fedi el.

  A hívás lépései:

  1. A kliensfolyamat lokálisan meghívja a klienscsonkot.

2. Az becsomagolja az eljárás azonosítóját és paramétereit, meghívja az OS-t.
3. Az átküldi az üzenetet a távoli OS-nek.
4. Az átadja az üzenetet a szervercsonknak.
5. Az kicsomagolja a paramétereket, átadja a szervernek.
6. A szerver lokálisan meghívja az eljárást, megkapja a visszatérési értéket.
7. Ennek visszaküldése a klienshez hasonlóan zajlik, fordított irányban.



ábra 28: RPC

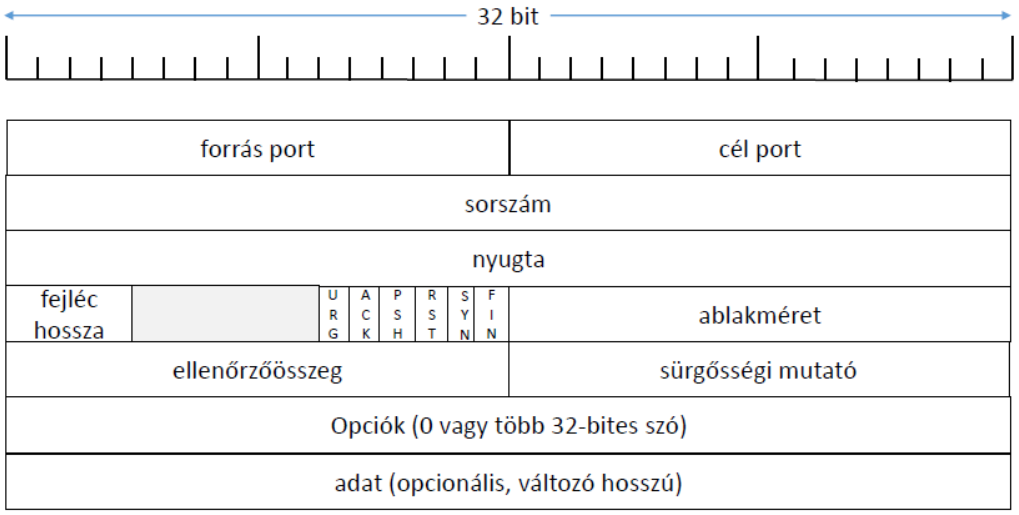
Protokollok

- TCP
  - Megbízható adatfolyam létrehozása két végpont között
  - Az alkalmazási réteg adatáramát osztja csomagokra
  - A másik végpont a csomagok fogadásról nyugtát küld

  A TCP fejléc tartalma:
  - küldő port(16 bit)
    A küldő folyamatot azonosítja
  - cél port(16 bit)
    A címzett folyamat azonosítója
  - sorszám(32 bit)
    Az első adatbájt sorszáma az aktuális szegmensen belül. Ha a SYN jelzőbit értéke 1, akkor ez a sorszám a kezdeti sorszám, azaz az első adatbájt sorszáma a kezdeti sorszám + 1 lesz.
  - nyugtaszám(32 bit)
    Ha az ACK jelzőbit értéke 1, akkor a fogadó által következőnek fogadni kívánt sorszámot tartalmazza. Minden kapcsolat felépítés esetén elküldésre kerül.
  - fejléc hossza (4 bit)
    A TCP fejléc hossza 32-bites egységekben.
  - Ablak(16 bit)
    A nyugtázott bájttal kezdődően hány bájtot lehet elküldeni. (A 0 érték is érvényes.)
  - Ellenőrzőösszeg(16 bit)
    Az adat-, fej-, és pszeudofejrész ellenőrzésére.
  - Opciók(0-40 bájt)
    A szabványos fejlécen kívüli lehetőségekre tervezték. Legfontosabb ilyen lehetőség az MSS, azaz a legnagyobb szegmens méret megadása. További opciók: MD5-aláírás, TCP-AO, "usertimeout", stb.
  - sürgősségi mutató(16 bit)
    A sürgős adat bájtban mért helyét jelzi a jelenlegi bájtsorszámhoz viszonyítva.

– Jelző bitek (6)

1. URG – Sürgős jelzőbit.
2. ACK – nyugta jelzés.
3. PSH – Az jelzi, hogy gyors adattovábbítás kell a felhasználói rétegnek.
4. RST – Kapcsolat egyoldalú bontását jelzi.
5. SYN – Sorszám szinkronizációtjelez.
6. FIN – Adatfolyam végét jelzi.



ábra 29: TCP Fejléc

TCP jellemzői:

– Kapcsolatorientált
– Megbízható
– Kétirányú bájtfolyam

- UDP
  – Egyszerű, nem megbízható szolgáltatás csomagok küldésére
  – Az alkalmazási réteg határozza meg a csomag méretét
  – Az inputot egy datagrammá alakítja

  Összeköttetés nélküli protokoll. Olyan szegmenseket használ az átvitelhez, amelyek egy 8 bájtos fejrészből, valamint a felhasználói adatokból állnak.
  A Fejrész tartalmaz:

  – egy forrásportot(2 bájt);
  – egy célportot(2 bájt);
  – egy UDP szegmens hossz értéket (2 bájt);
  – egy UDP ellenőrzőösszeget (2 bájt)

  Az UDP nem végez forgalomszabályozást, hibakezelést vagy újraküldést egy rossz szegmens fogadása után. Kliens-szerver alkalmazások esetén kifejezetten hasznos lehet az UDP a rövid üzenetek miatt.

6 Alkalmazási réteg

DNS

A Domain Name System (DNS), azaz a tartománynévrendszer egy hierarchikus, nagymértékben elosztott elnevezési rendszer számítógépek, szolgáltatások, illetve az internetre vagy egy magánhálózatra kötött

bármilyen erőforrás számára. A részt vevő entitások számára kiosztott tartománynevekhez (doménekhez) különböző információkat társít. Legfontosabb funkciójaként az emberek számára értelmes tartományneveket a hálózati eszközök számára érthető numerikus azonosítókká "fordítja le", "oldja fel", melyek segítségével ezeket az eszközöket meg lehet találni, meg lehet címezni a hálózaton. Gyakran használt analógia a tartománynévrendszer magyarázatához, hogy az internet egyfajta telefonkönyve, amiből ki lehet keresni az emberek számára értelmezhető számítógép-állomásnevekhez tartozó IP-címeket. Például a www.example.com tartománynévhez a 192.0.32.10 (IPv4) és a 2620:0:2d0:200::10 (IPv6) címek tartoznak.

A DNS lehetővé teszi internetes erőforrások csoportjaihoz nevek hozzárendelését olyan módon, hogy az ne függjön az erőforrások fizikai helyétől. Így a világhálós (WWW) hiperlinkek, internetes kapcsolattartási adatok konzisztensek és állandóak maradhatnak akkor is, ha az internet útválasztási rendszerében változás történik, vagy a részt vevő mobileszközt használ. Az internetes tartománynevek további célja az egyszerűsítés, egy doménnevet (pl. www.example.com) sokkal könnyebb megjegyezni, mint egy IP-címet, mint 208.77.188.166 (IPv4) vagy 2001:db8:1f70::999:de8:7648:6e8 (IPv6). A felhasználók így megjegyezhetik a számukra jelentést hordozó web- (URL) és e-mail-címeket, anélkül, hogy tudnák, a számítógép valójában hogyan éri el ezeket.

A DNS-ben a doménnevek kiosztásának és az IP-címek hozzárendelésének a felelősségét delegálják; minden tartományhoz mérvadó névkiszolgáló (autoritatív névszerver) tartozik. A mérvadó névkiszolgálók felelősek a saját doménjeikért. Ezt a felelősséget tovább delegálhatják, így az al-doménekért más névkiszolgáló felelhet. Ez a mechanizmus áll a DNS elosztott és hibatűrő működése mögött, és ezért nem szükséges egyetlen központi címtárat fenntartani és állandóan frissíteni.

A tartománynévrendszerben egyéb információkat is tárolnak, például egy adott internetes tartomány számára e-mailt fogadó levelezőkiszolgálók listáját. Az egész világot behálózó, elosztott, kulcsszó-alapú átirányítási szolgáltatásként a Domain Name System az internet funkcionalitásának alapvető fontosságú eleme.

RFID tagek, UPC-k, IP-telefonszámok és még sok más egyéb tárolására is használható a DNS adatbázisa.

A Domain Name System specifikálja az adatbázis technikai képességeit, emellett leírja az internetprotokollcsalád részét képező DNS protokollt, részletesen meghatározza a DNS-ben használt adatstruktúrákat és kommunikációt.

HTTP

A HTTP (HyperText Transfer Protocol) egy információátviteli protokoll elosztott, kollaboratív, hipermédiás, információs rendszerekhez.

A HTTP fejlesztését a World Wide Web Consortium és az Internet Engineering Task Force koordinálta RFC-k formájában. Az 1999-ben kiadott RFC 2616 definiálja a HTTP/1.1-et, amit 2015 végére leváltott a HTTP/2.0-ás verzió, amit az RFC 7540 definiál. Hivatalosan ez a legújabb protokoll.

A HTTP egy kérés-válasz alapú protokoll kliens és szerver között. A HTTP-klienseket a "user agent" gyűjtőnévvel is szokták illetni. A user agent jellemzően, de nem feltétlenül webböngésző.

A HTTP a TCP/IP réteg felett helyezkedik el. A HTTP implementálható más megbízható szállítási réteg felett is, akár az interneten, akár más hálózaton. Kizárólagosan TCP protokollt használ, mivel az adatveszteség nem megengedhető.

DHCP

A dinamikus állomáskonfiguráló protokoll (angolul Dynamic Host Configuration Protocol, rövidítve DHCP) egy számítógépes hálózati kommunikációs protokoll.

Ez a protokoll azt oldja meg, hogy a TCP/IP hálózatra csatlakozó hálózati végpontok (például számítógépek) automatikusan megkapják a hálózat használatához szükséges beállításokat. Ilyen szokott lenni például az IP-cím, hálózati maszk, alapértelmezett átjáró stb.

A DHCP szerver-kliens alapú protokoll, nagy vonalakban a kliensek által küldött DHCP-kérésekből, és a szerver által adott DHCP-válaszokból áll.

A DHCP-vel dinamikusan oszthatóak ki IP-címek, tehát a hálózatról lecsatlakozó számítógépek IP-címeit megkapják a hálózatra felcsatlakozó számítógépek, ezért hatékonyabban használhatóak ki a szűkebb címtartományok.

3 féle IP-kiosztás lehetséges DHCP-vel:

- kézi (MAC-cím alapján)
- automatikus (DHCP-vel kiadható IP-tartomány megadásával)
- dinamikus (IP-tartomány megadásával, de az IP-címek "újrahasznosításával")

ARP

Az ARP (Address Resolution Protocol, azaz címfeloldási protokoll) az informatikában a számítógépes hálózatokon használatos módszer az IP-címek és fizikai címek egymáshoz rendeléséhez. Gyakorlatilag az IP-cím ismeretében hozzájutunk a 48 bites hálózati kártya gyártója által meghatározott fizikai címhez. Az IPv4 és az Ethernet széles körű elterjedtsége miatt általában IP-címek és Ethernet-címek közötti fordításra használják, de ATM- vagy FDDI-hálózatokban is működőképes.

Két ügyfélgép a következő négy alapesetben használja az ARP protokollt:

- Ha a két ügyfélgép ugyanazon a hálózaton található, és az egyik szeretne csomagot küldeni a másik számára.
- Ha a két ügyfélgép különböző hálózaton található, és átjárón/útválasztón (gateway/router) keresztül érik el egymást.
- Ha egy útválasztónak tovább kell küldenie egy ügyfél csomagját egy másik útválasztón keresztül.
- Ha egy útválasztónak tovább kell küldenie egy ügyfél csomagját a címzettnek, ami ugyanazon a hálózaton található.

Az első esetben a két ügyfél ugyanazon a fizikai hálózaton található (tehát közvetlenül kommunikálhatnak egymással útválasztó igénybevétele nélkül). A másik három eset az interneten leggyakoribb, ahol általában bármely két számítógép több mint 3 ugrás (hop) távolságra van egymástól.

Képzeljük el, hogy az A számítógép küld csomagot a D számítógépnek, és köztük B és C útválasztók találhatók. A 2. esetben A küld B-nek, a 3. esetben B küld C-nek, és a 4. esetben C küld D-nek csomagot.