



Podsloj za upravljanje pristupom medijumima (*Media Access Control-MAC*)

Računarske mreže i mrežne tehnologije
April 2013. god.

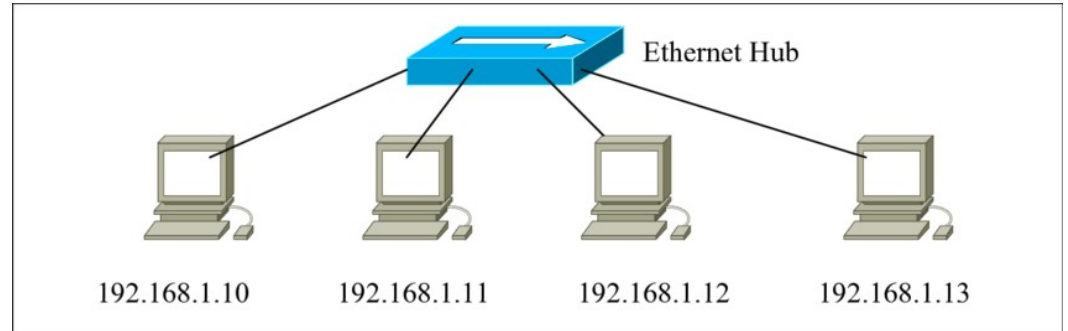


Sadržaj predavanja

- Statičko i dinamičko dodeljivanje kanala
- ALOHA protokol
- CSMA protokoli
- Protokoli za bežične lokalne mreže (MACA, MACAW)
- Ethernet (IEEE802.3)
- LLC protokol
- Mreže 802.11

Uvod

- Mreže se mogu svrstati u dve kategorije:
 - P2P (od tačke do tačke)
 - Sa difuznim emitovanjem
- U svakoj mreži sa difuznim emitovanjem glavni problem je kome dodeliti pristup kanalu kada ima više takmaca. Primer je konferencijski razgovor
- *Multi-access channels* ili *Random access channels*
- Protokoli kojima se određuje sledeći korisnik takvog kanala se nazivaju protokolima za upravljanje pristupom medijumima (*Media Access Control* - MAC).
- U regionalnim mrežama se uglavnom koriste veze tipa od tačke do tačke, dok u **lokalnim mrežama prevladava difuzni pristup**
- MAC podsloj čini **donji deo sloja veze podataka**



Statičko dodeljivanje kanala

- Propusni opseg se podeli na onoliko delova koliko ima korisnika
- FDM i TDM u telefonskoj mreži
- Međutim, ako je broj pošiljalaca veliki i stalno se menja, **FDM/TDM pristup nije efikasan**. U tipičnoj lokalnoj mreži, odnos maksimalnog i minimalnog opterećenja je oko 1000:1!
- Veliki deo propusnog opsega ostaje neiskorišćen
- **Iz teorije svrstavanja u redove čekanja** može se izvesti da ako je brzina kanala C b/s, brzina pristizanja λ okvira/s, srednja vrednost dužine okvira $1/\mu$ b/okviru, onda je **vremenska zadržka T** :

$$T = \frac{1}{\mu C - \lambda}$$

- μC je brzina opsluživanja, tj. *service rate* i izražava se u broju okvira u sekundi. Na primer, ako je $C=100\text{Mb/s}$, srednja dužina okvira $1/\mu=10000$ bitova i brzina pristizanja okvira $\lambda=5000$ okvira/s, onda je $T=200\mu\text{s}$. Da je zanemarena zadržka zbog svrstavanja u red čekanja, dobilo bi se (pogrešno) $100\mu\text{s}$.

Statičko dodeljivanje kanala (2)

- **Ako se pak jedinstven kanal podeli na N nezavisnih FDM potkanala**, svaki sa kapacitetom C/N b/s, srednja brzina pristizanja okvira biće takođe λ/N . Dakle:

$$T_{FDM} = \frac{1}{\mu(C/N) - \lambda/N} = \frac{N}{\mu C - \lambda} = NT$$

Prosečno kašnjenje se N puta povećava.

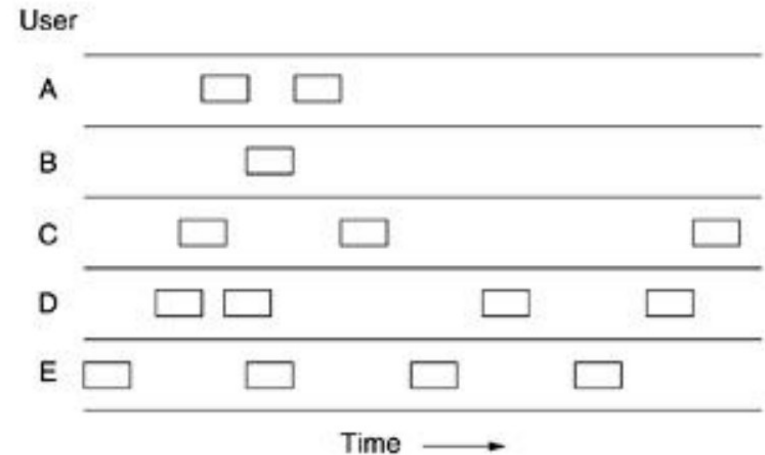
- Gornji izraz za T_{FDM} pokazuje zašto se FDM sistem ne koristi u lokalnim mrežama.

Dinamičko dodeljivanje kanala

- Terminologija i pretpostavke modela
 - **Model stanica.** Model sadrži N nezavisnih stanica koje generišu okvire za slanje brzinom λ okvira/s. Kada generiše okvir, stanica se blokira sve dok on ne bude uspešno poslat.
 - **Pretpostavka o jedinstvenom kanalu.** Za sve komunikacije na rapolaganju je samo jedan kanal.
 - **Pretpostavka o sukobljavanju.** Ako se dva okvira istovremeno emituju, dolazi do kolizije. Takav okvir mora biti ponovo poslat.
 - **Neprekidan vremenski tok.** Okvir se može poslati u bilo kom trenutku.
 - **Raspodeljeno vreme.** Vreme je podeljeno u intervale određene dužine i samo se na krajevima tih intervala može emitovati.
 - **Osluškivanje kanala na nosiocu podataka.** Pre nego pošalje, stanica ispituje da li je kanal slobodan. Ako ustanovi da nije, čeka dok se oslobodi.
 - **Nema osluškivanja kanala na nosiocu podataka.** Stanica ne proverava da li je kanal prazan pre nego pošalje okvir. Kasnije se proverava da li je prenos uspešno obavljen.

Čist ALOHA protokol

- Normana Abramsona sa Havajskog univerziteta sedamdesetih godina i predstavlja elegantnu metodu za rešavanje problema pristupanja kanalu. Korišćeno radio-difuzno emitovanje
- Osnovna ideja protokola je veoma jednostavna: **dozvoliti korisnicima da emituju uvek kada imaju podatke za slanje.**
- **Pošiljalac uvek može da zaključi da li je emitovanje bilo uspešno ako osluškuje kanal.** Ako je emitovanje neuspešno, ponavlja se sve do supešnog ishoda.

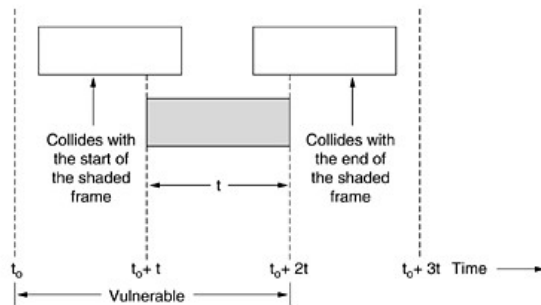


Čist Aloha protokol (2)

- **Jedinično vreme prenosa okvira** definiše se kao vreme potrebno da se pošalje standardni okvir fiksne dužine.
- Pretpostavka je da beskonačni broj korisnika generiše nove okvire sledeći Poasonovu distribuciju sa N proizvedenih okvira tokom vremena potrebnog za prenos jednog okvira. Ako je $N > 1$ korisnici generišu okvire brže nego što sistem može da ih obradi i često dolazi do sukobljavanja. Preporuka je, svakako, $0 < N < 1$.
- Osim novih okvira, stanice ponovo emituju i okvire koji su se prethodno sukobili, što daje ukupno G svih okvira tokom vremena potrebnog za prenos jednog okvira ($G \geq N$). Pri niskom opterećenju je $G \approx N$. Pri visokom opterećenju biće $G \gg N$.
- Protok podataka S dobija se kao proizvod opterećenja G i verovatnoće uspešnosti slanja P_0 : $S = GP_0$

Čist Aloha protokol (3)

Figure 4-2. Vulnerable period for the shaded frame.



Verovatnoća da će k novih okvira biti generisano tokom slanja okvira je prema Poasonovoj formuli:

$$Pr[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!}$$

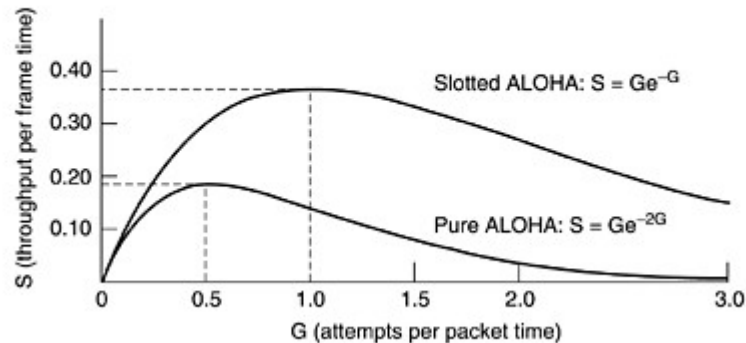
tako da verovatnoća generisanja 0 okvira iznosi e^{-G} , dok u ukupnom periodu ranjivosti od $2t$, ta verovatnoća iznosi $P_0 = e^{-2G}$. Ukupni protok se dobija iz $S = GP_0$ kao:

$$S = Ge^{-2G}$$

Čist ALOHA protokol (4)

- **Odnos između pokušanog i stvarnog saobraćaja**, prikazan je na slici. Maksimalni protok je omogućen pri $G=0.5$, uz $S=0.5e$, što iznosi oko 0.184, tj oko 18%. Izračunati.
- Na grafiku je prikazan grafik ostvarenog u odnosu na pokušani saobraćaj.

Figure 4-3. Throughput versus offered traffic for ALOHA systems.



Vremenski raspodeljen ALOHA

- Dupliranja kapaciteta ALOHA sistema **uvođenjem podele vremena na intervale konačne dužine** i da svaki interval odgovara vremenu prenosa jednog okvira.
- Emitovanje signala na početku svakog okvira
- Na ovaj način je period ranjivosti smanjen sa $2t$ na t , tako da sada protok iznosi:
 $S = Ge^{-G}$
- Kao što se vidi na prethodnoj slici, ovaj protokol dostiže maksimum na $G=1$, uz protok podataka 0.368 okvira po vremenu t , tj. oko 37%.
- **Porastom G se broj sukoba eksponencijalno povećava**, što je veoma loše. Dokaz:
Verovatnoća da će okvir biti uspešno poslat posle k prenosa je:

$$P_k = e^{-G} (1 - e^{-G})^{k-1}$$

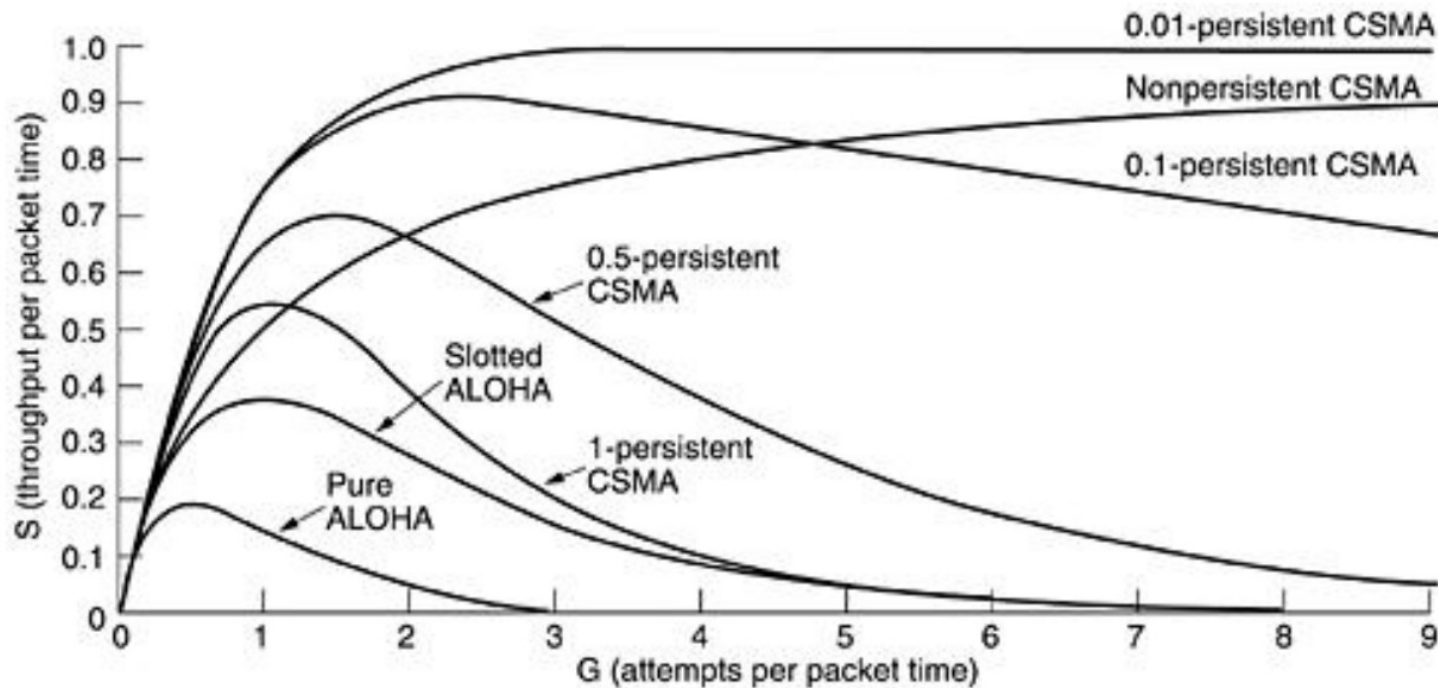
tako da je srednji broj prenosa:

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} k P_k = \sum_{k=1}^{\infty} k e^{-G} (1 - e^{-G})^{k-1} = e^G$$

Protokoli sa osluškivanjem saobraćaja

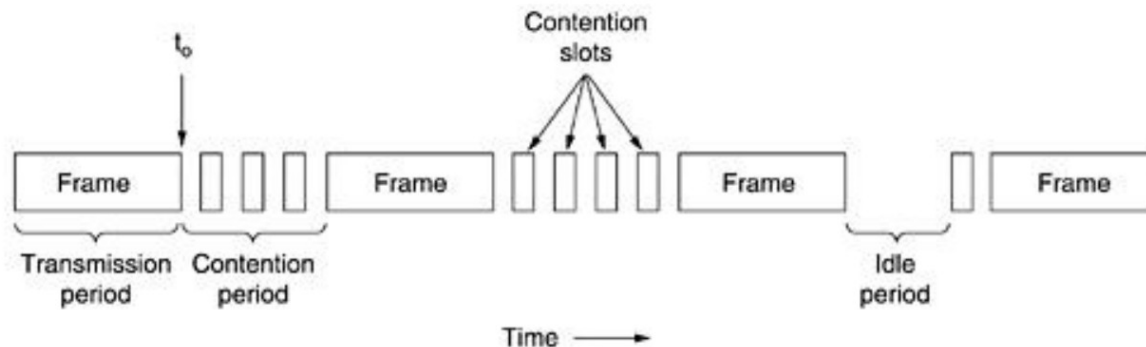
- CSMA – *Carrier Sense Multiple Access*
- Vremenski raspodeljenim sistemom ALOHA može se postići efikasnost od maksimalno $1/e$, a glavni razlog leži u činjenici što stanice šalju nasumično, bez osluškivanja da li je nosilac slobodan
- Jedan od takvih protokola je i tzv. **1-trajni CSMA** (*1-persistent Carrier Sense Multiple Access*), čija je osnovna osobina da osluškuje kanal, čeka da saobraćaj na njemu potpuno utihne, i tek onda šalje svoj okvir. Protokol nosi naziv 1-trajni jer stanica **emituje sa verovatnoćom 1** kada utvrdi da je kanal prazan
- Brzina prostiranja signala veoma utiče na performanse ovog protokola.
- Takođe, **problem sa 1-trajnim CSMA protokolom** nastaje kada dve ili više stanice imaju okvir za slanje, osluškuju kanal, a kada se on oslobodi odmah šalju svoje okvire pa sigurno dolazi do kolizije. I pored toga, protokol je mnogo bolji od čistog ALOHA.
- Drugi protokol je tzv. **povremeni CSMA** (*non-persistent CSMA*), koji se od 1-trajnog CSMA razlikuje po tome što stanica ne osluškuje kanal sve vreme, već, ukoliko utvrdi da je zauzet, čeka nasumično izabran vremenski interval pre nego ponovo proveri zauzetost. Zato ređe dolazi do sukoba
- Treći pristup je tzv p-trajni **CSMA** (*p-persistent CSMA*), koji se od 1-trajnog CSMA razlikuje po tome što stanica utvrdi da se kanal oslobodio emituje s verovatnoćom p , što implicira da sa verovatnoćom $q=1-p$ stanica odustaje od emitovanja u tom intervalu

Protokoli sa osluškivanjem saobraćaja (2)



Protokol CSMA uz otkrivanje sukoba

- Dodatno poboljšanje je da stanica **prekine emitovanje čim utvrdi sukob**
- *CSMA with Collision Detection* – CSMA/CD je osnova *Ethernet-a*
- Tri stanja protokola:
 - Konkurentno pristupanje
 - Slanje podataka
 - Neaktivnost
- Ako je vreme koje je potrebno da okvir pređe do najudaljenije stanice τ , koliko je vremena potrebno da stanica bude sigurna da je okvir ispravno isporučen?
- Otkrivanje sukoba je u biti analogni proces, pa je CSMA/CD u stvari poludupleksni sistem jer dok se emituje mora i da se osluškuje kanal

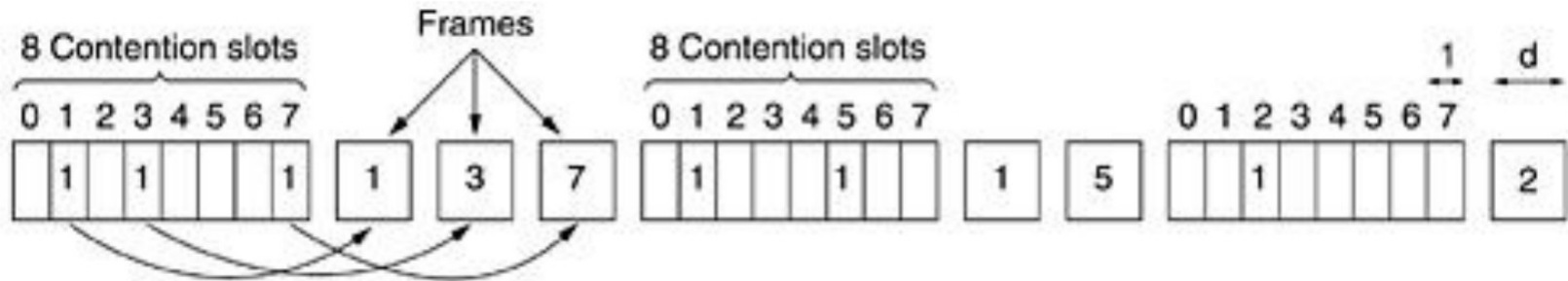


Protokoli bez sukobljavanja

- Kod CSMA/CD sukobi ipak mogu nastati tokom konkurentskog pristupa kanalu pre emisije podataka
- To može negativno da utiče na performanse, posebno ako je kabl dugačak, a okviri mali
- Kod protokola kod kojih nema sukobljavanja, pretpostavlja se postojanje tačno N stanica, svaka sa fiksnom adresom u intervalu $0..N-1$
- I dalje se koristi model CSMA/CD sa ograničenim intervalima konkuretnosti

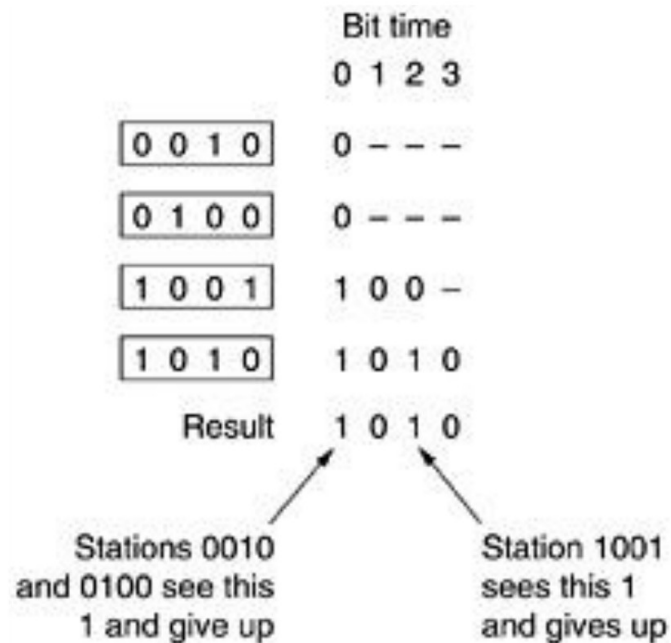
Protokol zasnovan na mapi bitova

- Ako stanica j ima okvir za slanje, umeće bit 1 u slot j
- Period konkurentnog pristupa je N bita
- Stanica čija je adresa 0 ili 1 u proseku će čekati $1.5N$ intervala. Stanice $N-2, N-1$ će u proseku čekati $0.5N$ intervala. U proseku se dakle čeka N intervala
- Iskorišćenje pri niskom opterećenju je $d/(N+d)$
- iskorišćenje pri visokom opterećenju je $d/(d+1)$ jer na svaki okvir dolazi samo po jedan "nekoristan" bit



Binarno odbrojavanje

- Kod prethodnog protokola, problem je nepotreban *overhead* od 1 bita po okviru, što je loše kada ima puno stanica
- Binarno odbrojavanje je patentirao Fraser 1987. god.
- Svaka stanica ima binarnu adresu i sve stanice sinhronizovano emituju bitove svojih adresa
- Na svaki bit se primeni **logičko ILI**
- Efikasnost raste na $d/(d+\log_2 N)$
- Dalje poboljšanje pomoću “virtuelnih brojeva stanica”, kada stanica koja je upravo emitovala ide na kraj reda



Protokoli za bežične lokalne mreže

- IEEE802.11b(g), 11-54 Mbps
- Potrebni su specijalni protokoli MAC podsloja
- Zašto nije moguće koristiti neki standardni CSMA na bežičnoj mreži?
- Problem skrivene stanice (levo na slici)
- Problem izložene stanice (desno na slici)



MACA i MACAW protokoli

- MACA (*Multiple Access with Collision Avoidance*) – Višekorisnički protokol uz izbegavanje sukoba
- Zahtev za slanje RTS (*Request To Send*)
- Dozvola za slanje CTS (*Clear To Send*)
- Uprkos svemu, i dalje može doći do sukobljavanja. Kada?
- **MACAW (MACA for Wireless) je poboljšana varijanta MACA.** Uveden ACK okvir. Stanica ne šalje RTS ako osluškivanjem pomoću CSMA primeti da neka druga stanica šalje RTS. Razmena informacija o zagušenju.

