

Komutacioni sistemi

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

mr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

O čemu se radi?

- ❑ Predmet koji proučava komutacioni sistem kao najvažniji element svake telekomunikacione mreže.
- ❑ Radi se o jednoj od najvažnijih oblasti telekomunikacija.
- ❑ Potrebno je elementarno znanje iz telekomunikacija.
- ❑ Sve što je potrebno za polaganje ispita će biti dostupno u formi prezentacija na zvaničnim prezentacijama predmeta na sajtu UCG.
- ❑ Materija ima nastavak u kursevima koji slijede u sledećem semestru ili na doktorskim studijama

O čemu se radi?

□ Način polaganja:

<u>Rad</u>	<u>broj</u>	<u>% ocjene</u>
Kolokvijum	1	35%
Seminarski	1	30%
Završni ispit	1	35%
Pitalica	5	10%

Pregled kursa:

Pripremne nedjelje	Priprema i upis semestra
I nedjelja 27.09.	Uvod. Osnovni pojmovi. Istorijat.
II nedjelja 04.10.	Multipleksiranje.
III nedjelja 11.10.	Koncepti digitalne telefonske komutacije kola
IV nedjelja 18.10.	Digitalni telefonski komutacioni sistem
V nedjelja 25.10.	Signalizacija. Sinhronizacija.
VI nedjelja 01.11.	Osnove komutacije paketa.
VII nedjelja 08.11.	Kolokvijum
VIII nedjelja 15.11.	Komutatori sa baferima na ulazu. Komutatori sa baferima na ulazu i izlazu.
IX nedjelja 22.11.	Komutatori sa baferima u komutacionim elementima. Komutatori sa izbalansiranim opterećenjem
X nedjelja 29.11.	Klosov komutator. Komutatori sa topologijom razdvojenih putanja
XI nedjelja 06.12.	VOQ i CQ komutator
XII nedjelja 13.12.	Rutiranje. Ruter.
XIII nedjelja 20.12.	Optička komutacija
XIV nedjelja 27.12.	Komutacioni sistemi u mobilnim telekomunikacionim mrežama
XV nedjelja 10.01.	Odbrana seminarskih radova
XVI nedjelja	Završni ispit
Završna nedjelja	Ovjera semestra i upis ocjena.
XVIII-XXI nedjelja	Dopunska nastava i popravni ispitni rok.

Pregled kurseva :

Pitalice

- ❑ Pismene provjere pređenog gradiva koje imaju za cilj ocjenjivanje redovnosti praćenja i rada tokom godine
- ❑ Sadržaće pitanja na koja se odgovara za okruživanjem, kratkim odgovorima ili crtanjem slike
- ❑ Rade se po 10 minuta
- ❑ Neće biti najavljivane
- ❑ Neće biti nadoknađivane ili popravljane

Pregled kursa :

Seminarski

- Samostalan rad
- Dodjela će biti u trećoj nedjelji rada
- Tema vezana za sadržaj kursa
- Javna odbrana seminarskog

Pitanja, komentari, ... ???

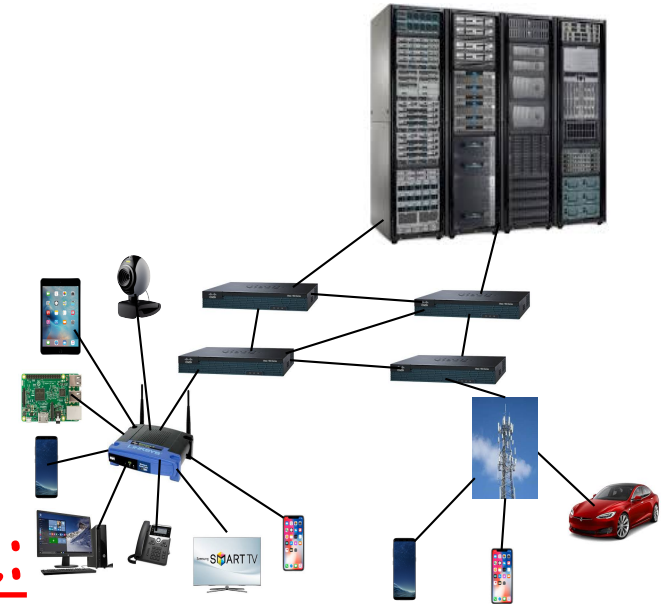
Koncepti telekomunikacione mreže

Struktura telekomunikacione mreže?

- ❑ Oprema (hardware & software)
- ❑ Infrastruktura (kanalizacija, stubovi, energetske instalacije, kablovi, objekti,...)



Koncepti telekomunikacione mreže

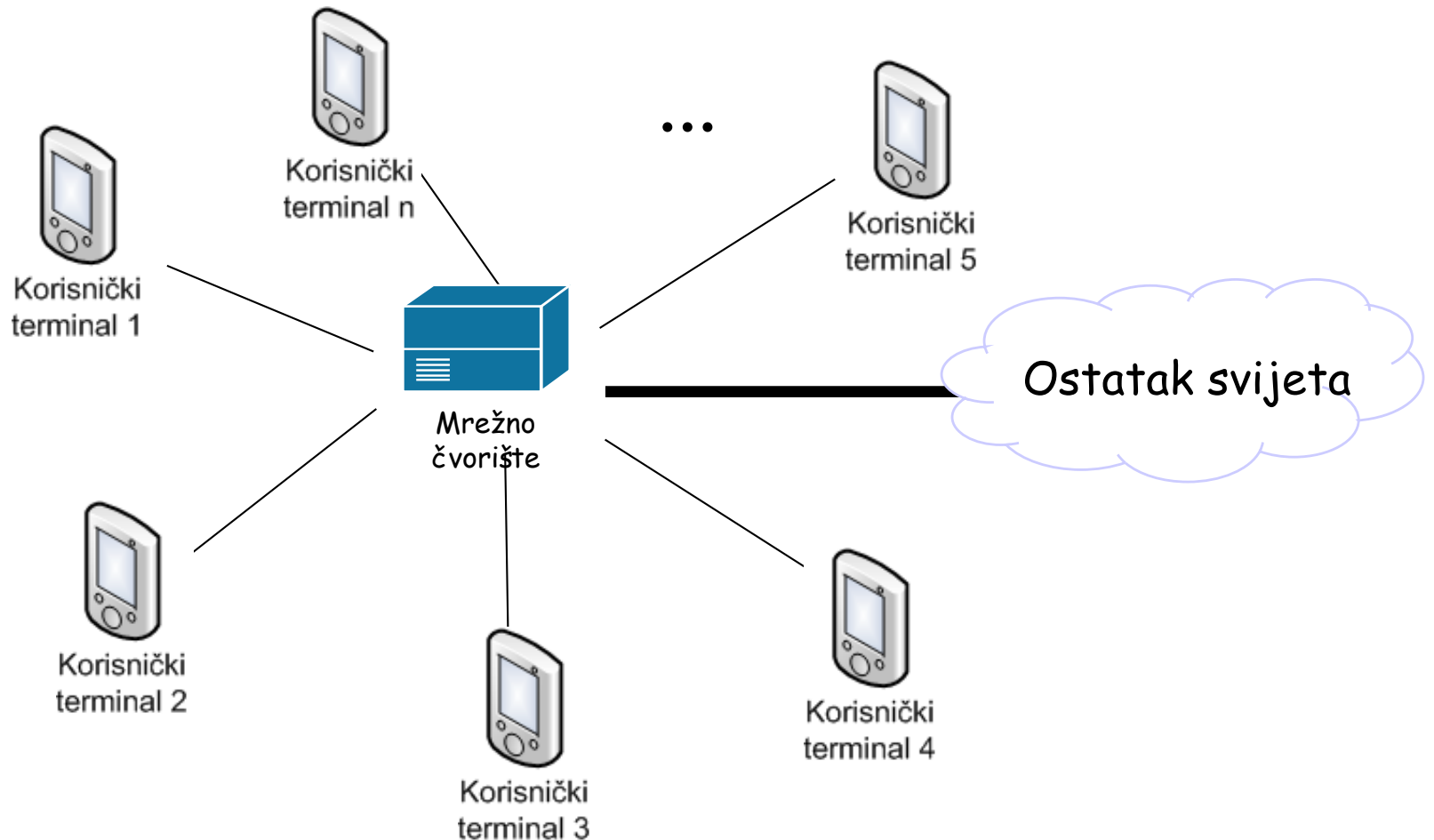


Elementi telekomunikacione mreže:

- ❑ Korisnički terminali (obezbjeđuju pristup korisnika telekomunikacionoj mreži)
- ❑ Telekomunikaciona pristupna mreža (obezbjeđuju povezivanje terminala na mrežn čvorište)
- ❑ Mrežna čvorišta (prosleđivanje informacije sa ulaza na izlaza i povezivanje sa drugim mrežnim čvorištima)
- ❑ Prenosni sistemi (povezivanje mrežnih čvorišta)
- ❑ Server (obezbjeđuju servise i sadržaje)

Uvod u komutacione sisteme

Mrežno čvorište : (multiplexer, komutacioni sistem, ruter)



Uvod u komutacione sisteme

Principi realizacije telekomunikacionih mreža:

1. Komutirane

1. Komutacija kola

1. Prostorna raspodjela (uspostavljanje fizičkog puta)
2. Vremenska raspodjela (ostvarivanje veza zauzimanjem vremenskih kanala u vremenskom multipleksu)
3. Frekvencijska raspodjela (ostvarivanje veza zauzimanjem kanala u frekvencijskom ili talasnom multipleksu)
4. Hibridne raspodjele

2. Komutacija na principu uskladišti i proslijedi

1. Komutacija poruka (telegrafija)
2. Komutacija paketa
 1. Komutacija datagrama (svaki paket se posebno prosleđuje)
 2. Komutacija virtuelnih kola (uspostavljanje virtuelnog kola)
 3. Komutacija labela (komutiranje na bazi labele u zaglavlju paketa)
 4. Komutacija tokova (paketi jednog toka se prosleđuju na isti način)

2. *Broadcast*

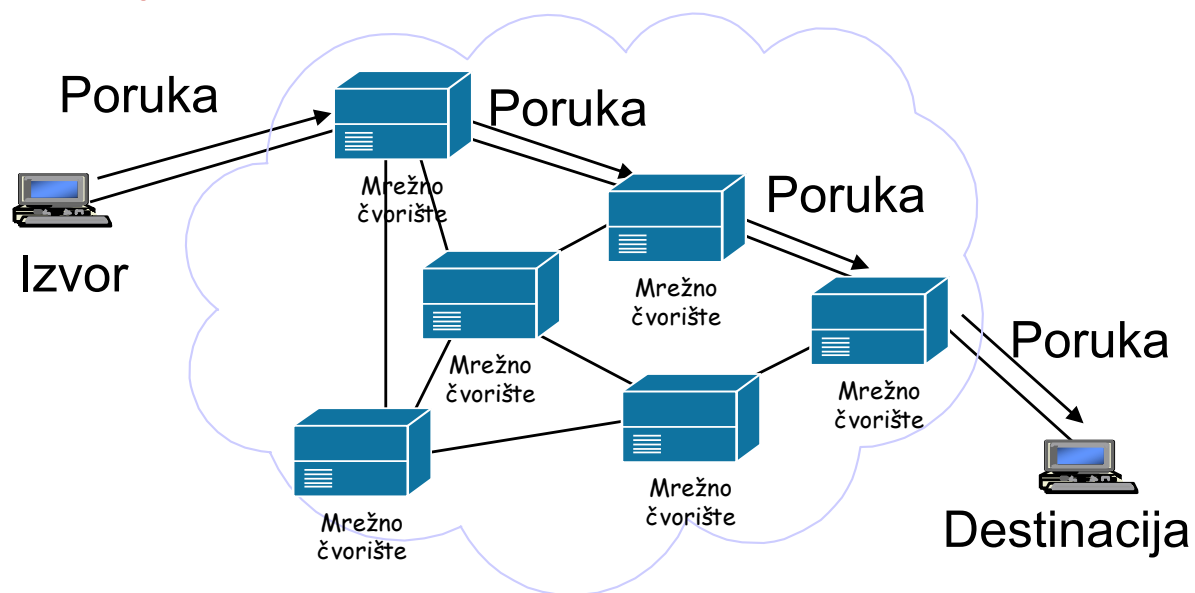
Osnovni pojmovi

ITU-T definicija komutacije:

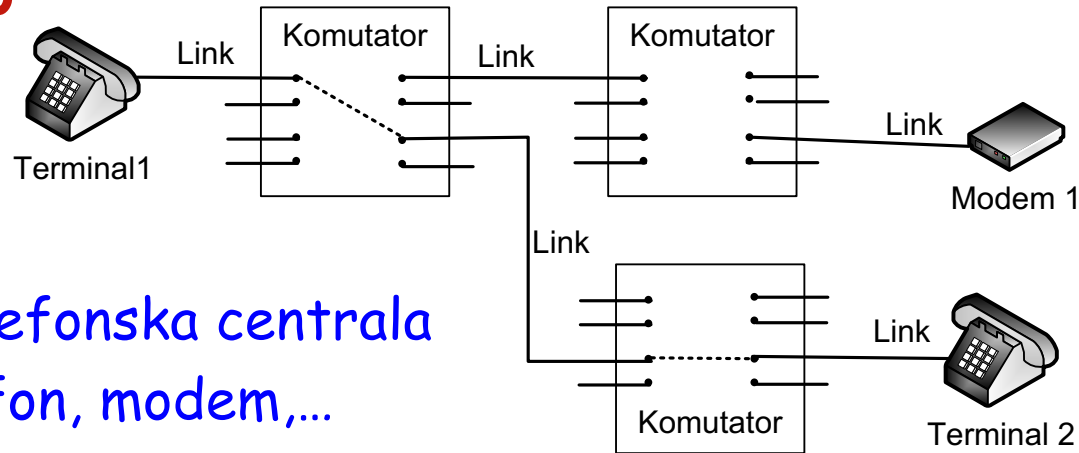
Uspostavljanje na zahtjev pojedinačne veze od željenog ulaza do željenog izlaza komutacionog sistema iz skupa ulaza i izlaza za vrijeme željenog prenosa informacija.

Osnovni pojmovi

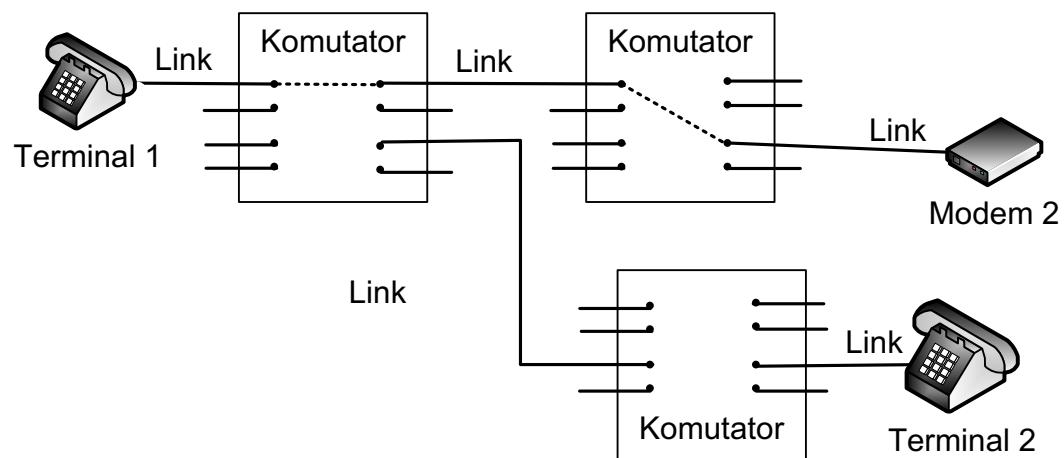
Komutacija poruka



Osnovni pojmovi Komutacija kola



a)



b)

Komutator = telefonska centrala
Terminal = telefon, modem, ...

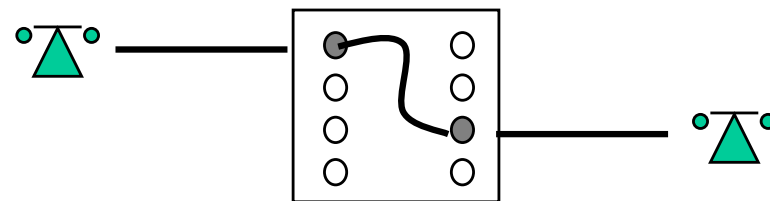
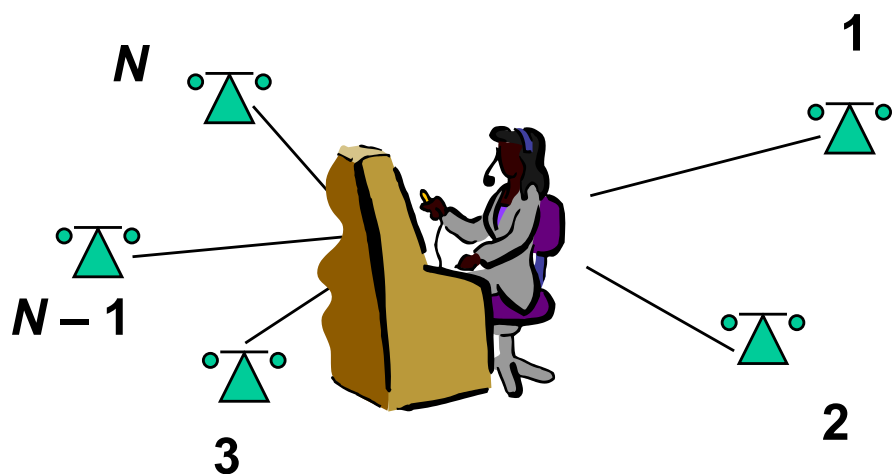
Istorijat komutacionih sistema

- ❑ Manuelni sistemi (New Haven, USA, 1878)
- ❑ Elektromehanički sistemi (Almon B. Strowger, Kansas City, USA, 1889)
 - 500-linijski selektor (1923)
 - Matrični ("crossbar") sistemi (1937)
- ❑ Digitalni, programski upravljani sistemi
 - Telefonske centrale
 - Komutatori paketa
 - N-ISDN i B-ISDN komutatori
 - Optički komutatori
 - Softverski komutatori

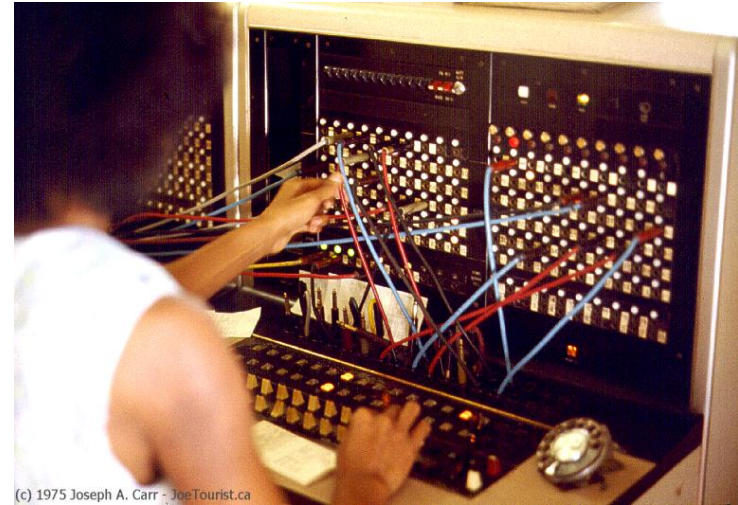
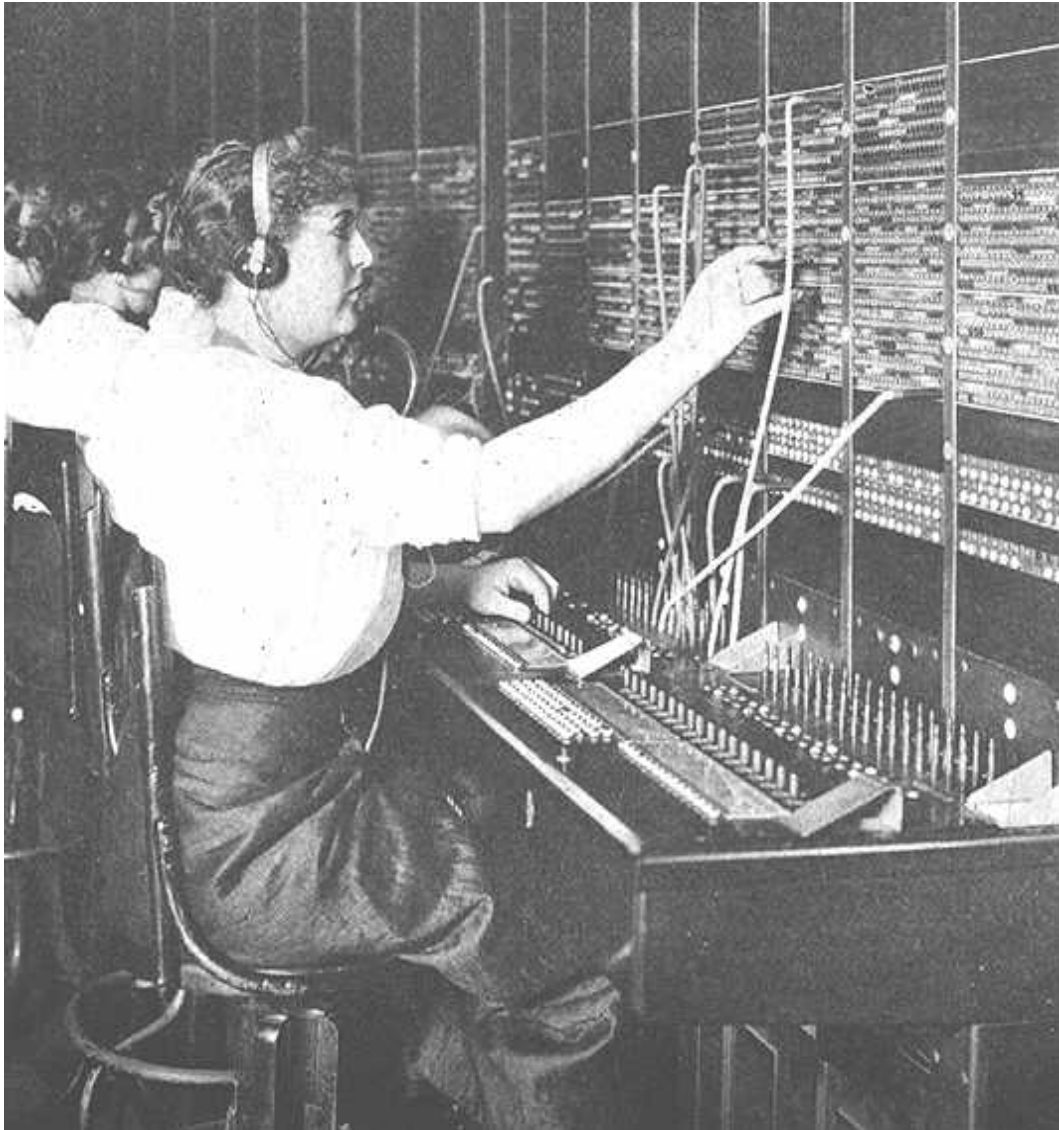
Istorijat komutacionih sistema

Manuelni komutator

- 1878
- Operatori povezuju korisnike po zahtjevu
 - Operator uspostavlja *ko/o* koje dozvoljava električnoj struji da teče od ulaza do izlaza
- Potrebno je samo N veza do centrale



Istorijat komutacionih sistema



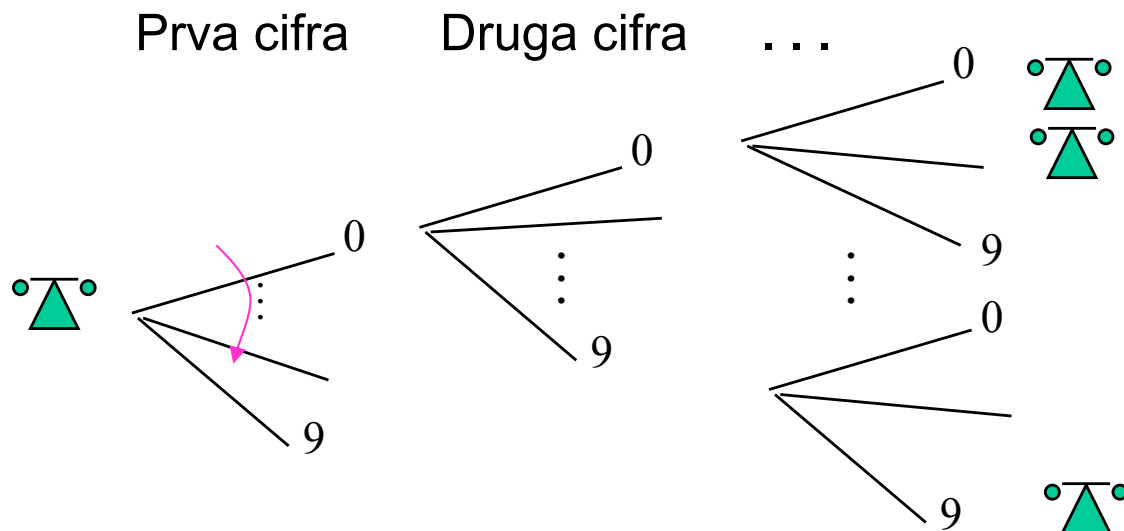
(c) 1975 Joseph A. Carr - JoeTourist.ca



Istorijat komutacionih sistema

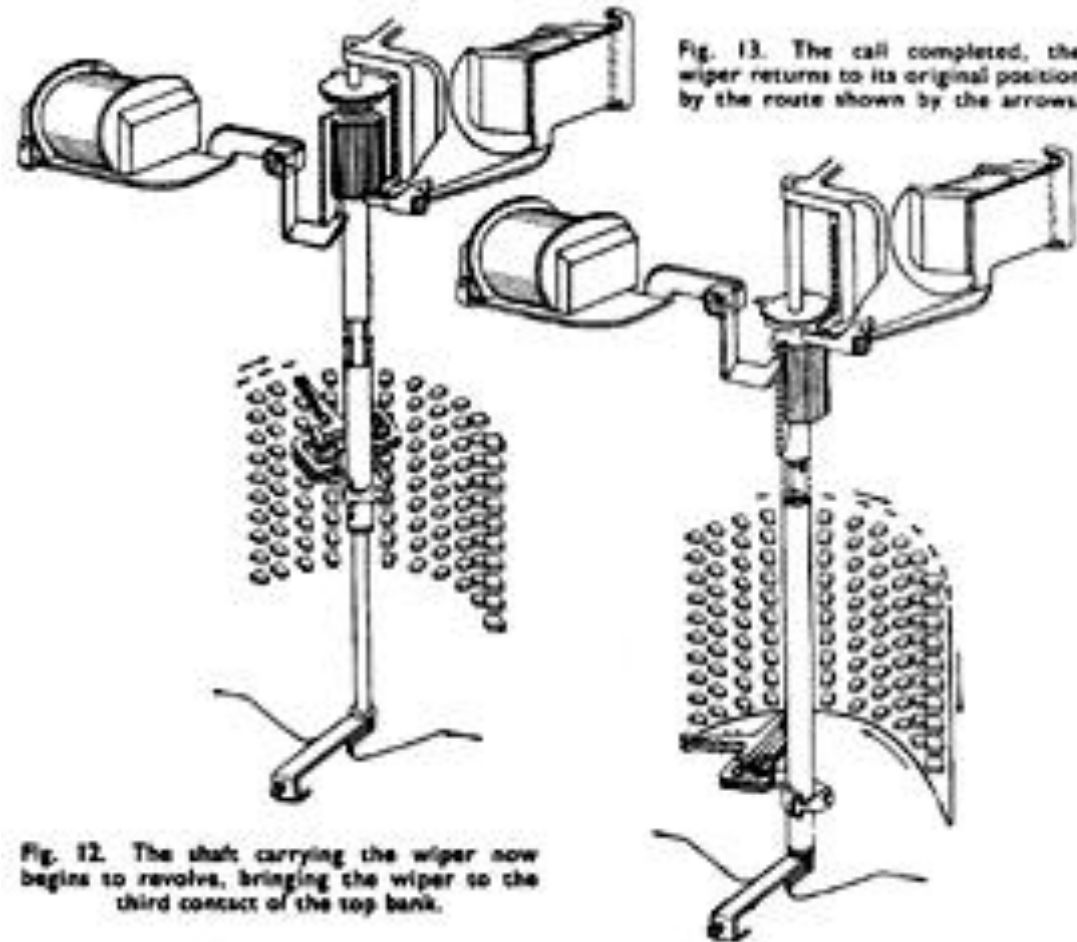
Automatski mehanički komutator

- ❑ Operatori su inteligentni & fleksibilni
 - Ali su skupi i nijesu uvijek diskretni
- ❑ Strowger je izumio automatski komutator (korak po korak) 1888
 - Svaki strujni impuls pomjera klizač za 1 poziciju
 - Korisnik biranjem kontroliše uspostavljanje veze
- ❑ Decimalni telefonski plan numeracije
- ❑ Hijerahijska struktura mreže pojednostavljuje rutiranje
 - Kod oblasti, centrale, broj pretplatnika



Istorijat komutacionih sistema

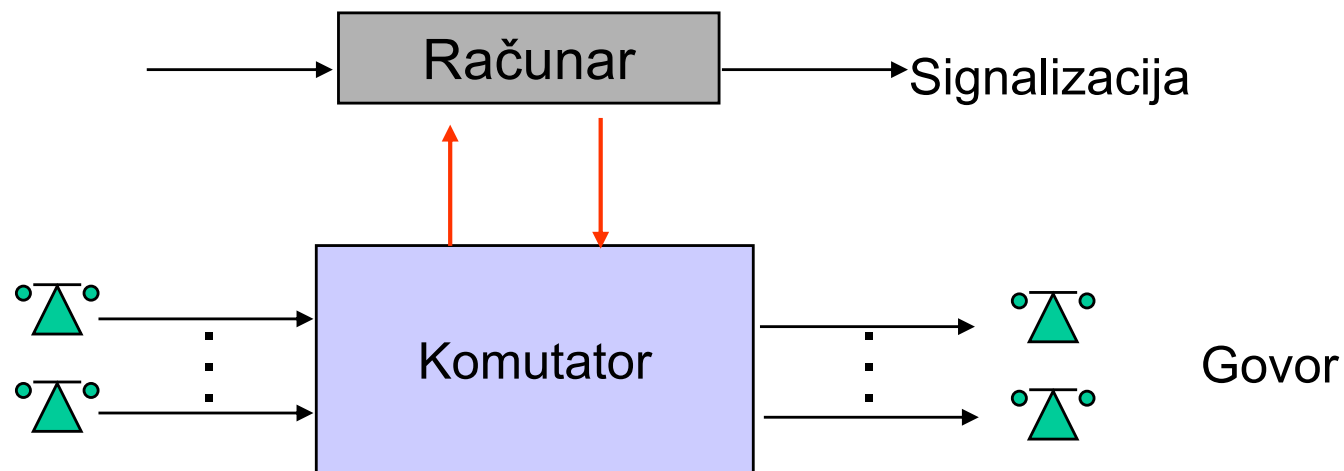
Strowger-ov komutator



Istorijat komutacionih sistema

Računarsko upravljanje vezom

- ❑ Računar kontroliše vezu u telefonskom komutacionom sistemu
- ❑ Računari razmjenjuju *signalizacione poruke* radi:
 - koordiniranog uspostavljanja telefonskih veza
 - implementacije novih servisa kao što su identifikacija, govorna pošta, . . .
 - obezbjeđivanje *mobiliteti i "roaming-a"* u celularnim mrežama
- ❑ "Inteligencija" je unutar mreže
- ❑ Zahtijeva se zasebna *signalizaciona mreža*



Istorijat komutacionih sistema

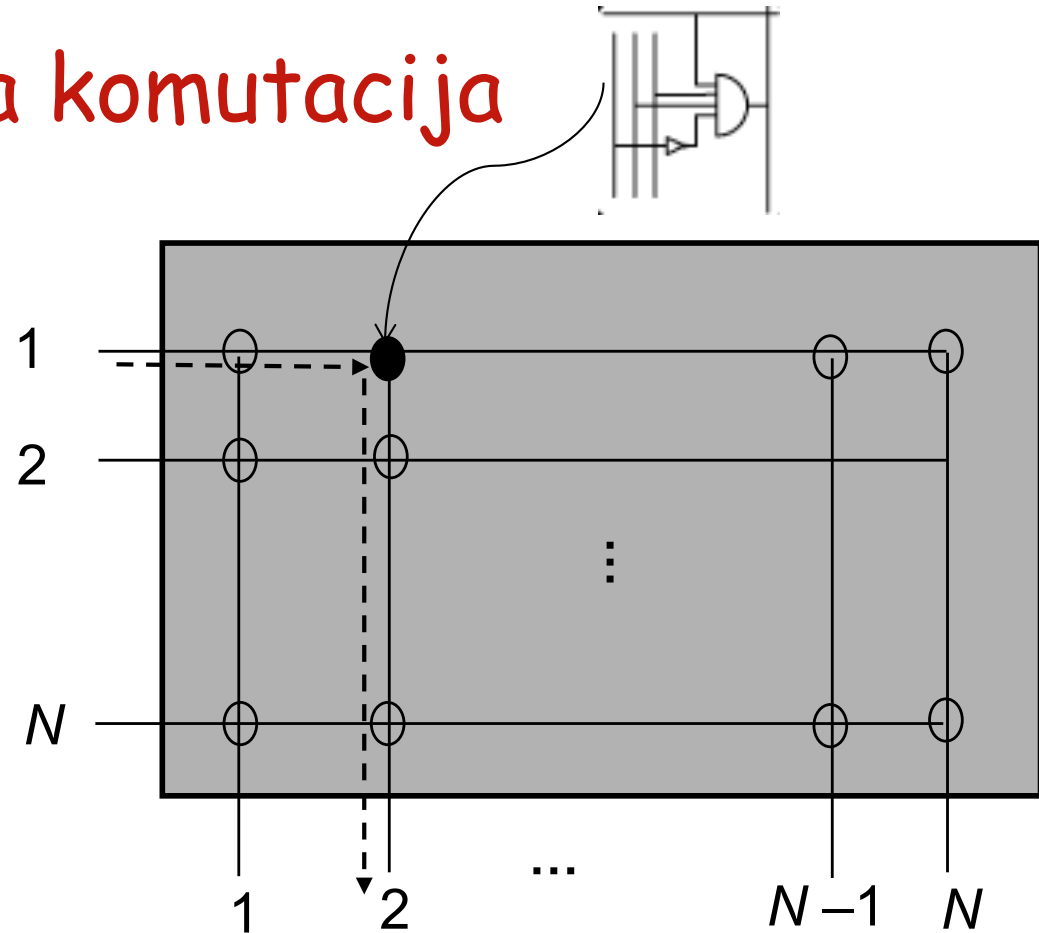
Klasifikacija komutatora kola

- ❑ Prostorni komutator
 - Komutator na bazi prostorne raspodjele
 - Uspostavljanje fizičke veze između ulaza i izlaza
 - Primjeri: Krosbar komutatori, Višekaskadni komutatori
- ❑ Vremenski komutator
 - Komutator na bazi vremenske raspodjele
 - Tehnika prosleđivanja vremenskih kanala iz multipleksa na ulazima u odgovarajuće multiplekse na izlazu.
 - Vremensko-prostorni-vremenski komutatori
- ❑ Frekvencijski komutatori
 - Veza se ostvaruje posredstvom frekvencijskih kanala.
 - Optički komutatori
- ❑ Hibridni predstavljaju kombinacije prethodnih tipova komutatora

Istorijat komutacionih sistema

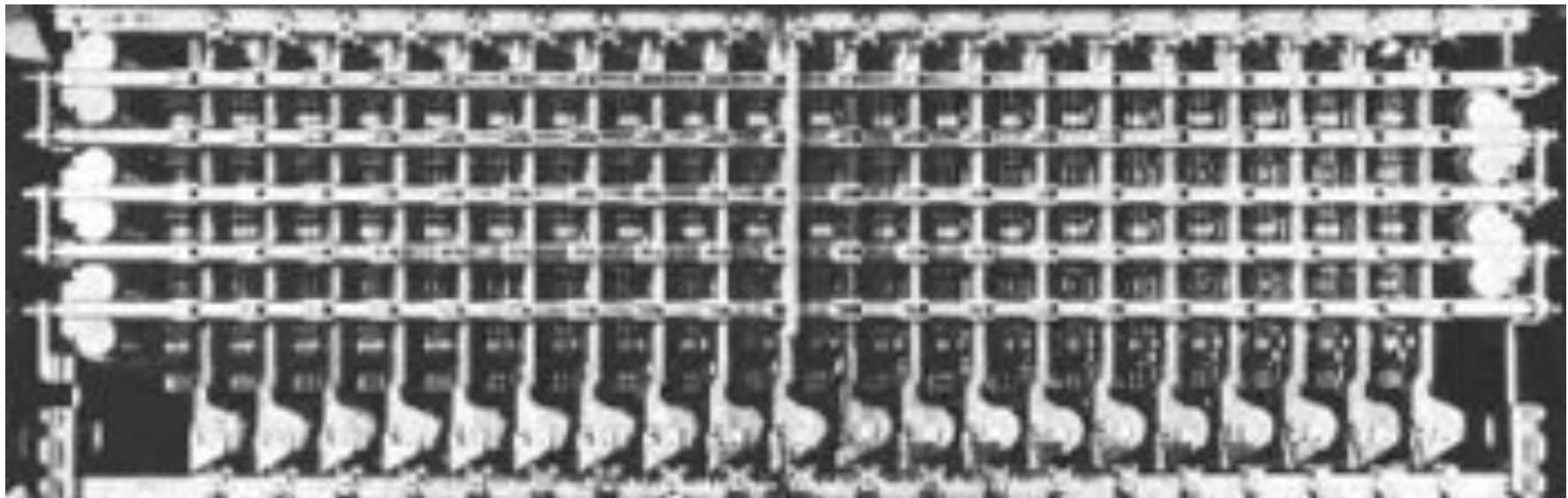
Krosbar prostorna komutacija

- $N \times N$ matrica ukrasnih tačaka ili prekidača
- Povezuje ulaz sa izlazom zatvaranjem ukrasnih tačaka
- Neblokirajuće: Svaki ulaz se može povezati na slobodni izlaz
- Kompleksnost: N^2 ukrasnih tačaka



Istorijat komutacionih sistema

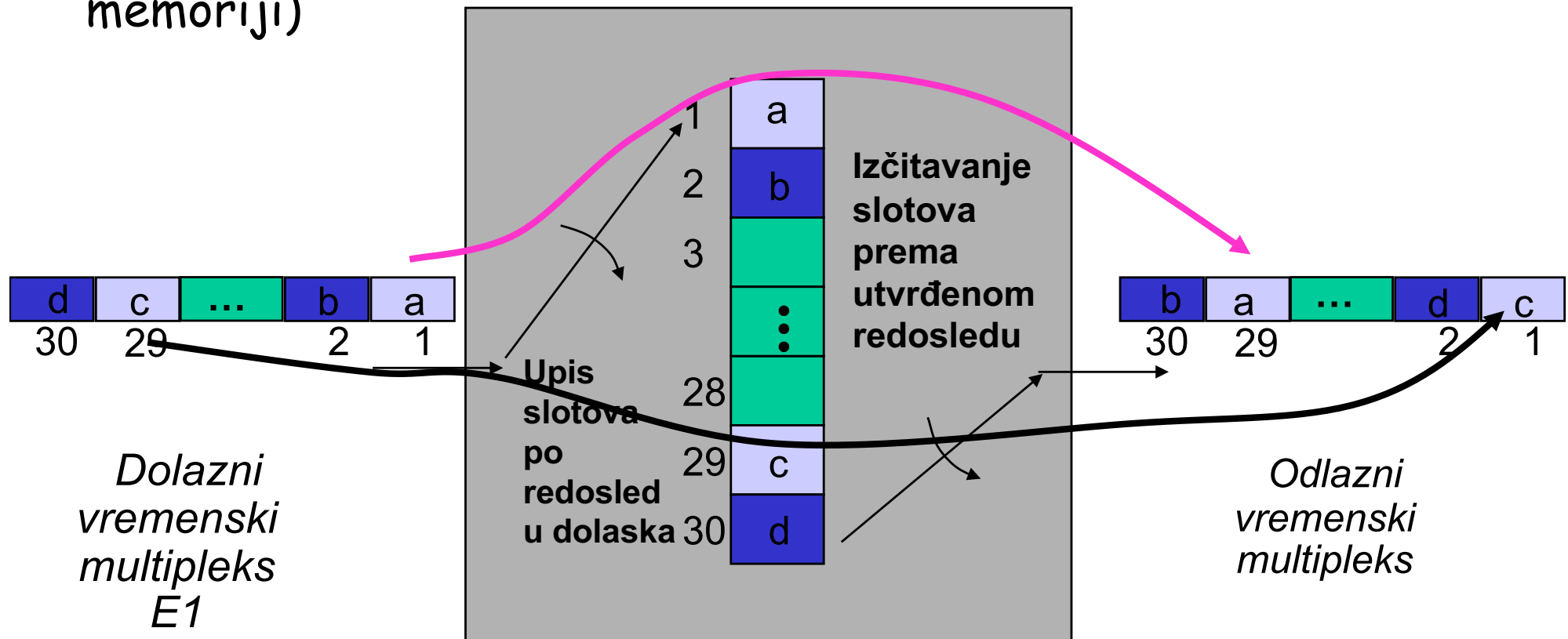
Crossbar komutator (elektromehanički)



Istorijat komutacionih sistema

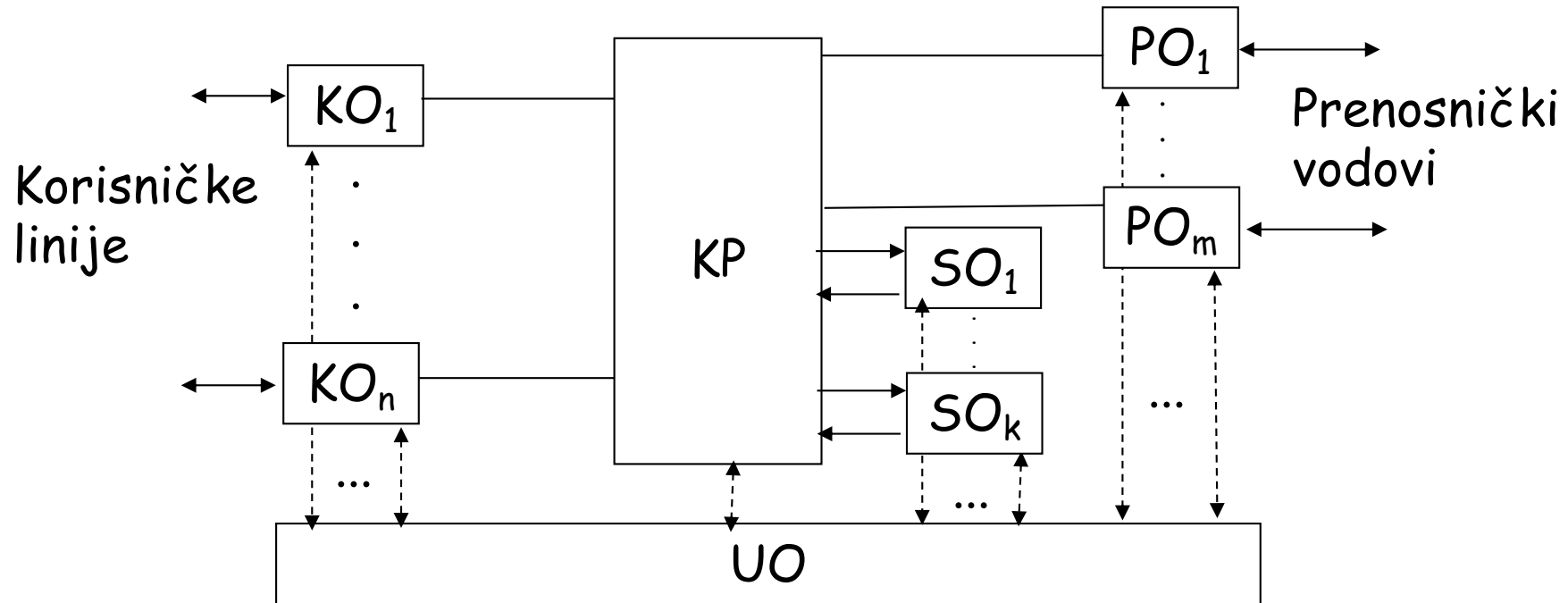
Vremenska komutacija

- Upis bajtova dolaznog vremenskog multipleksa u memoriju
- Izčitavanje bajtova po adekvatnom permutovanom redosledu u odlazni vremenski multipleks
- Maksimalan broj slotova = $125 \mu\text{s} / (2 \times \text{vrijeme pristupa memoriji})$



Istorijat komutacionih sistema

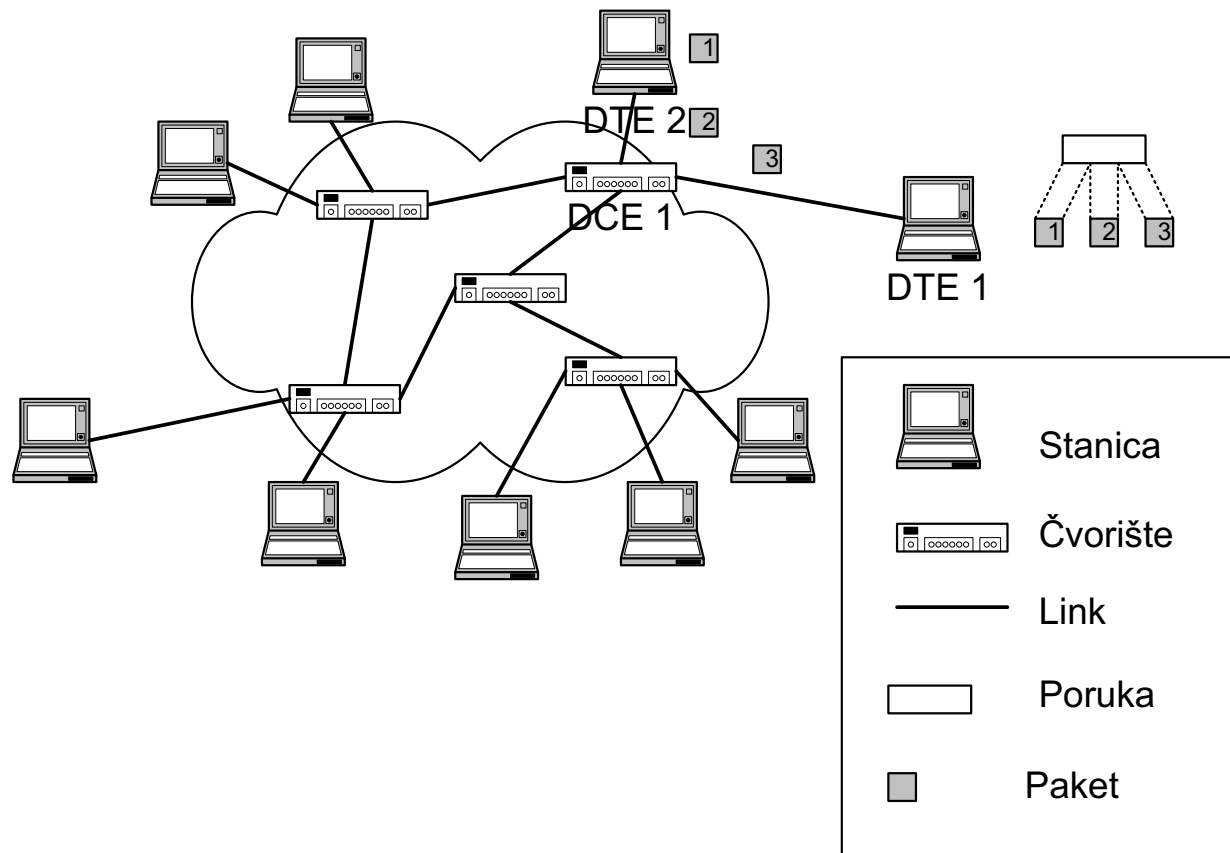
Struktura telefonskog komutacionog sistema



KO - Korisnički organ
KP - Komutaciono polje
UO - Upravljački organ
SO - Spojni organ
PO - Prenosnički organ

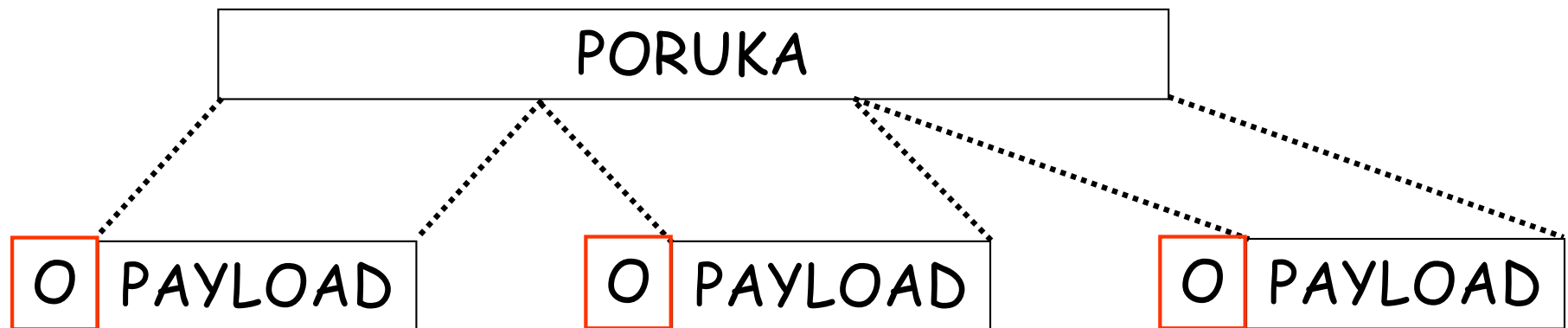
Istorijat komutacionih sistema

Komutacija paketa



Istorijat komutacionih sistema

Komutacija paketa



PAYLOAD - korisni dio paketa

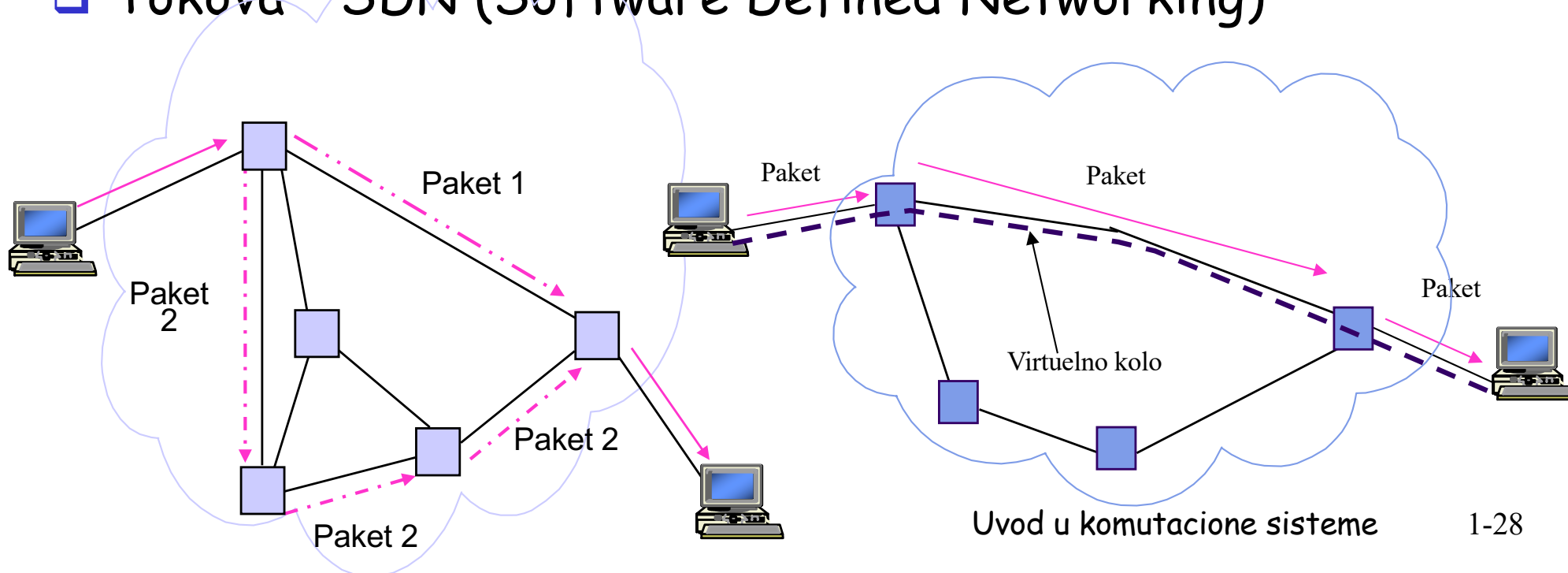
OVERHEAD ili ZAGLAVLJE - nosi razne kontrolne informacije

(adresu pošiljaoca, adresu primaoca, broj segmenta poruke, kod za pronalaženje greške,...)

Istorijat komutacionih sistema

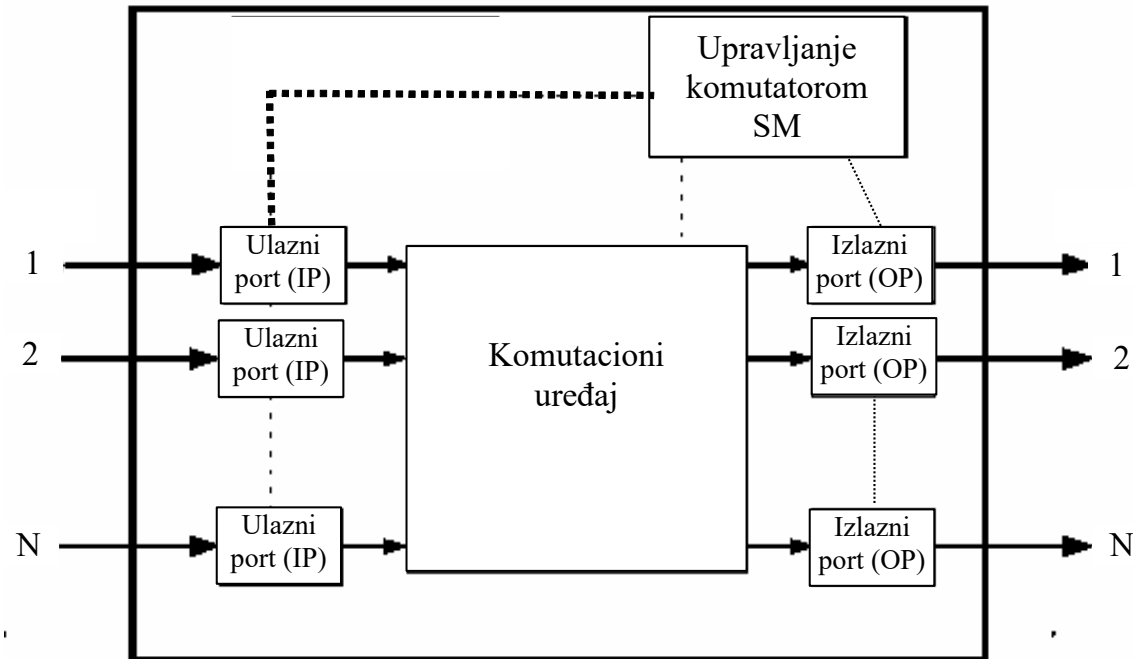
Tipovi komutacije paketa

- Datagram - Internet
- Virtuelni kanal (kolo) - X.25, ATM, ...
- Labela - MPLS (Multi Protocol Label Switching)
- Tokova - SDN (Software Defined Networking)



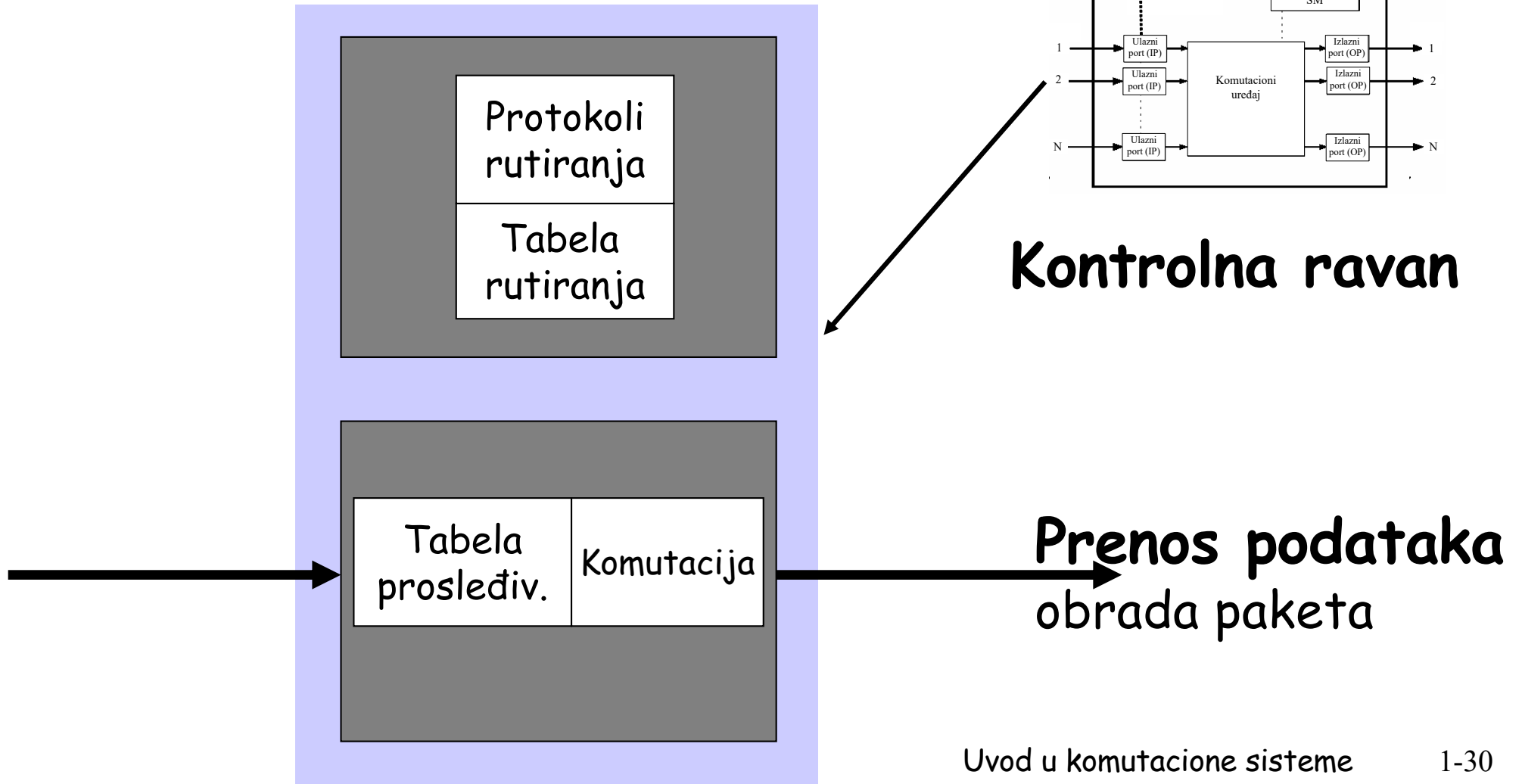
Istorijat komutacionih sistema

Komutator paketa



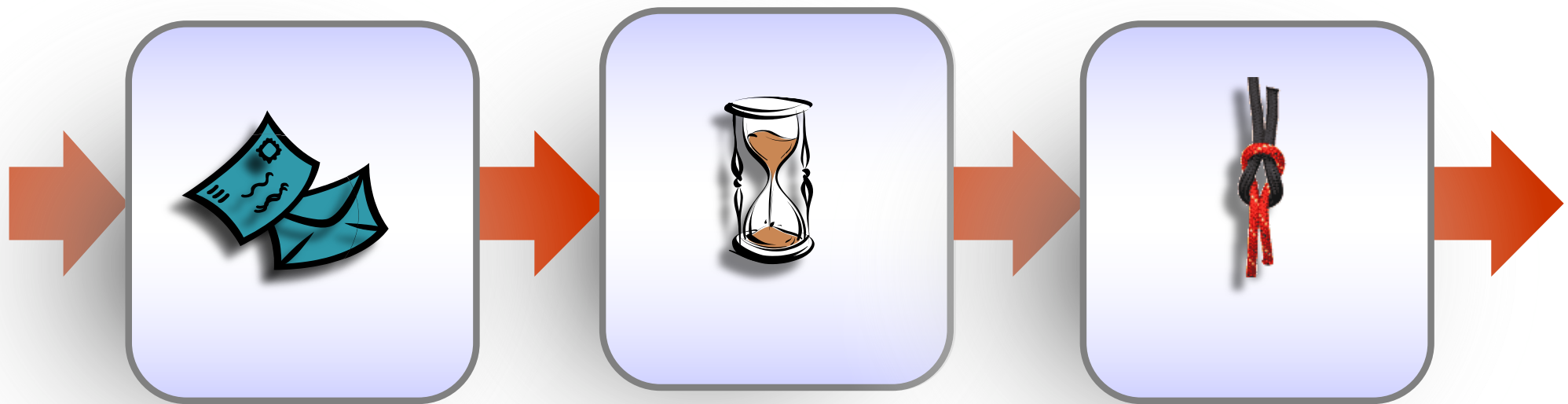
Istorijat komutacionih sistema

Ruter



Istorijat komutacionih sistema

Funkcije rutera



Lookup internet adresa

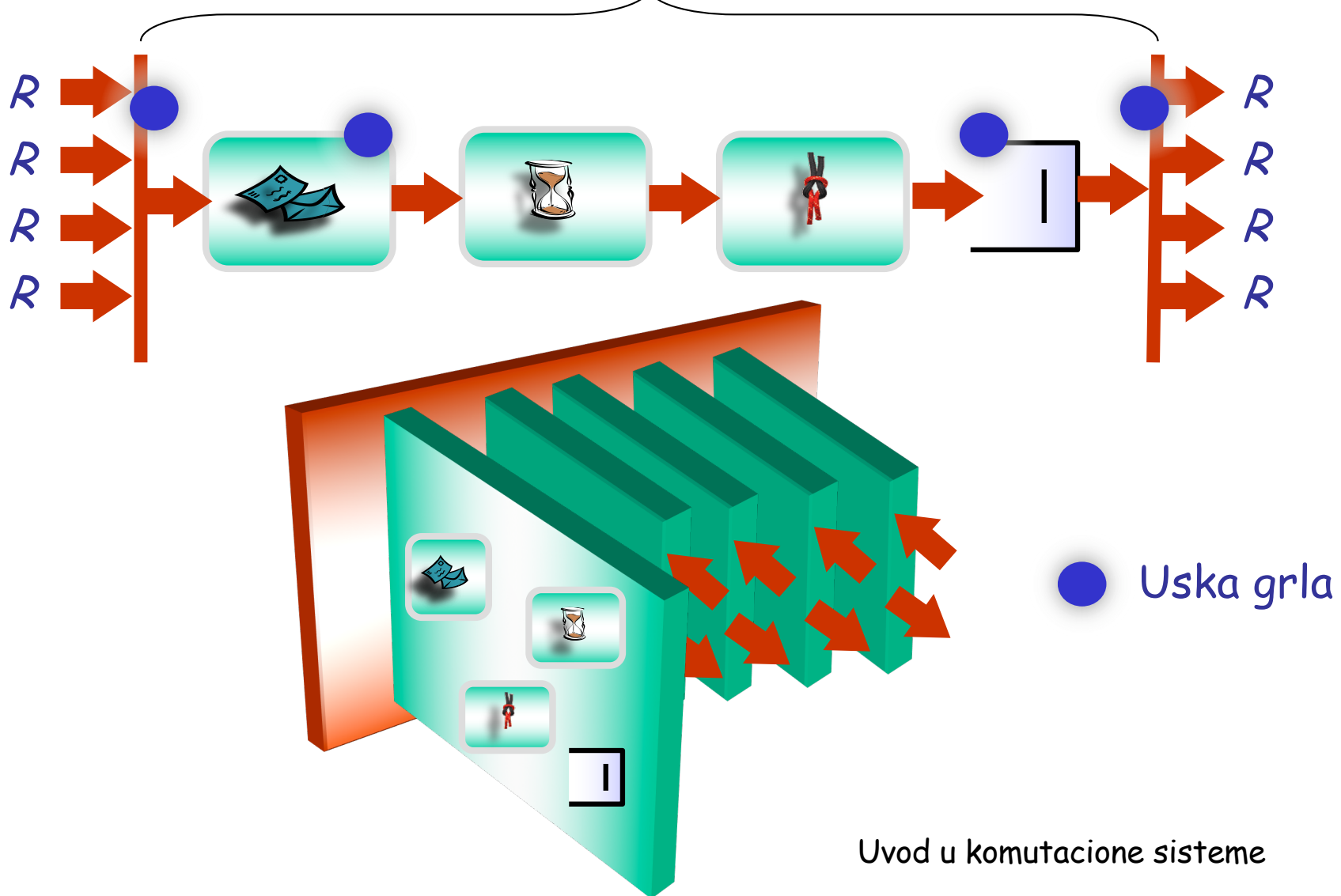
Provjera i ažuriranje
vremena boravka na
Internetu

Provjera i ažuriranje
checksume

Istorijat komutacionih sistema

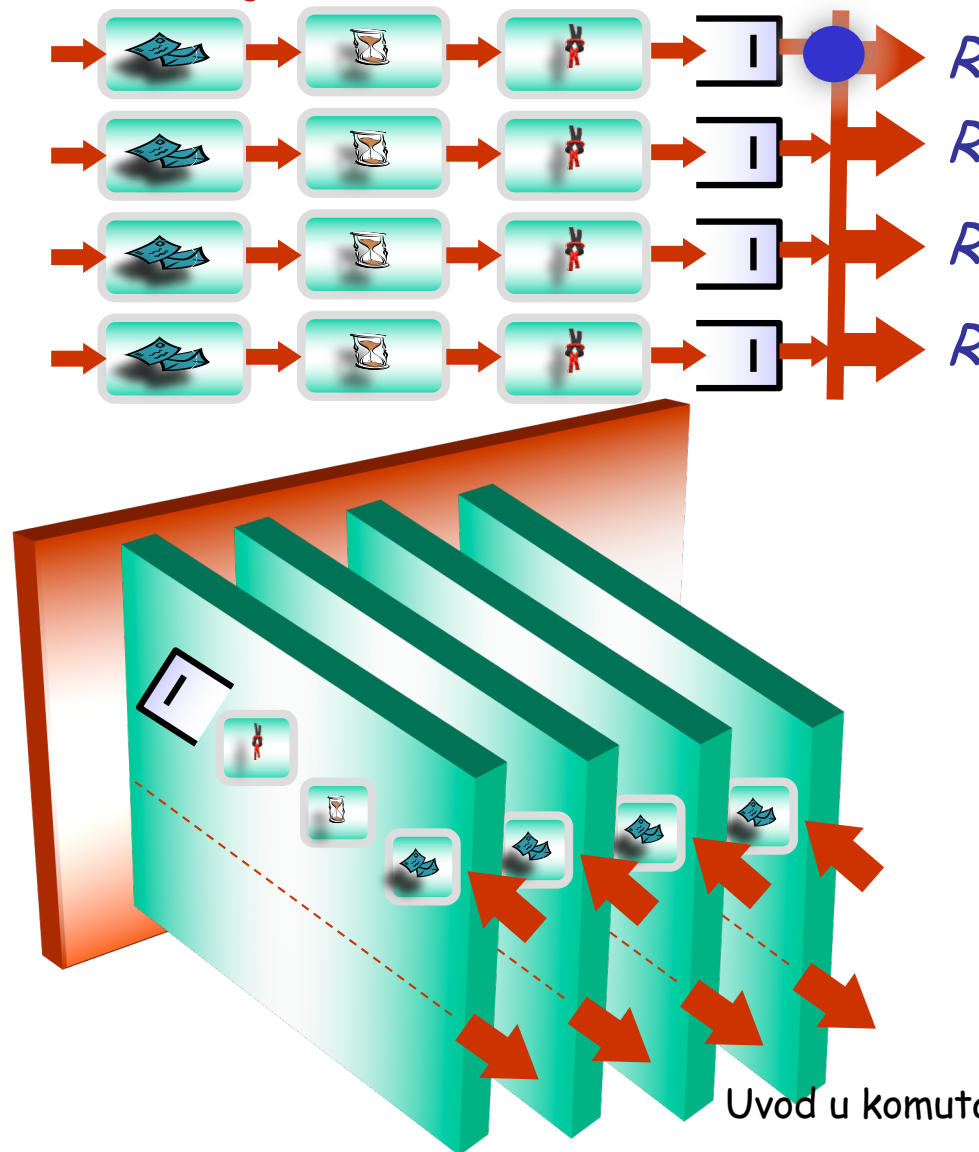
Rani dani: Modifikovani računar

Mora funkcionisati brzinom $N \times R$



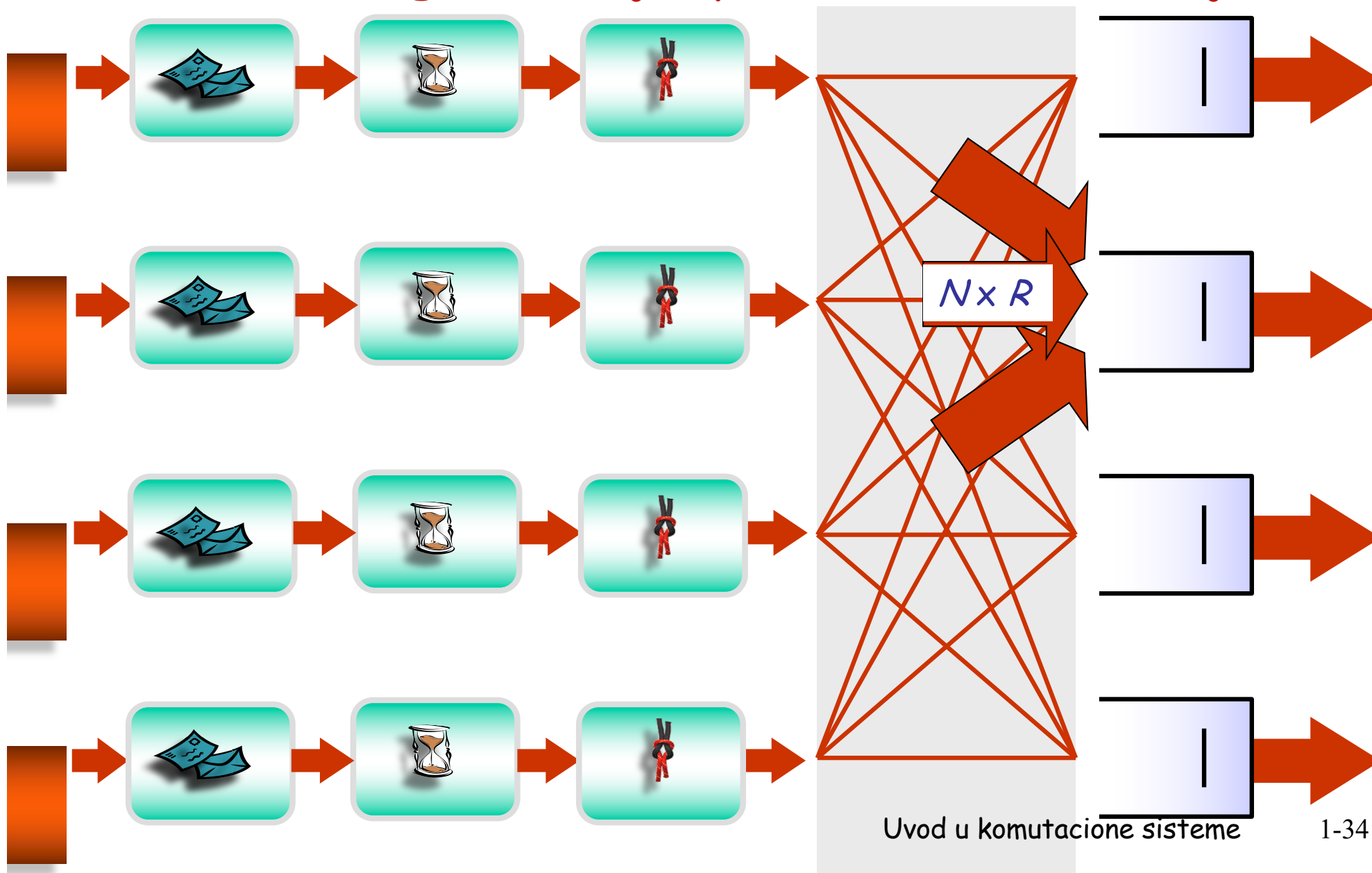
Istorijat komutacionih sistema

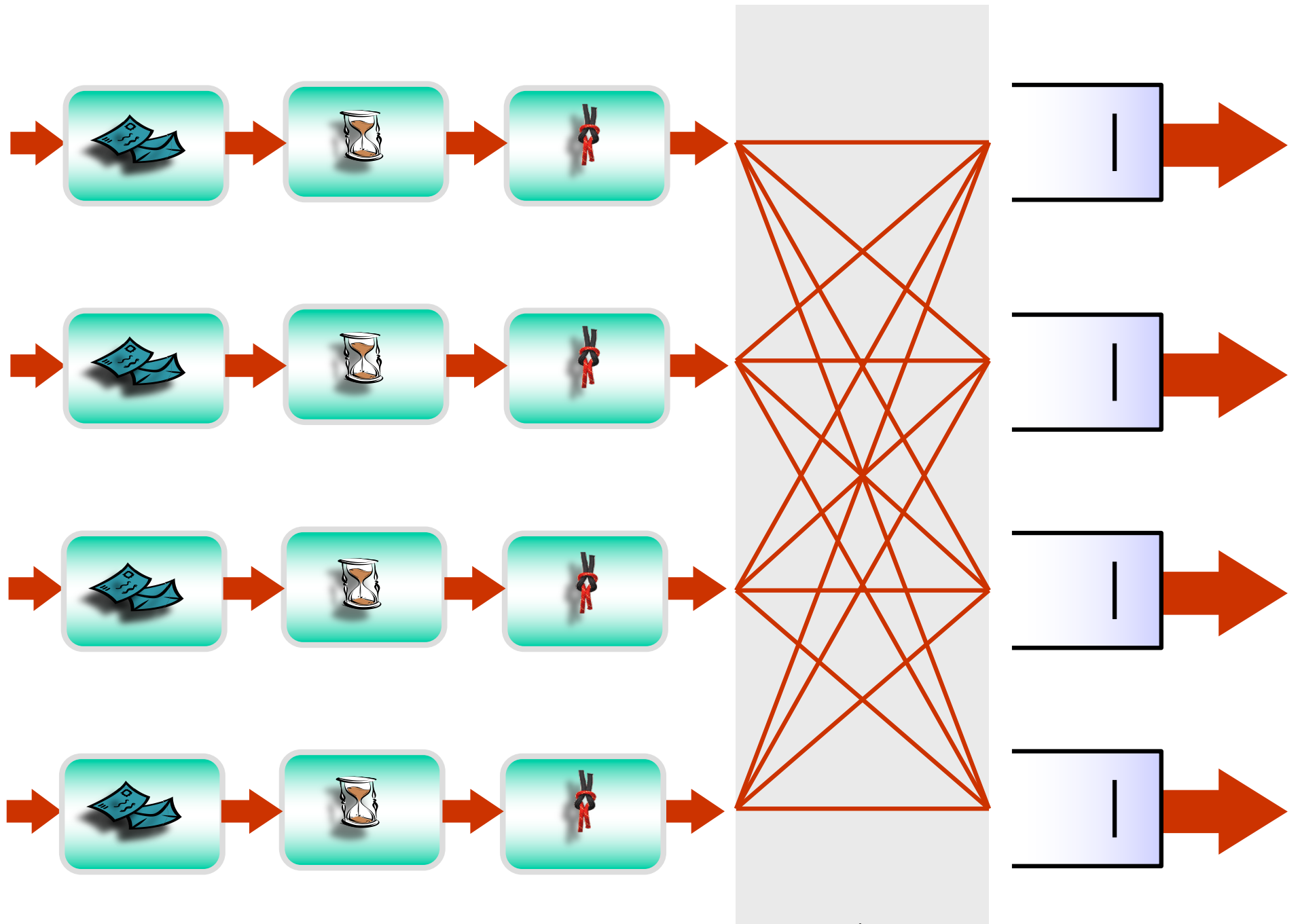
Druga generacija rutera

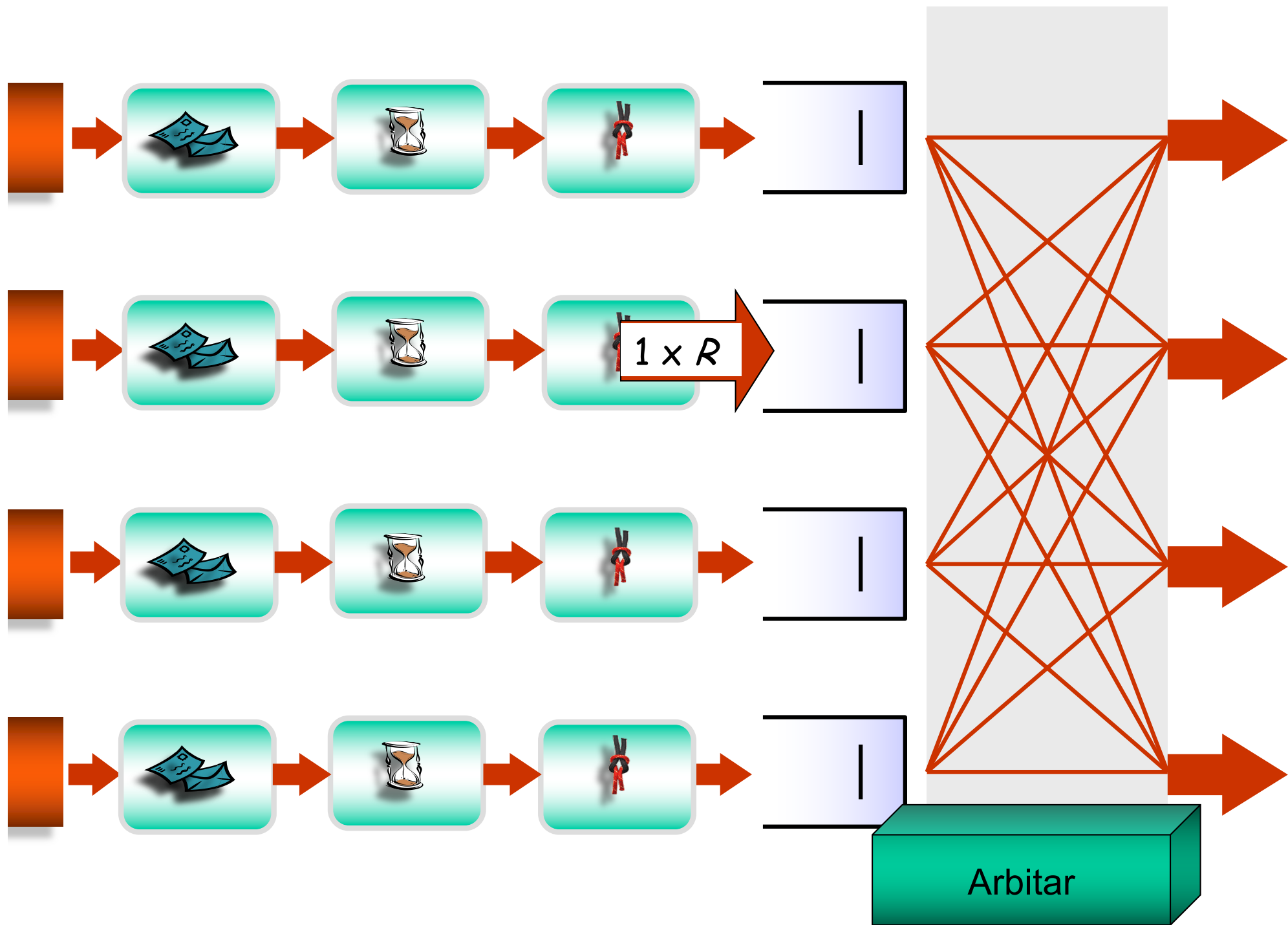


Istorijat komutacionih sistema

Ruter treće generacije: prostorna komutacija

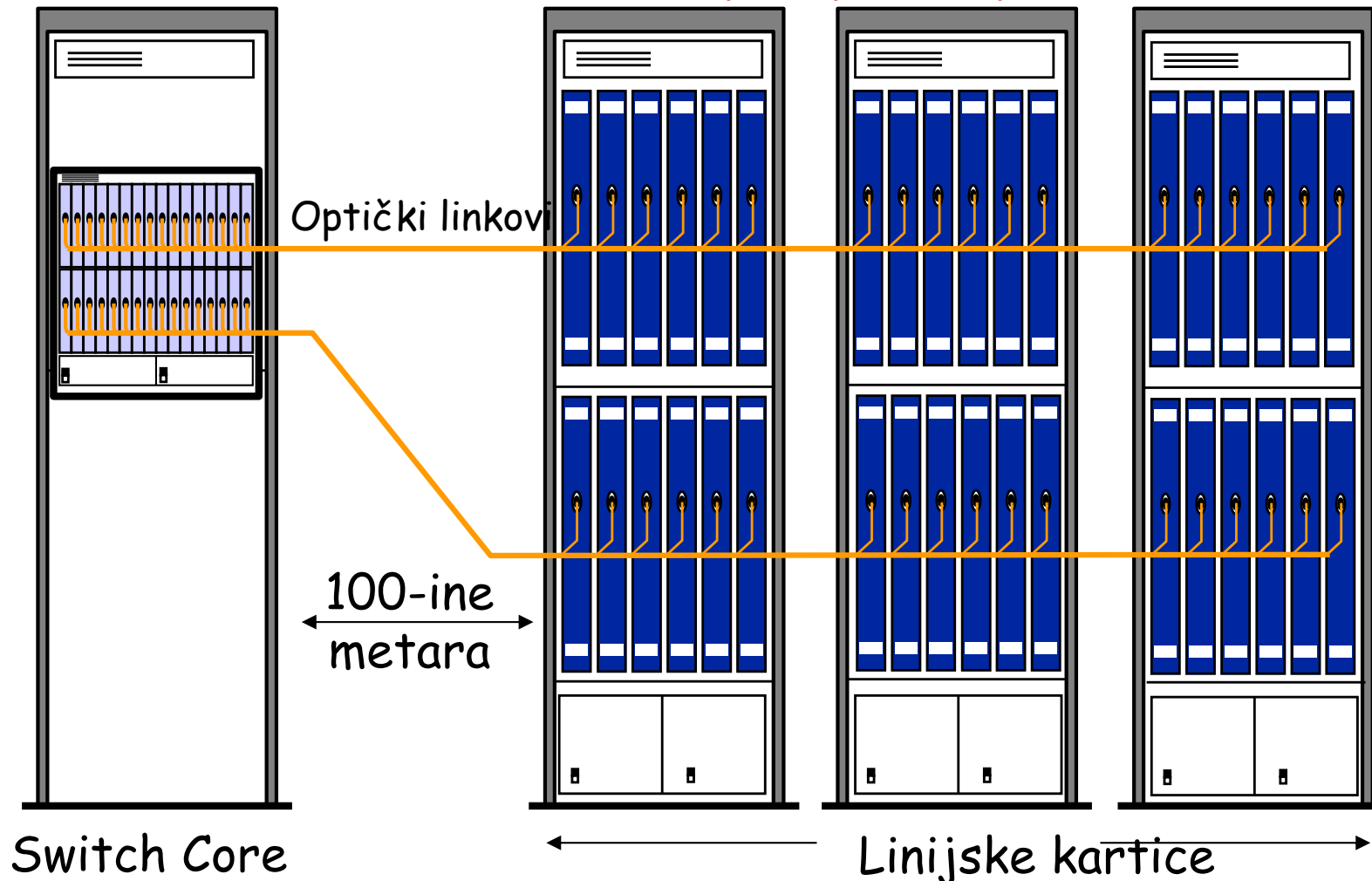






Istorijat komutacionih sistema

Četvrta generacija Ruter/Svičeva *Optika unutar rutera po prvi put*

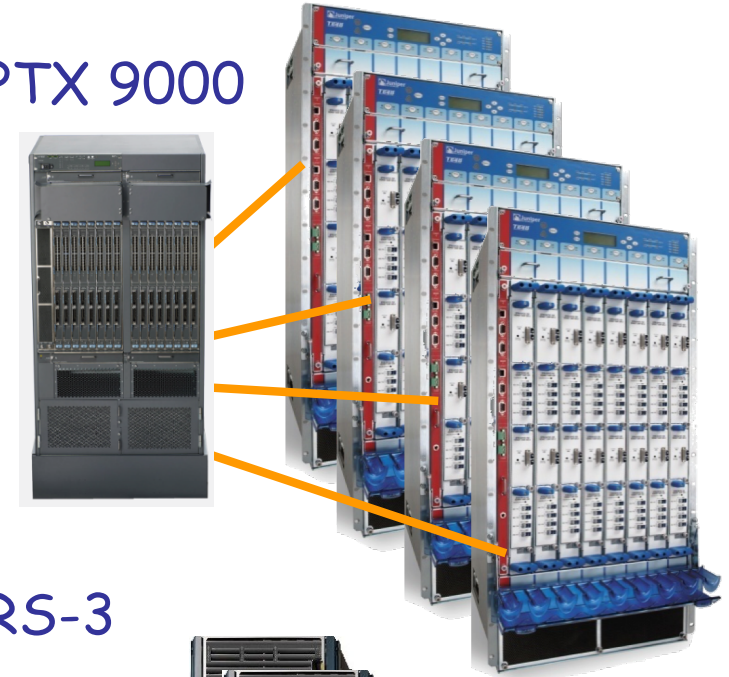


Istorijat komutacionih sistema

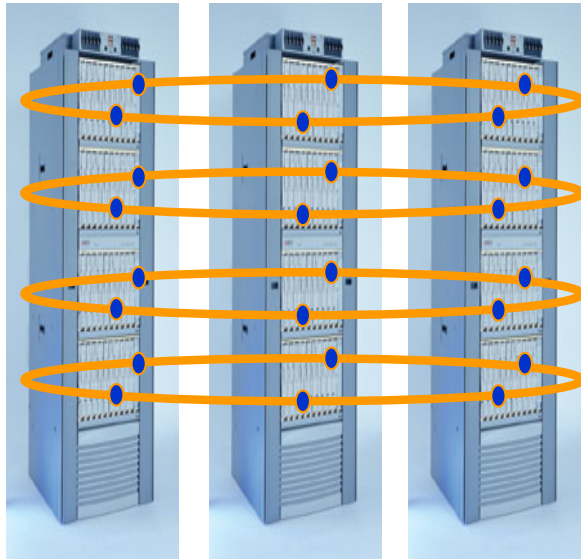
Alcatel 7950 XRS-40



Juniper PTX 9000



Avici TSR

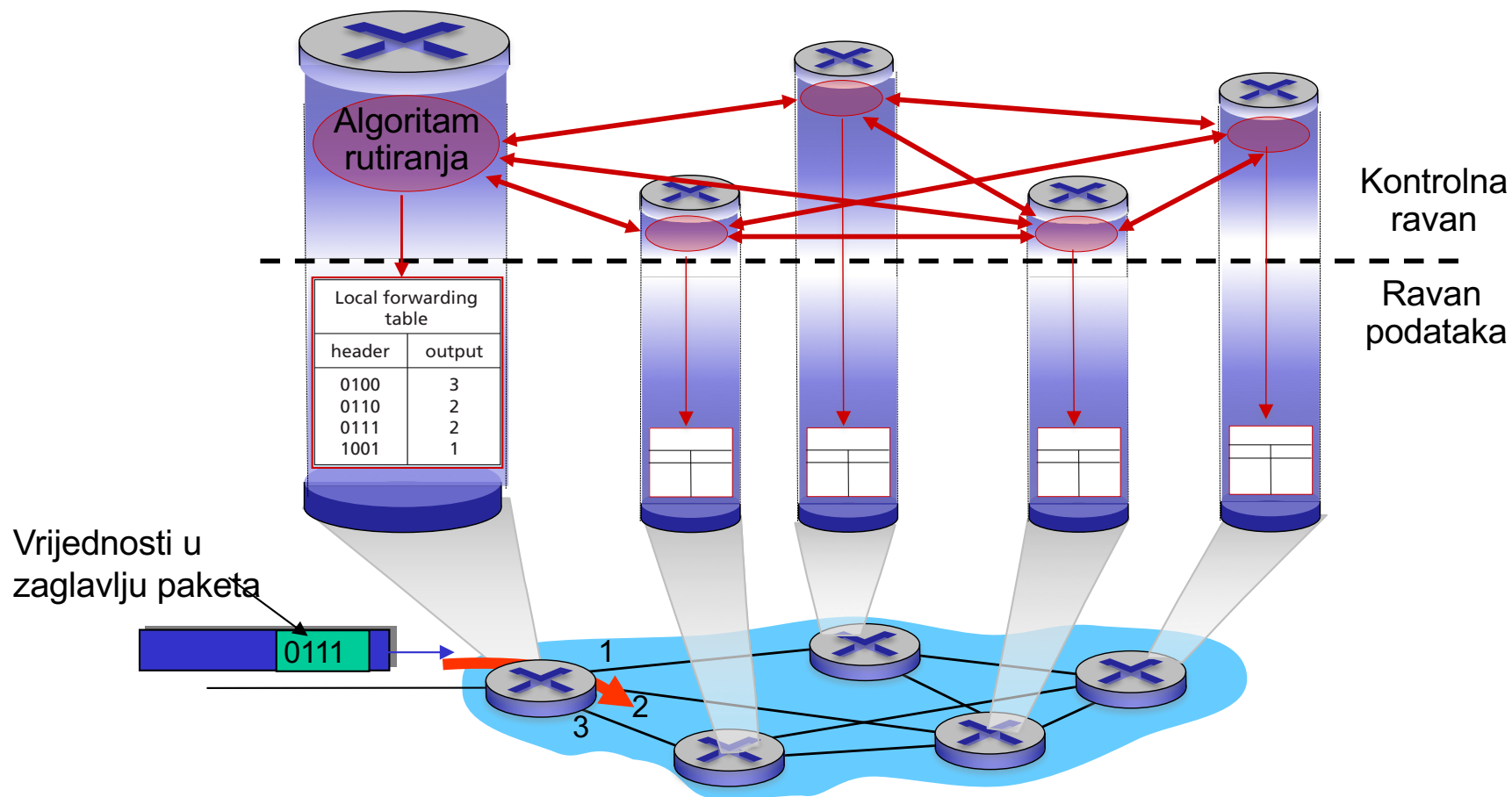


Cisco CRS-3



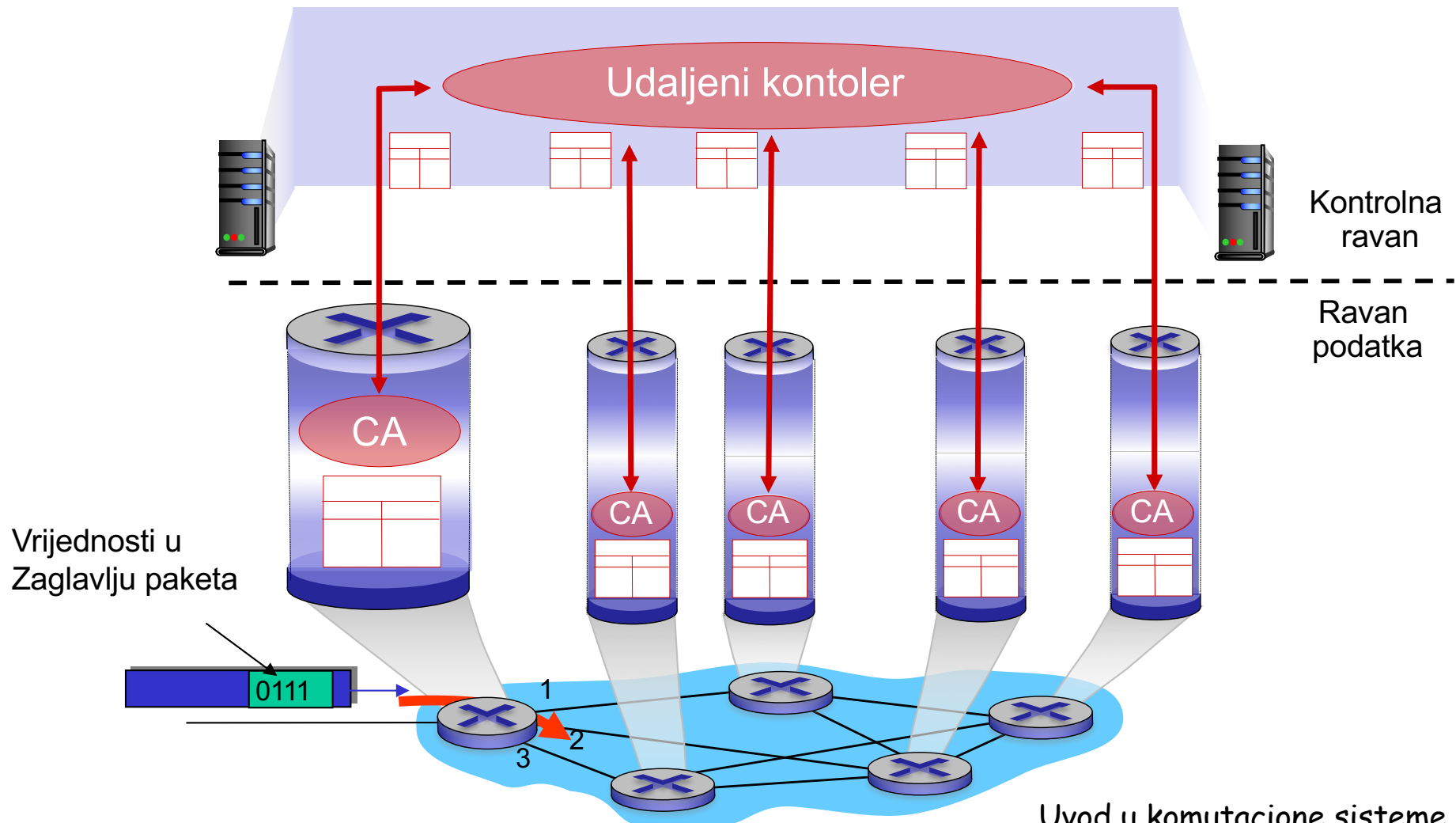
Distribuirana kontrolna ravan

Individualni algoritmi rutiranja se izvršavaju samostalno *u svakom ruteru* i interaguju u kontrolnoj ravni



Centralizovana kontrolna ravan

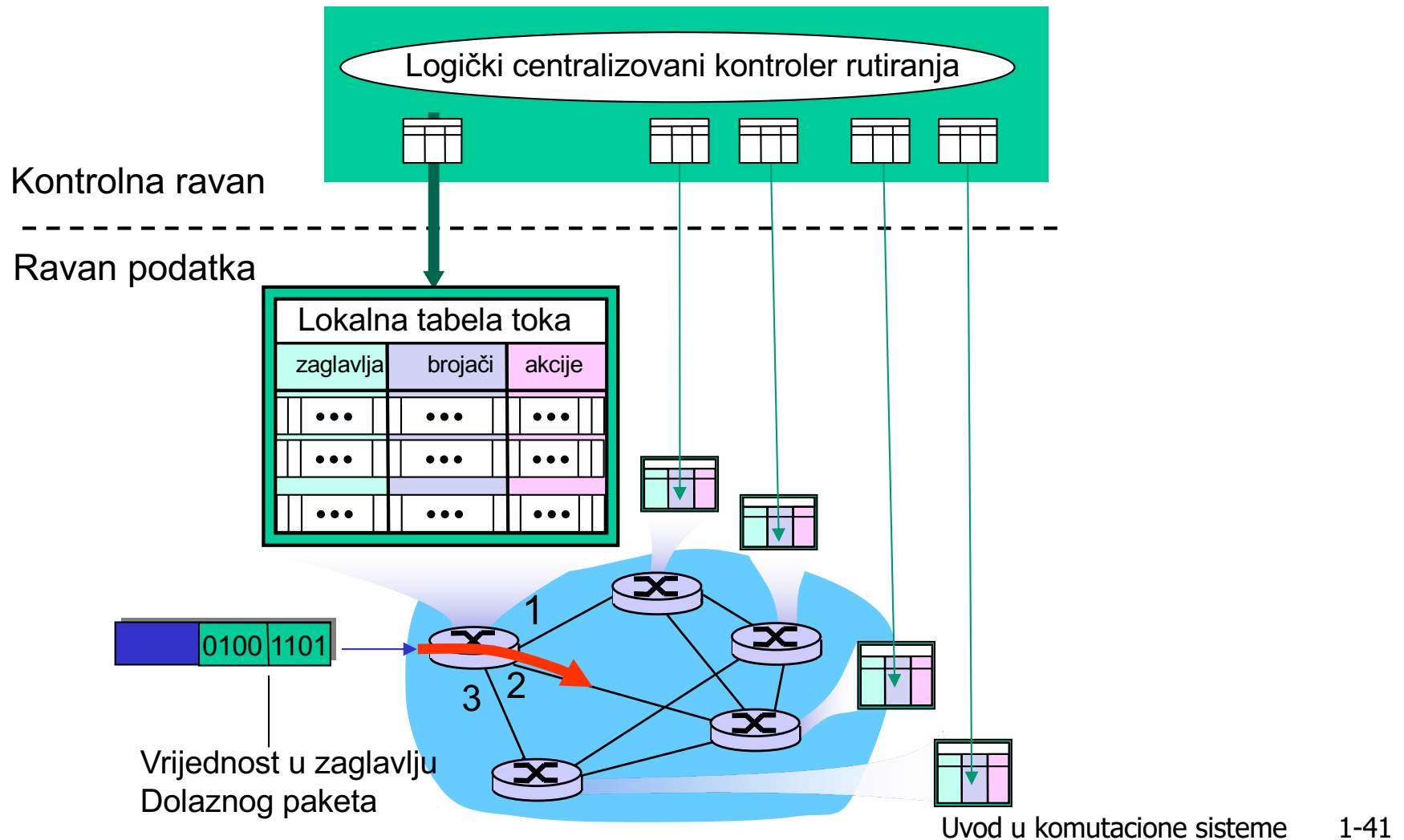
Udaljeni kontroler interaguje sa lokalnim kontrolnim agentima (CAs)



Generalizovano prosleđivanje i

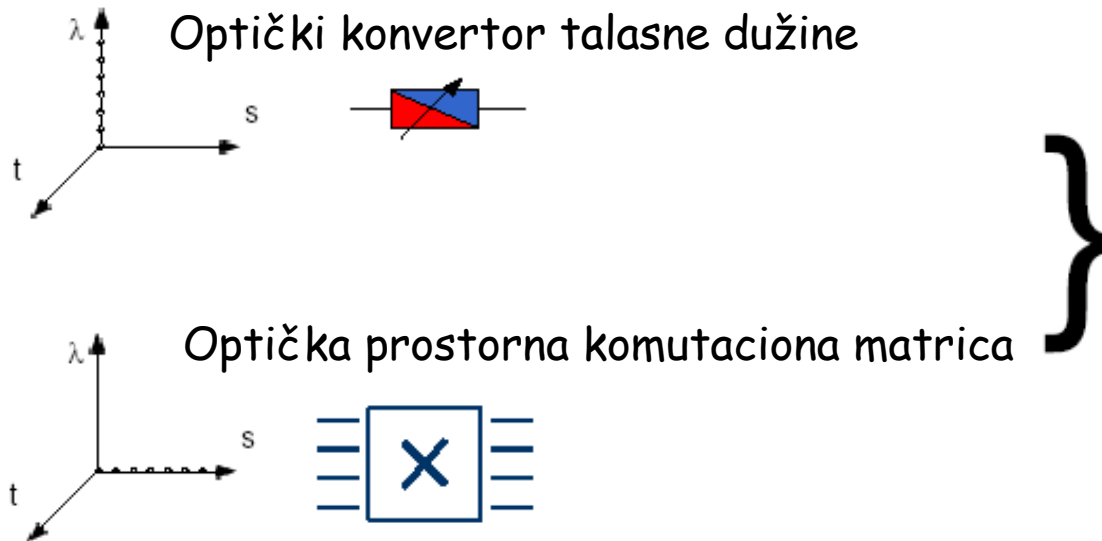
SDN

Svaki ruter sadrži *tabelu toka* koju izračunava i distribuira logički centralizovan kontroler rutiranja

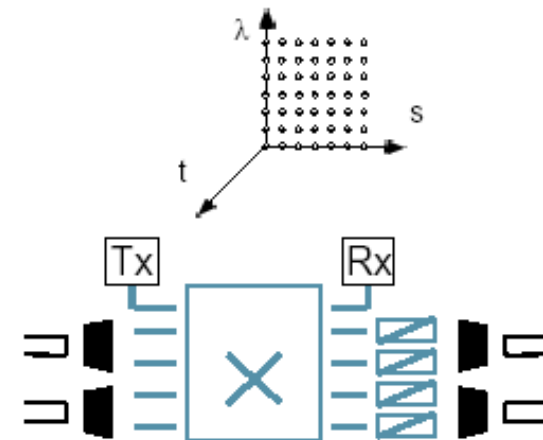


Istorijat komutacionih sistema

Optički komutatori ili komutatori talasnih dužina



Optički komutator



Istorijat komutacionih sistema

Optička komutacija

- ❑ Optički signal koji se prenosi preko vlakna može nositi veliku količinu informacija (Tb/s).
- ❑ Obrada optičkog signala je veoma ograničena
 - Vrlo visoka cijena i nepodesnost za rad opreme.
 - Optička komutacija paketa je veoma atraktivno polje istraživanja.
- ❑ Optičko-električna konverzija je skupa
 - Maksimalna elektronska brzina \ll Tb/s
 - Paralelna elektronska obrada & visoka cijena
- ❑ Zbog toga je trend ka optičkoj komutaciji kola u jezgru mreže