
* 1. predavanje *

slojevitá mrežna arhitektura:
aplikacijski sloj- uvijek najvisi
fizički sloj - uvijek najniži

osnovni modeli:

OSI - open system interconnection reference model (RM)
TCP/IP - internetski model

(N)usluga - mogućnosti koje (N)sloj i slojevi ispod njega pružaju (n+1)sloju
sucelje (n+1)sloja i (N) sloja definirano je tokom pristupa usluzi N-SAP (service access point)

(N)protokol - pravila i formati za komunikaciju u (N)sloju

PDU - protocol data unit
PCI - protocol control information
SDU - service data unit

$(N)SDU = (N+1)PDU$
 $(N)PDU = (N)PCI(N)SDU$

peer - istovrsni entiteti, međusobno komuniciraju komunikacijskim protokolom

spojna usluga (connection oriented service)- razmjena jedinica prethodi uspostavljanje veze kojim se određuje put kroz mrežu, a po završetku razmjene podataka veza se prekida
-sve jedinice razmjenjuju se na isti način, isti put, ispravan redoslijed

nespojna usluga (connectionless service)
-svaka jedinica razmjenjuje se neovisno o ostalima

OSI - open system interconnection reference model

7 - aplikacijski sloj (application layer)

- aplikacijski procesi
- skup protokola za korisničke usluge i aplikacije

6 - prezentacijski sloj (presentation layer)

- prikaz i značenje informacije koja se razmjenjuje
- kodovi, formati, strukture podataka

5 - sjednički sloj (session layer)

- usklađivanje sustava koji međusobno komuniciraju
- uspostavljanje, održavanje i prekidanje dijaloga
- dodjela prava za komuniciranje
- nastavljanje komunikacije u slučaju prekida

4 - transportni sloj (transport layer)

- jedinica: ovisi, npr paket
- transportne usluge: prijenos bez pogreške, prijenos uz najmanje kašnjenje
- upravljanje pogreškama, upravljanje tokom

3 - mrežni sloj (network layer)

- jedinica podataka: ovisi, npr paket
- usmjeravanje jedinica podataka, upravljanje pogreskama, upravljanje tokom
- medjusobno povezivanje mreza i podmreza
- 2 - sloj podatkovne poveznice (data link layer)
 - jedinica podatka: ograniceni niz bita (okvir/frame)
 - prijenos okvira od tocke do tocke/od tocke do vise tocaka
 - upravljanje pogreskama, upravljanje tokom
- 1 - fizicki sloj (physical layer)
 - jedinica podatka: bit
 - prijenos slijeda bita

internetski model, TCP/IP

- 4 - aplikacijski sloj
 - aplikacijski protokoli za razne usluge
 - tipa SMTP, HTTP i te spike
- 3 - transportni sloj TCP
 - prijenos bez pogresaka, u pravilnom redosljedu
 - UDP - user data protocol
 - prijenos uz najmanje moguće kasnjenje informacije
- 2 - mrežni sloj, internetski sloj IP
 - mreza s komutacijom paketa
 - svaki paket posebno usmjerava - datagram
- 1 - nije definiran - sloj podatkovne poveznice i fizicki sloj

sirina pojasa ilitiga bandwidth

- B(Hz)
 - sirina frekvencijskog pojasa koji se može upotrijebiti za prijenos
 - najvisa frekvencija koja se može prenijeti
- B(bit/s)
 - maksimalni broj bita u jedinici vremena

propusnost ilitiga throughput

- broj korisnih bita prenesenih u sekundi
- (bit/s)

kasnjenje ilitiga delay, latency

- vrijeme potrebno da bit s izvorista stigne na odrediste

* 2. predavanje *

**fizicki sloj

parica - najviše korištena CAT 5 UTP, za uporabu u lokalnim mrežama za brzine do 100Mbit/s, novije instalacije CAT 5e za Gigabit ethernet LAN do 1000Mbit/s

koaksijalni kabel -
opticko vlakno

prijenosno kasnjenje

-vrijeme potrebno za prijenos određene količine bita određenom brzinom prijenosa

propagacijsko kasnjenje za prijenos signala na određenu udaljenost

-vrijeme potrebno

$d = L(\text{udaljenost})/c(\text{brzina signala u mediju})$

$c = 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ bakreni vodič

$c = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ opticko vlakno

trajanje prijenosa = prijenosno kasnjenje + propagacijsko kasnjenje

radiofrekvencijski spektar - raspon frekvencija od 9kHz do 300GHz

****sloj podatkovne poveznice**

okvir=(zaglavlje)(podaci)(zavrsetak)

PDU (protokolna jedinica podataka) sloja podatkovne poveznice naziva se okvir

-duljina okvira fiksna, ako su podaci koji se prenose kraći od duljine, dodaje se punjenje do pune duljine okvira

-može biti i varijabilna duljina okvira

-u zaglavlju se specificira duljina podataka (npr u IEEE 802.3)

-označavanje početka i kraja posebnim znakom - zastavicom

fragmentiranje

-na predajnoj strani se paket fragmentira i svaki fragment se prenosi posebnim okvirom

-na primarnoj strani se sastavlja paket

usluge s obzirom na način razmjene podataka

-nespojna

-spojna

usluge s obzirom na potvrdu prijema

-bez potvrde

-s potvrdom

-nespojna usluga bez potvrde - neovisni okviri bez potvrde prijama

-primjena: lokalna mreža ili komunikacija u stvarnom vremenu (prijenos digitaliziranog govora)

-nespojna usluga s potvrdom - neovisni okviri ali s potvrdom

-ako ne primi potvrdu, izvor ponovno šalje okvir

-primjena - tamo gdje su jako izražene smetnje npr bezicni prijenos

-spojna usluga s potvrdom

-prije razmjene okvira se uspostavlja veza, nakon razmjene se prekida

-svaki okvir dobiva broj - da znamo da je svaki primljen samo jednom i da su primljeni u pravom

redoslijedu

-primjena - kad se zahtijeva visoka pouzdanost

upravljanje pogreskama

-zastitno kodiranje

upravljanje tokom

- izvor ne smije slati podatke brže nego ih odredite može primiti
- ograniči se broj odaslanih, a nepotvrđenih zahtjeva

* 3. predavanje *

jednosmjerni protokol

- od A do B prijenos okvira koji sadrže podatke
- od B do A prijenos upravljačkih okvira, tj okviri koji sadrže samo PCI, npr potvrda primitka

dvosmjerni protokol

- u oba smjera moguće slati podatke
- u oba sustava postoje predajnici i prijemnici podatkovnih okvira

unrestricted simplex protocol

- predajnik u sustavu A šalje podatkovne okvire, a prijemnik u sustavu B ih prima bez ograničenja
- idealno: predajnik i prijemnik uvijek spremni, prijenos bez pogresaka, obrada beskonačno brza,

beskonacni spremnici= tannenbaum: utopijski protokol

- podatkovni okvir sadrži protokolnu upravljačku informaciju i polje podataka

simplex "stop and wait" protocol = jednosmjerni protokol "stani i čekaj"

- iz A šalje podatkovni okvir, stane i čeka potvrdu od B, šalje dalje
- jednosmjerni tok podataka (od A do B), dvosmjerna komunikacija
- podatkovni okvir sadrži protokolnu upravljačku informaciju i polje podataka
- upravljački okvir polje podataka, potvrda je dio upravljačke informacije

(PCI)(podaci) podatkovni okvir

(PCI) upravljački okvir (sadrži potvrdu)

jednosmjerni protokol za kanal sa smetnjama

-ako primi ispravan podatkovni okvir, prijatelj vraća pozitivnu potvrdu, ako oštećeni primi vraća negativnu

- predajnik šalje sljedeći pod okvir kad primi pozitivnu potvrdu
- uvodi se vremenska kontrola, da ne bi gubitak okvira ili potvrde izazvao beskonačno čekanje LOL
- numeracija okvira
 - predajnik zna koji okvir mora poslati, a prijatelj koji je okvir poslao
 - izbjegava se gubitak ili višestruki prijam istog podatkovnog okvira
 - unutar PCI
- zovemo ih ARQ automatic repeat request i PAR positive acknowledgment retransmission

dvosmjerni protokol za kanal sa smetnjama=full duplex protocol, bidirectional protocol

- dvosmjerni tok podatkovnih okvira i upravljačkih okvira s potvrdom od A do B i od B do A
- okvir=(broj_okvira_koji_se_salje,broj_zadnjeg_ispravnog_primljenog_okvira,podaci)
- (PCI)(podaci)

složeni modeli protokola

- odaslanje više okvira bez čekanja potvrde
- slijedni brojevi poslani a nepotvrđenih zapisani u klizecem prozoru veličine $n>1$
- po primitku $m \leq n$ okvira, prozor klizi prema m novih okvira, čime se omogućuje njihovo odaslanje

performanse

- polje podataka = N_p bita
- protokolna upravljacka jedinica(PCI) = N_c bita
- protokolna jedinica podataka(PDU) $N = N_p + N_c$ bita
- protokolni dodatak (overhead) = N_c/N
- brzina prijenosa c [bit/s]
- maksimalna propusnost $c(1 - \text{overhead})$

sloj podatkovne poveznice u lokalnoj mrezi

- MAC - media access control - podsloj upravljanja pristupnom mediju
 - dodjela medija stanici radi odasiljanja podataka
 - specifčno rješenje za svaku vrstu lokalnih mreža
- dinamička dodjela prijenosnog medija stanici (na zahtjev, po potrebi)
- upravljanje pristupnom mediju
 - centralizirano - jedan entitet raspoređuje prava pristupa
 - distribuirano - svaka stanica se pokušava izboriti za pristup
- pristup mediju
 - prozivka (polling) - pita se stanicu dal ima podatke za odasiljanje
 - slučajni pristup (random access) - stanica pokušava slati kad ima - ALOHA, CSMA/CD
- CSMA/CD - carrier sense multiple access / collision detection
 - prije slanja okvira stanica provjerava je li medij zauzet mjerenjem

napona

- otkriva sudare - šalje jam signal, pokušava opet nakon random vremena
- primjenjuje se u lokalnoj mrezi vrste ethernet, odnosno IEEE 802.3

- ALOHA - stanica šalje podatke kad god ih ima, potpuno decentralizirano i

slučajno

- više stanica istodobno - okvir se uništava, ponavlja se slanje
- LLC - logical link control - podsloj upravljanja logičnom poveznicom
 - razmjena jedinica podataka između dvije stanice
 - jednako rješenje za sve vrste lokalnih mreža
 - omogućuje protokolima mreznog sloja da dijele poveznicu
 - usluge - nespojna usluga bez potvrde primitka okvira (u većini lanova)
 - nespojna usluga s potvrdom - u posebnim izvedbama mreža
 - spojna usluga - iznimno rijetko
 - struktura jedinice podataka PDU LLC:
 - LLC PCI
 - adresna informacija
 - DSAP - odredišna točka - destination sap - 8 okteta
 - SSAP - izvorisna točka - source sap - 6 okteta
 - upravljačko polje
 - upravljanje logičkom poveznicom
 - LLC SDU
 - korisnička informacija
 - PDU mreznog sloja, npr datagram protokola IP

-označavanje norme IEEE 802.3

- 1xxxByyyZ

- xxx->brzina prijenosa - 1, 10, 100, 1000 Mbit/s
- yyy->nacin prijenosa signala medijem - BASE - prijenos u osnovnom pojasu
 - BROAD -sirokopojasni prijenos
- Z ->najveca dozvoljena duljina segmenta u jedinicama od 100metara - 5, 2, 36
 - >odnosno slovo koje opisuje koristen medij
 - T-twisted pair-upredena parica
 - F-fiber-opticko vlakno
 - L-long-opticno vlakno, laseri
 - S-short-opticko vlakno, laseri

-ethernet

- medij: koaksijalni kabel
- topologija-sabirnica
- upravljanje pristupom-CSMA/CD
 - nakon svakog okvira ceka se vrijeme za prijenos 96 bita, 12 okteta
- struktura okvira - (preambula 8)(odrediste 6)(izvoriste 6)(tip 2)(podaci 46-1500)(FCS 4)
- FCS=frame check sequence-ciklicki kod za otkrivanje pogreske

-IEEE 802.3

- struktura okvira - (preambula 7)(SoF 1)(odrediste 6)(izvoriste 6)(duljina 2)(podaci 46-1500)(FCS 4)
- SoF- start of frame
- tip promijenjen u duljina (sve vece od 1500 je tip)
- najvisih 8 bita prenosi se obrnutim redoslijedom 40, 41 ... 47
- MAC adresa - 6 okteta - prva 3 - identifikator organizacije
 - zadnja 3 - identifikator mreznog sucelja NIC - network interface card