

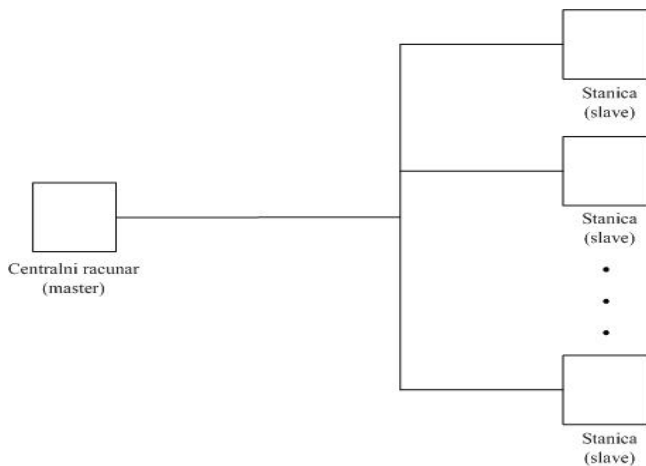
## PROTOKOL ZA KOMUNIKACIJU U DISTRIBUIRANOM RAČUNARSKOM SISTEMU MALE PROPUSNE MOĆI KOMUNIKACIONOG KANALA

Nikola Zogović, Miroslav Petrović, Milovan Stamatović,  
Institut „Mihajlo Pupin“, IMP-Računarski sistemi, Beograd

**Sadržaj** - U radu je opisan primer realizacije komunikacionog protokola distribuiranog sistema koji radi u realnom vremenu. Izložene su primenjene tehnike za maksimalno iskorišćenje kapaciteta komunikacionog kanala, redukciju količine podataka koji treba da budu prenošeni i konkurentan transport poruka.

### 1. UVOD

U ovom radu je prikazana komunikacija između više računara koji čine akvizicioni sistem. Udaljenost između računara može da bude par stotina kilometara pri čemu sistem nije prostorno fiksiran. Zbog uslova da sistem radi sa velikom pouzdanošću komunikacija je ostvarena korišćenjem dva različita prenosna medijuma: telefonska mreža i kratkotalasno radio područje. Topologija računarske mreže je unapred definisana sa *masterom* u zvezdištu i *slaveovima* na krakovima (slika 1). Specifičnost raspoloživih komunikacionih resursa, zahtevanih performansi i funkcionalnih karakteristika sistema nametala je kao rešenje problema realizaciju posebnog komunikacionog protokola. Razvijeni komunikacioni protokol je tipa *polling* sa *broadcast* prozivanjem i odazivanjem u dinamički dodeljenim vremenskim slotovima. Zbog malog kapaciteta komunikacionog kanala predviđena je klasifikacija podataka po prioritetima kojom se zadovoljava uslov da sistem radi u realnom vremenu.



sl. 1. Topologija mreže

### 2. PREGLED RASPOLOŽIVIH KOMUNIKACIONIH RESURSA I ZAHTEVANIH FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA SISTEMA

Da bi bila ostvarena velika pouzdanost prenosa podataka predviđena je upotreba dva nezavisna prenosna medijuma:

klasična telefonska mreža sa širinom kanala do 4 kHz i radio kanal u kratkotalasnom području. Odluku o tome koji će kanal biti upotrebljen za prenos podataka donosi operater, a protokol treba da bude nezavistan od trenutno odabranog kanala. Postoje dve klase podataka koji treba da budu prenošeni:

1. podaci koji treba da budu prosleđeni nadređenom nivou (*masteru*) u okviru dozvoljenog kašnjenja, što ih svrstava u kategoriju vremenski kritičnih podataka.
2. podaci koji nemaju strogo definisano dozvoljeno kašnjenje, što ih čini manje vremenski kritičnim.

Podaci iz klase vremenski kritičnih podataka su po sadržaju vremenski promenljivi, ali je struktura tih podataka nepromenljiva. Podaci iz klase vremenski kritičnih podataka su poruke male dužine (nekoliko desetina bajtova), a podaci iz klase vremenski manje kritičnih podataka su poruke srednje (nekoliko stotina bajtova) i velike dužine (nekoliko hiljada bajtova).

Broj *slave* računara u sistemu nije fiksiran i može da se menja u toku rada sistema. Dodavanje na mrežu i uklanjanje sa mreže *slave* računara treba da bude automatsko.

### 3. ANALIZA PROBLEMA I OPIS REŠENJA

U literaturi su opisane sledeće tehnike za kontrolu pristupa prenosnom medijumu (MAC - *medium access control*) [1]:

- fiksna dodela (FDMA - *Frequency Division Multiple Access*, TDMA - *Time Division Multiple Access*, CDMA - *Code Division Multiple Access*)
- prozivanje
- protokoli sa slučajnim pristupom
  1. ALOHA (*pure, slotted, reservation*)
  2. CSMA, CSMA-CD (*Carrier Sense Multiple Access Collisison Detection*)
- *token passing* protokoli

U ovom slučaju upotrebljena je tehnika prozivanja, obzirom da je kapacitet kanala mali u odnosu na količinu informacija koja treba da se prenosi preko njega, da sistem dozvoljava hijerarhiju i da postoji zahtev za prenosom podataka u realnom vremenu. Količina podataka koji se prenose iz vremenski kritične kategorije je smanjena time što se prenose samo najvažniji podaci. A da bi količina podataka upotrebljena za menadžment komunikacije bila minimalna, *master* vrši prozivku svih *slave* računara koji treba da se odazovu jednom *broadcast* porukom. Za odazivanje *slave* računara upotrebljena je modifikovana TDMA tehnika. U *broadcast* poruci *master* specificira redosled odazivanja *slaveova* i za svakog *slavea* dozvoljenu dužinu poruke. *Slave* formira odzivni paket od poruka po njihovim prioritetima [2]. Dok ima poruka sa većim prioritetom poruke sa manjim prioritetom se ne stavljaju u odzivnu poruku. Pakovanje se vrši do maksimalne dozvoljene dužine odzivnog paketa. Svaki *slave* u odzivnom paketu šalje podatak o količini

podataka koji su ostali da čekaju prenos. Na osnovu informacija o količini podataka koji čekaju na svakom od *slaveova*, *master* odlučuje koliku će dužinu poruke kojom *slaveu* da dozvoli, proporcionalno zahtevanim količinama podataka svakoga od njih.

Ciklus prozivanja svih *slaveova* je određen maksimalnim dozvoljenim kašnjenjem poruke. Ovakvom tehnikom pristupa medijumu za prenos podataka postignuta je njegova maksimalna iskorišćenost.

Na fizičkom sloju prenos se izvodi binarno, brzinom 2400 *bps*, a kodovanje za prilagođenje signala je isto kao u HDLC protokolu (na 5 uzastopnih binarnih jedinica jedna binarna nula). Komunikacija je asinhrona, odnosno svaki paket ima, kao sinhronizacionu povorku, N puta ponovljenu sinhro sekvencu i sekvencu koja označava kraj paketa. N zavisi od intenziteta smetnji na liniji i bira se tako da ne povećava paket više nego da je upotrebljeno neko drugo kodovanje signala.

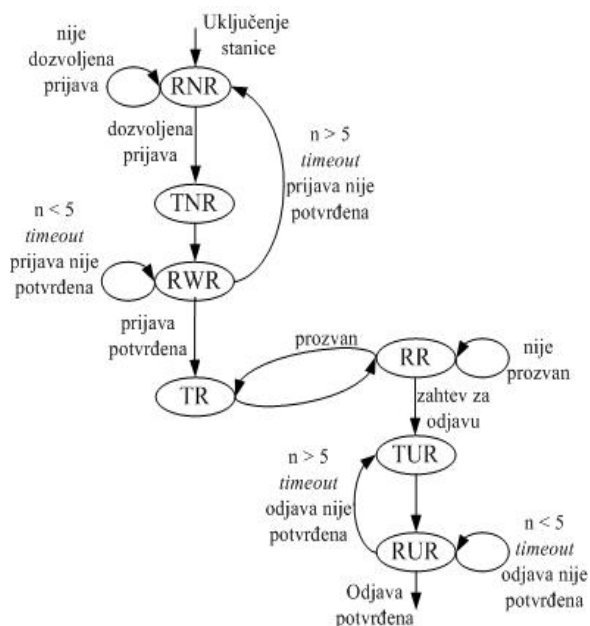
Detekcija greške je urađena na nivou MAC paketa. *Master* postavlja bit odgovora kao informaciju o uspešnosti prijema paketa od *slavea*. U zavisnosti od vrednosti tog bita u odgovoru *mastera*, *slave* donosi odluku da li može da pošalje sledeću, ili mora da ponovi prethodnu poruku.

*Master* ima fiksnu adresu, a *slaveovi* dobijaju adrese od *mastera* u procesu automatskog dodavanja u sistem.

#### 4. OPIS REŠENJA

MAC menadžment je organizovan kao mašina stanja. Postoje dve mašine stanja: mašina stanja za *slave* stanicu i mašina stanja za *master* stanicu. Stanja mašine stanja sa ulogom *slavea* su (slika 2):

- TNR - Transmit Not Registered
- TR - Transmit Registered
- TUR - Transmit UnRegistration
- RR - Receive Registration
- RNR - Receive Not Registered
- RUR - Receive UnRegistration
- RWR - Receive Wait Registration



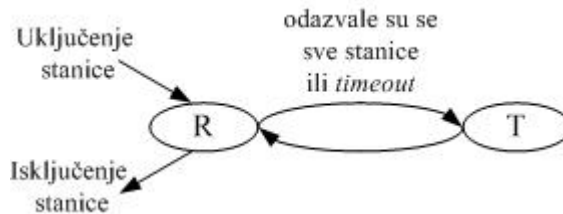
sl. 2. Dijagram stanja slave-a

Značenje pojedinih polja u poruci:

- RNR - početno stanje slavea. Prima broadcast poruke od mastera i čeka poruku koja dozvoljava prijavu.
- TNR - slanje zahteva za prijavu u sistem.
- RWR - čekanje potvrde prijema. Ako se dogodi greška u prijemu broadcast poruke ili istekne dozvoljeno vreme za čekanje potvrde prijema više od 5 puta, uzastopno, ide se na čekanje dozvole za prijavu.
- TR - slanje podataka.
- RR - prijem broadcast poruka. Ukoliko je slave prozvan treba da se odazove pa prelazi u stanje TR. Ukoliko nije prozvan ostaje u istom stanju, odnosno čeka novu broadcast poruku. Ukoliko slave treba da se odjavi, a zahtev zadaje operater, šalje zahtev za odjavu iz sistema u prvom sledecem odzivu.
- TUR - slanje zahteva za odjavu iz sistema.
- RUR - čekanje potvrde odjave. Ako se dogodi greška u prijemu broadcast poruke ili istekne dozvoljeno vreme za čekanje potvrde odjave više od 5 puta, uzastopno, ide se na ponovno slanje zahteva u prvom sledecem odzivu.

Stanja mašine stanja mastera su (slika 3):

- R - Receive
- T - Transmit



sl. 4. Dijagram stanja master-a

Značenja pojedinih stanja:

- T - *master* šalje *broadcast* poruku *slaveovima*. U svakom n-tom ciklusu *master* postavlja dozvolu za prijavljivanje novog *slavea* u sistem. Prijava je dozvoljena kao poslednja u redosledu odazivanja.
- R - *master* prima poruke od *slaveova* po redosledu i rasporedu koji je zadao. Za svaki ispravno primljen odziv šalje potvrdu prijema.

*Broadcast* poruka sadrži sledeća polja: FAS (*Field of Active Stations*), ML (*Message Length*), FOM (*Field Of Messages*), ER (*Entry Allowance*), CS (*Checksum*).

Format broadcast poruke

FAS	ML	FOM	ER	CS
-----	----	-----	----	----

- FAS (2 bajta) - vrednost 1 bita na poziciji određenoj adresom slavea označava da je slave prozvan.
- ML (2 bajta) - ukupna dužina *broadcast* poruke izražena u bajtovima.
- FOM (k bajtova) - u ovom polju su navedene poruke za svaki od prozvanih *slaveova*.
- ER (1 bajt) - vrednost 1 prvog bita označava da je dozvoljena prijava novog *slavea*, vrednost 0 označava da nije dozvoljena; ostali biti su trenutno neiskorišćeni i ostavljaju prostor za potencijalna proširenja sistema.
- CS (1 bajt) - zbir po modulu 256 svih prethodnih bajtova.

Format poruke iz polja FOM: CC (*Control Character*), A (*Address*), C (*Command*), M (*Message*), AWL (*Allowed Window Length*), ML (*Message Length*), MESSAGE.

### Format poruke iz polja FOM

CC	A	C	M	AWL	ML	MESSAGE
----	---	---	---	-----	----	---------

- CC (1 bajt) – kontrolni karakter koji označava početak poruke za određenog *slavea*.
- A (1 bajt) - adresa *slavea* na koga se odnosi poruka. Sastoji se iz dva dela: kontrolnog (četiri bita) i adresnog (četiri bita). Kontrolni karakter može da ima vrednosti E (odjava *slavea*), F (prijava *slavea*), 0 (registrovana adresa).
- C (1 bajt) – komanda koju *slave* treba da izvrši.
- M (1 bajt) – označava vrstu poruke iz polja MESSAGE. Sastoji se iz dva dela: Kod poruke (7 bita), bit potvrde ispravno primljene odzivne poruke.
- AWL (2 bajta) – maksimalna dozvoljena dužina odzivne poruke *slavea* izražena u bajtovima.
- ML (2 bajta) – dužina poruke iz polja FOM u okviru koje se ML nalazi.
- MESSAGE (m bajtova) – sadržaj poruke.

Format odzivnog paketa: A (*Address*), LM (*Length of not sent Messages*), FOM (*Field of Messages*), CS (*Checksum*)

#### Format odzivnog paketa

A	LM	FOM	CS
---	----	-----	----

- A (1 bajt) – isti sadržaj kao A bajt iz FOM polja *broadcast* poruke.
- LM (2 bajta) – dužina podataka koji nisu poslani izražena u bajtovima.
- FOM (1 bajtova) – u ovom polju su navedene poruke koje šalje *slave masteru*.
- CS (1 bajt) - zbir po modulu 256 svih prethodnih bajtova.

Format poruke iz polja FOM: CC (*Control Character*), MC (*Message Code*), ML (*Message Length*), MESSAGE.

#### Format poruke iz polja FOM

CC	CM	ML	MESSAGE
----	----	----	---------

- CC (1 bajt) – kontrolni karakter koji označava početak poruke.
- CM (1 bajt) – kod poruke.
- ML (2 bajta) – dužina poruke iz polja FOM u okviru koje se ML nalazi.

- MESSAGE (n bajtova) – sadržaj poruke.

Između nivoa aplikacije i MAC nivoa na *slave* računaru postoji nivo koji prima zahteve za slanje podataka od nivoa aplikacije, ažurira i čuva podatke i kada je *slave* prozvan pakuje podatke u poruku tako da zadovolji maksimalnu dozvoljenu dužinu odzivne poruke. Na ovom nivou postoji samo po jedan zapis za svaku od vremenski promenljivih poruka koje treba da budu prenešene. Ako aplikacija postavi zahtev za slanje vremenski promenjive poruke, za koju već postoji zapis, ovaj nivo vrši ažuriranje starog zapisa novim i šalje samo najsvježiji zapis.

## 5. ZAKLJUČAK

Realizacija izloženog protokola omogućila je ispunjenje postavljenih funkcionalnih zahteva korisnika, uprkos malo propusnoj moći komunikacionog sistema. Upotrebene tehnike za redukciju količine podataka koji treba da budu prenešeni (kontrola dozvoljene dužine odzivne poruke i ažuriranje promenljivih podataka) omogućile su bolje iskorišćenje komunikacionih kanala. Dinamičkom dodelom prioriteta porukama, uspostavljena je kontrola kašnjenja pristizanja informacija.

## LITERATURA

- [1] Fouad Tobagi, *Handouts for course "Introduction to Computer Networks"*, Stanford University, 2001.
- [2] William Stallings, *"Local and Metropolitan Area Networks"*, fifth edition, Prentice Hall, 1997.
- [3] Mischa Schwartz: *"Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis"*, Addison-Wesley, 1987.

**Abstract** - This paper describes an example for realisation of communication protocol in distributed real-time system. Applied techniques for maximal utilization of communication channel, reduction of amount of data being transferred and dynamical mechanism of messages prioritization are presented.

**COMMUNICATION PROTOCOL  
IN DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEM WITH  
LOW COMMUNICATION CHANNEL BANDWIDTH**  
Nikola Zogović, Miroslav Petrović, Milovan Stamatović