

Univerza v Ljubljani
 Fakulteta za elektrotehniko

Komunikacije v avtomatiki
 Sloj prenosa

Stanislav Kovačič

<http://vision.fe.uni-lj.si> 2013/14



Prenosni sloj - kakšne storitve ?

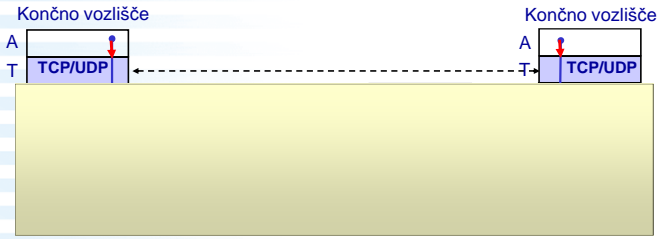
Kaj v načelu potrebujejo/pričakujejo končni uporabniki (aplikacije)?

- Zanesljiv prenos
- Zagotovljeno pretočnost/prepustnost oz. pasovno širino
- Odzivnost / delovanje v realnem času
- Varnost / tajnost / verodostojnost / avtentičnost

Naibolje bi bilo zagotoviti vse hkrati, v realnosti pa se izbere kompromis.

Npr. : zanesljivost prenosa na račun odzivnosti ali obratno, ...

Prenosni sloj



Bistvena naloga prenosnega sloja:
prenos podatkov med končnimi vozlišči za vse potrebe uporabnikov
 To nalogo pa zagotavlja s pomočjo storitev nižjega (omrežnega) sloja, ki skrbi za povezljivost ter seveda obeh nižjih slojev.

Prenosni sloj / zanesljivost

- Zanesljiv prenos
 - Sekvenčen (sprejem podatkov zaporedno, tako kot so oddani)
 - Brez napak
 - Tako kot je oddano, naj bo tudi sprejeto
 - Brez izgubljanja, kar je oddano, naj bo tudi sprejeto
 - Brez podvajanja, kar je oddano enkrat, naj bo sprejeto enkrat
 - Primeri prenosa, kjer je zanesljivost nujna
 - Prenos datotek, elektronska pošta,
 - Primeri prenosa, ki so bolj tolerantni
 - Avdio, slike, video, ...

Prenos / prepustnost / odzivnost

- **Prepustnost**
Prepustnost = povprečni podatkovni pretok
 - Zagotovljena minimalna prepustnost („pasovna širina“)
 - Občutljive aplikacije: IP telefonija
 - Neobčutljive „Elastične“ aplikacije: e-pošta, splet, ...
- **Odzivnost**
 - Odzivni čas = čas od zahteve za prenos do trenutka, ko je prenos končan
 - Delovanje v realnem času, predvidljivost
 - Zagotovljen (omejen) maksimalni odzivni / zakasnilni čas
 - Časovno občutljive aplikacije: virtualna okolja, industrijski procesi, ...
 - Časovno neobčutljive aplikacije: prenos datotek

Prepustnost in odzivnost

Prenosni sloj, TCP in UDP

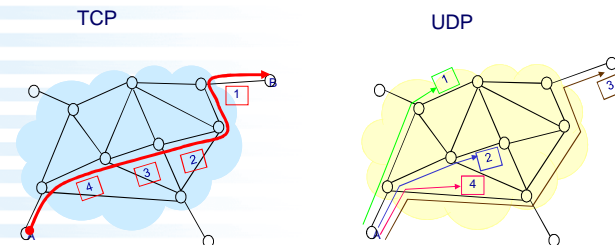
- Prenosni sloj skrbi za prenos podatkovnih segmentov (ali paketov) med končnimi vozlišči.
- TCP: (Transmission Control Protocol) omogoča povezano, zanesljivo, sekvenčno storitev, brez podvajanja ali izgubljanja.
- UDP: (User datagram protocol) omogoča nepovezano, nezanesljivo storitev, možno je podvajanje ali izgubljanje, je pa enostaven in zato hiter.
- (Skoraj) vse podatkovne enote aplikacijskega sloja se prenašajo ali v TCP ali UDP segmentih.

Prenosni sloj / varnost

- Tajnost: zaščita pred prisluškovanjem
- Verodostojnost: zaščita pred ponarejanjem
- Avtentičnost: zaščita pred utajo ali podtikanjem

Op.: Prenosni sloj ne nudi teh storitev

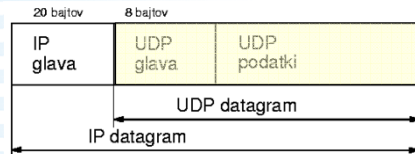
Prenosni sloj, TCP in UDP



Opomba: ker se TCP segmenti prenašajo v IP paketih sploh ni nuno, da bi šli "zares" po isti poti, je pa "videti" tako.

Prenosni sloj, UDP

- V UDP 'segmentih' se prenašajo kratke podatkovne enote aplikacijskega sloja, na primer DNS, RTP, RTCP,...
- Vsak posamezen UDP segment se prenaša v svojem IP paketu.
- IP paket se sicer lahko fragmentira, še boljše pa, da se ne.
Op.: vsako omrežje ima definirano t.i. MTU (Max.Transm.Unit), npr. 1500 bajtov. Za krajše pakete fragmentacija ni potrebna.



Kontrolna vsota UDP (TCP)

- Kontrolna vsota se računa na osnovi 16-bitnih zapisov, ki tvorijo vsebino segmenta (skupaj z glavo oziroma psevdo glavo)
- Primer računanja kontrolne vsote (KV)

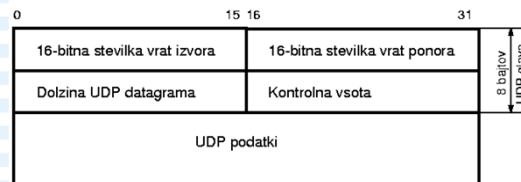
A = 1010101010101010
 B = 0000000011111111
 C = 0101010101010101

A = 1010101010101010
B = 0000000011111111
 A+B = 1010101110101001
C = 0101010101010101
 1|0000000011111110 (Prenos)
 +1

0000000011111111
 KV = 1111111100000000 (eniški komplement vsote)

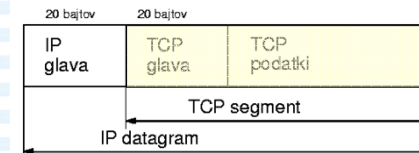
UDP glava

- V glavi UDP segmenta sta številki (naslova) vrat (angl. Port) izvora in ponora.
- Vrata v bistvu določajo dostopno točko storitve oziroma številko komunikacijske vtičnice (angl. Socket)
- Na vrata se priključita oddaljena procesa, da lahko komunicirata IP naslov + UDP številka vrat tako enoznačno določata v komunikacijo udeležene procese.



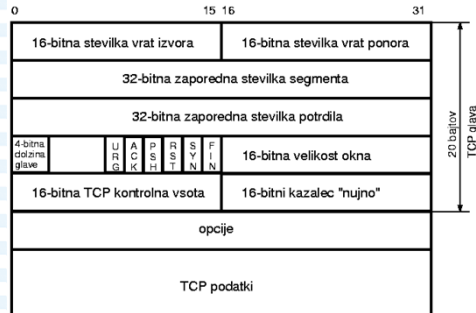
Prenosni sloj, TCP

- TCP: (Transmission Control Protocol) zagotavlja povezano storitev, sekvenčno dostavo, brez podvajanja ali izgubljanja.
- Zveza se najprej vzpostavi, potem poteka prenos, nazadnje se zveza podre.
- Večino prometa aplikacijskega sloja poteka preko protokola TCP, na primer prenos datotek, elektronske pošte, ...
- TCP segment se prenaša v IP paketu, ali več paketih.



TCP glava

Protokol TCP je v bistvu protokol z drsečim oknom, iztekom časa in vračanjem (nazaj) na N, sicer pa podpira tudi selektivno ponavljanje. (GBN, SRP)



TCP glava

Dolžina glave (4 biti):

število 32 bitnih enot, tipično 20 bajtov, torej dolžina glave = 5

Zastavice:

SYN: vzpostavitev zveze (sinhronizacija številčenja segmentov)

FIN: sproščanje (oz. prekinitev, zapiranje, podiranje, zaključek) zveze

ACK: segment je (tudi) potrdilo

RST: (Reset), predčasna prekinitev povezave

URG: (Urgent) in kazalec 'urgent' je v veljavi (to omogoča vrivanje nujnih podatkov v pretok običajnih podatkov)

PSH: (Push) sprejemnik mora dostaviti podatke aplikacije takoj (oz. čimprej) brez vmesnega medpomnenja.

TCP je sicer zelo kompleksen protokol.

TCP glava

Številki vrat (16 bitov): to sta v bistvu naslova na transportnem sloju. Nekatere številke so standardne in "dobro znane" vsem zainteresiranim, npr. Prenos datotek, e-pošta, ...

Zaporedna številka segmenta (32 bitov):

podatki se interpretirajo kot zaporedje bajtov.

Ta številka enostavno pove zaporedno številko prvega bajta tega segmenta, relativno na prvi bajt celotnega sporočila, ki ga sestavlja več segmentov.

Zaporedna številka potrdila (32 bitov):

ta številka pove zaporedno številko bajta, ki ga sprejemnik pričakuje kot naslednjega.

Velikost okna (16 bitov): relativno glede na zadnje potrdilo.

TCP omogoča sočasni prenos v obe smeri (polni duplex).

TCP - vzpostavitev zveze

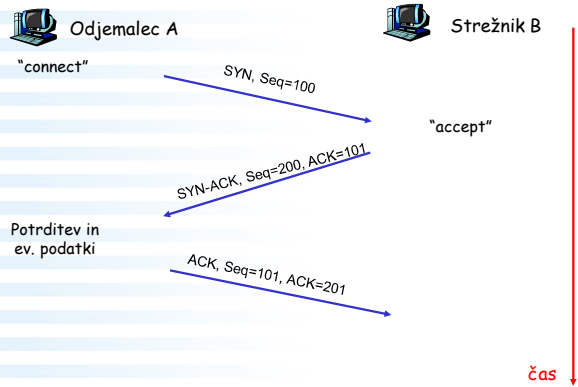
Komunikacija poteka praviloma asimetrično po pravilu odjemalec strežnik. Predno se lahko odjemalec poveže s strežnikom, mora strežnik biti v stanju pasivne pripravljenosti (pasivno povezan na vtičnico – accept).

TCP za vzpostavitev zveze uporablja trikratno usklajevanje.

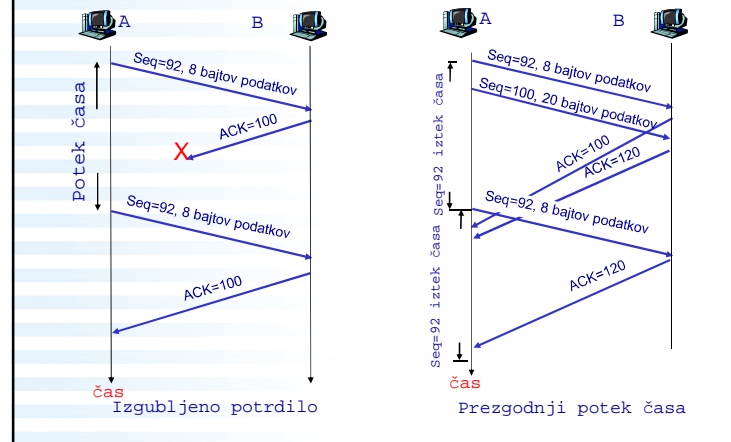
- **SYN:** odjemalec pošlje strežniku segment s postavljenim SYN bitom, številko segmenta postavi na naključno vrednost, na primer N.
- **SYN-ACK:** strežnik se odzove s segmentom s postavljenima bitoma SYN in ACK. Številko potrdila postavi na N+1 (pričakuje naslednji in torej prvi bajt sporočila). Kot zaporedno številko segmenta izbere naključno vrednost, na primer M.
- **ACK:** odjemalec pošlje potrdilo strežniku, postavi bit ACK. Zaporedno številko segmenta postavi na N+1, številko potrdila na M+1.
- Sedaj sta odjemalec in strežnik "povezana" in prenos lahko poteka.

TCP - vzpostavitev zveze

Trikратно usklajevanje

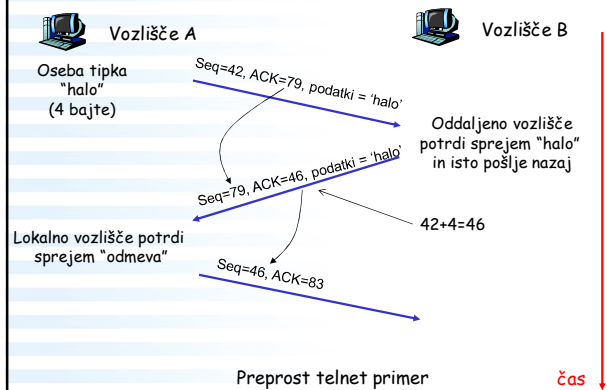


TCP: ponovitev segmenta

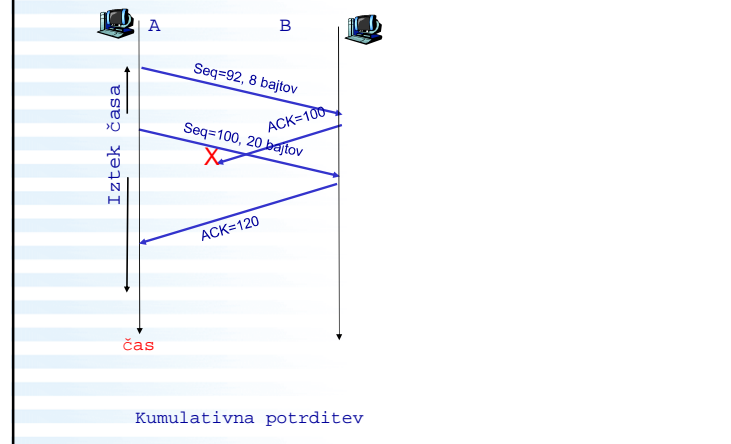


TCP - vzdrževanje zveze

Komunikacija poteka praviloma asimetrično po pravilu odjemalec strežnik



TCP primer ponovitev



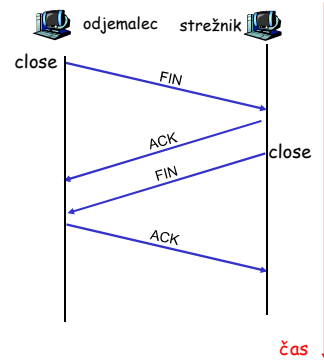
TCP sprostititev zveze

Odjemalec zapre vtičnico, pošlje FIN

Strežnik sprejme FIN in odgovori z ACK

Strežnik zapre vtičnico, pošlje FIN

Odjemalec sprejme FIN, pošlje ACK



Literatura

- A. Tanenbaum, *Computer Networks*, 4th ed., Prentice-Hall, 2003
- R. Stevens, *TCP/IP Illustrated*, Vol. 1, Addison-Wesley, 1994
- J. Kurose, K. Ross, *Computer Networking*, 5th ed. Pearson, 2010.
- Viri na Internetu