

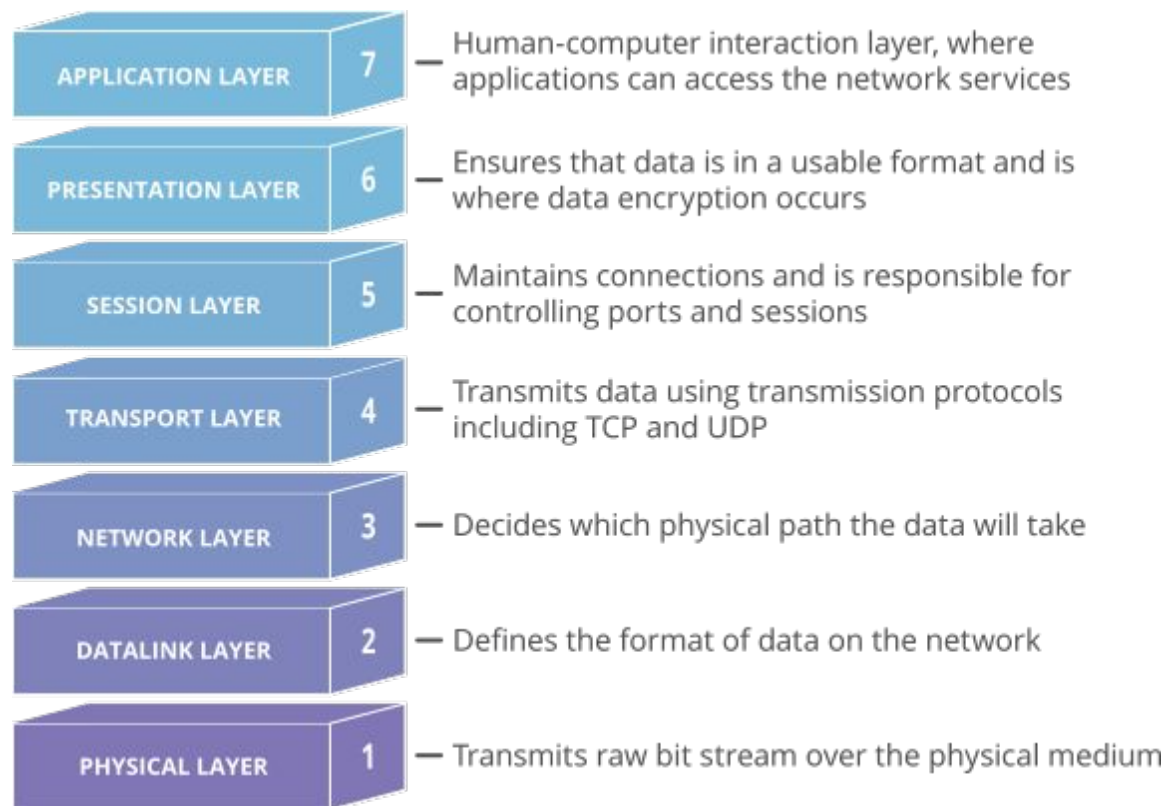
C2

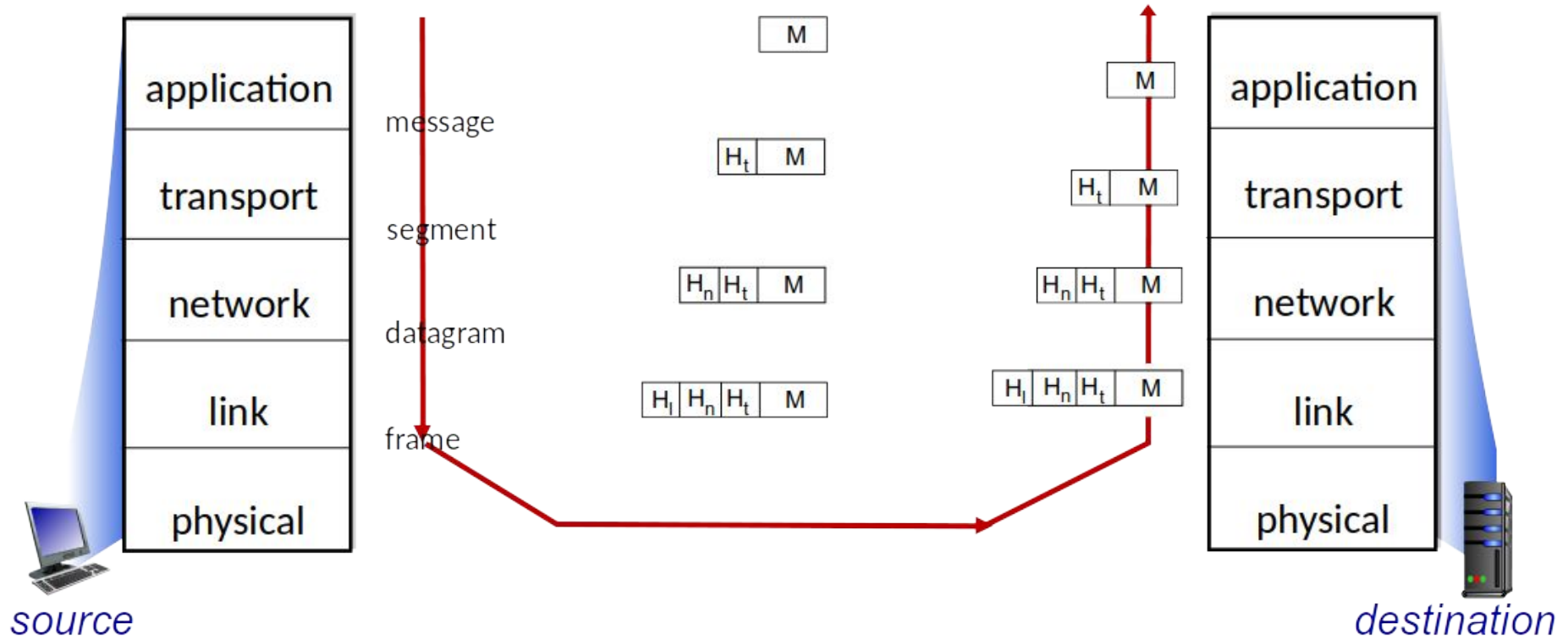
Rețele de calculatoare

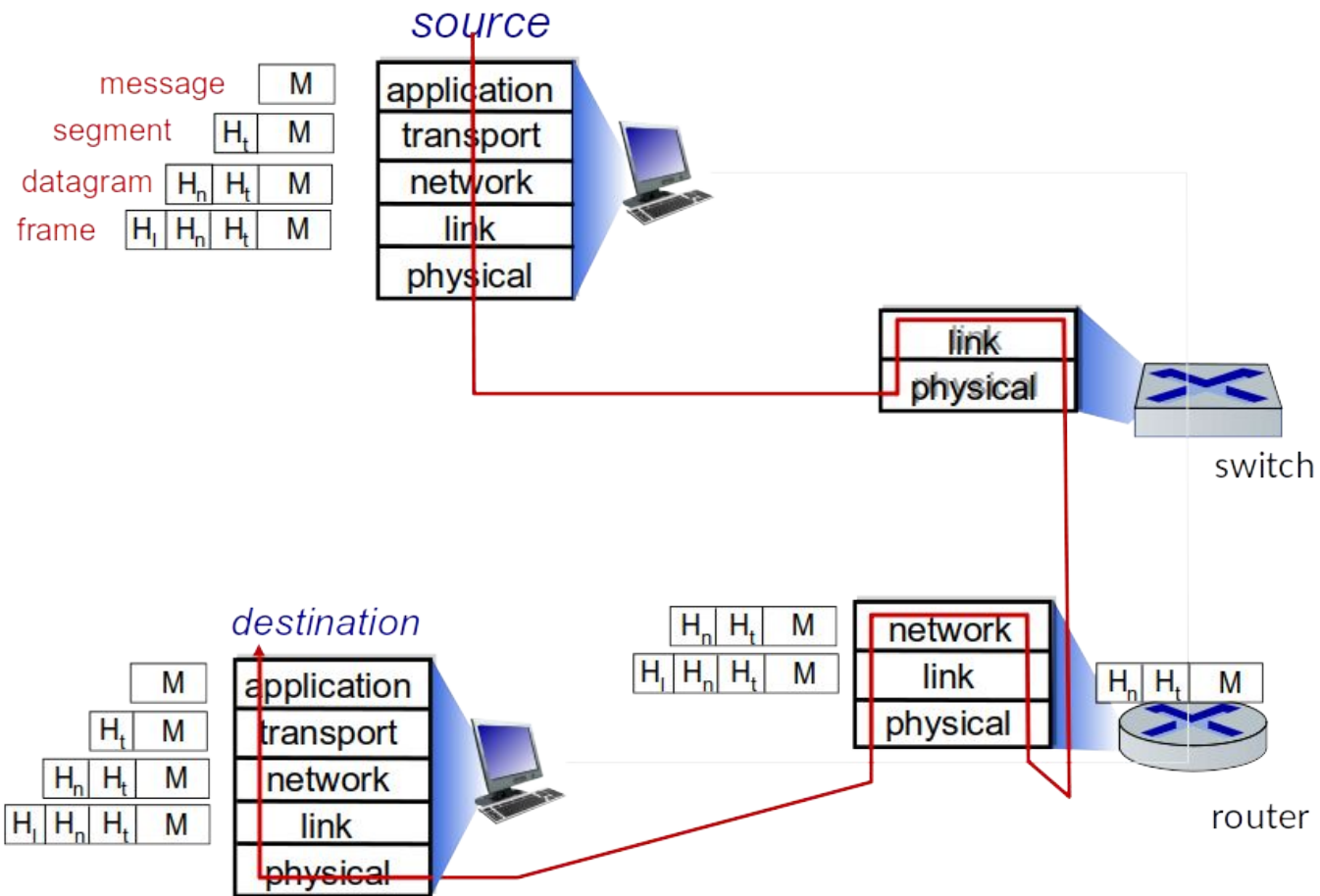
Sergiu Nisioi
sergiu.nisioi@unibuc.ro

Anul II, FMI, UniBuc, 2021-2022

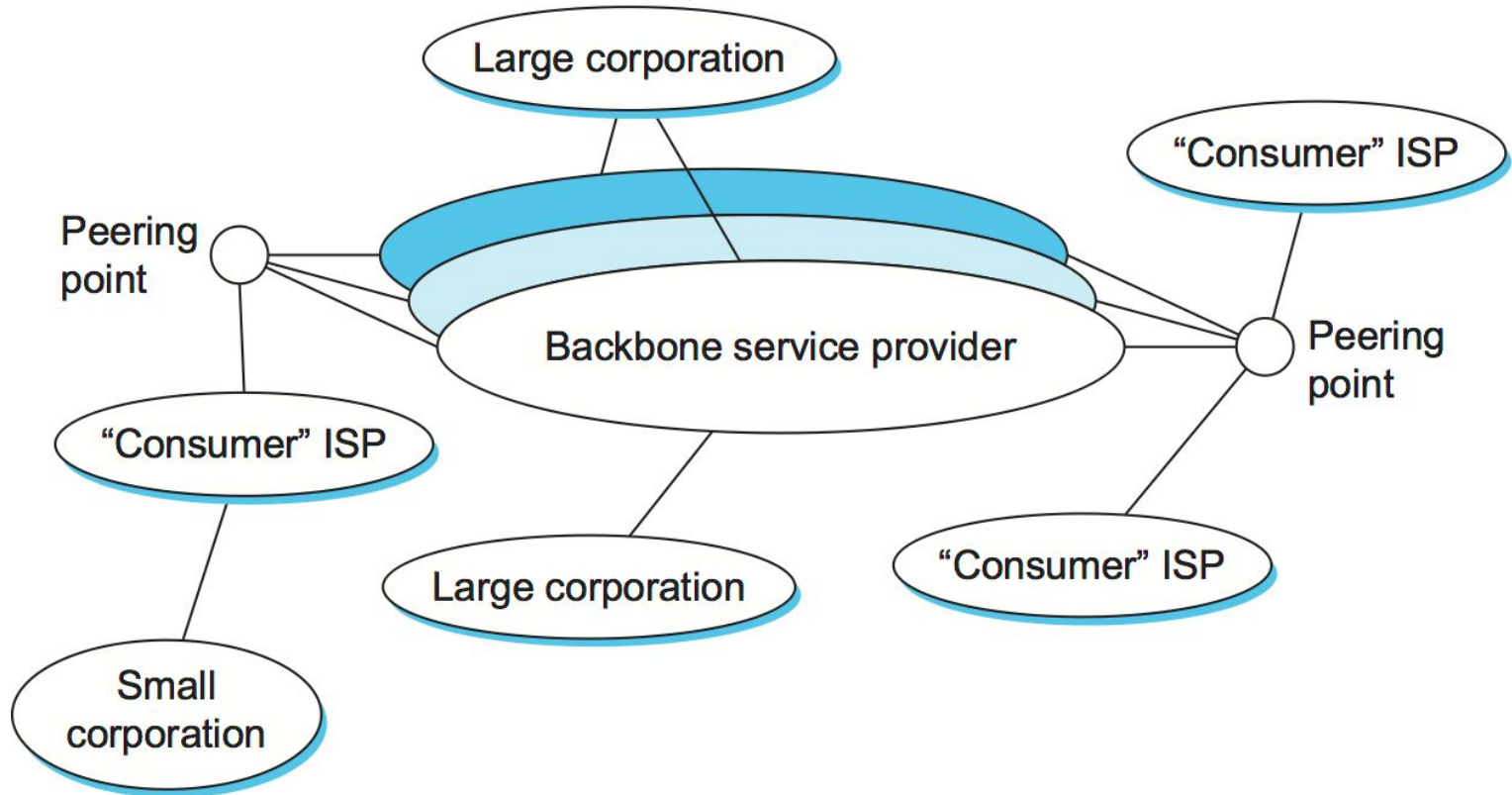
De data trecută





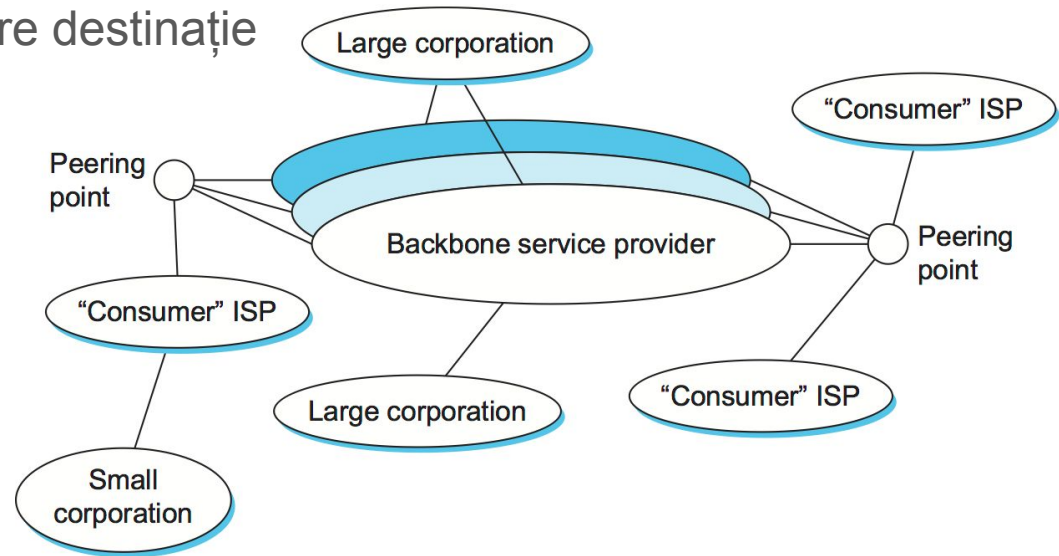


Să revenim la partea de rețea



În interiorul ISP-urilor

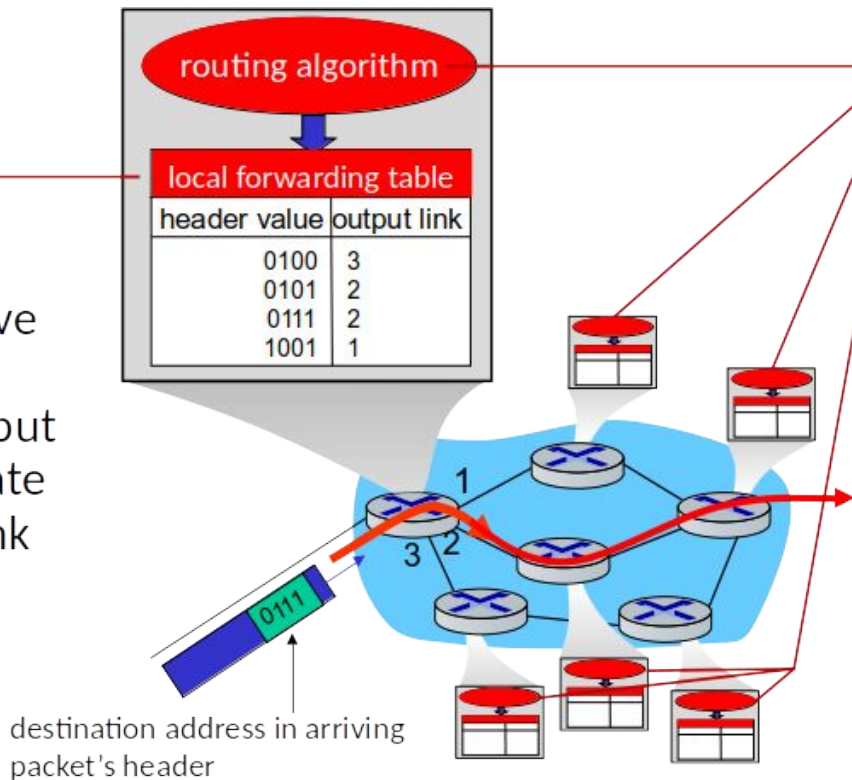
- există o topologie de dispozitive interconectate
- funcționează un proces numit **packet-switching**
- rețeaua redirectionează pachetele de la un dispozitiv la altul, prin diferite tipuri de canale / legături (links) către destinație



Routing vs. Forwarding

Forwarding:

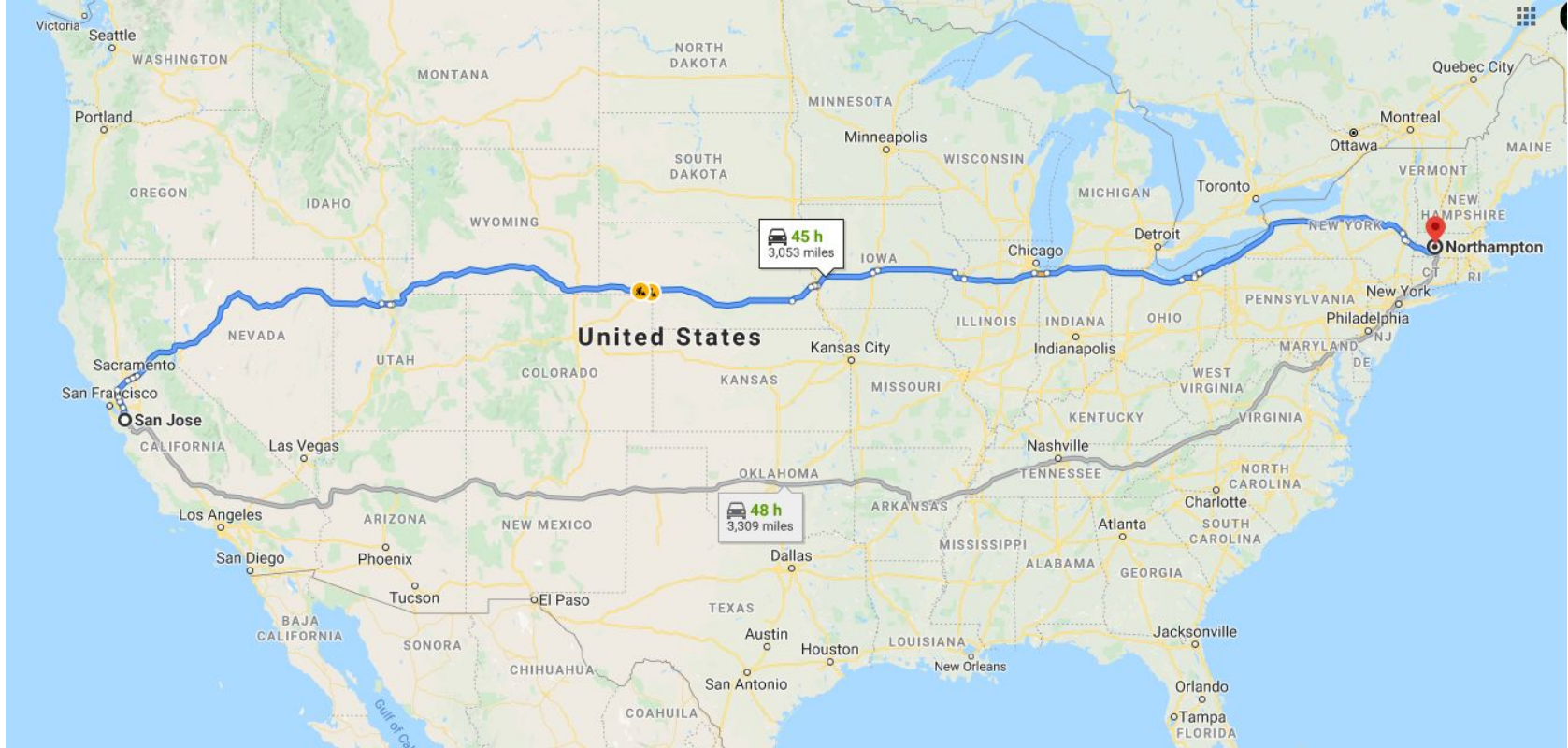
- aka “switching”
- *local* action: move arriving packets from router's input link to appropriate router output link



Routing:

- *global* action: determine source-destination paths taken by packets
- routing algorithms

Routing



Forwarding



Unități de măsură

Prefix	Exp.	prefix	exp.
K(ilo)	10^3	m(illi)	10^{-3}
M(ega)	10^6	μ (micro)	10^{-6}
G(iga)	10^9	n(ano)	10^{-9}

conform IEEE1541:

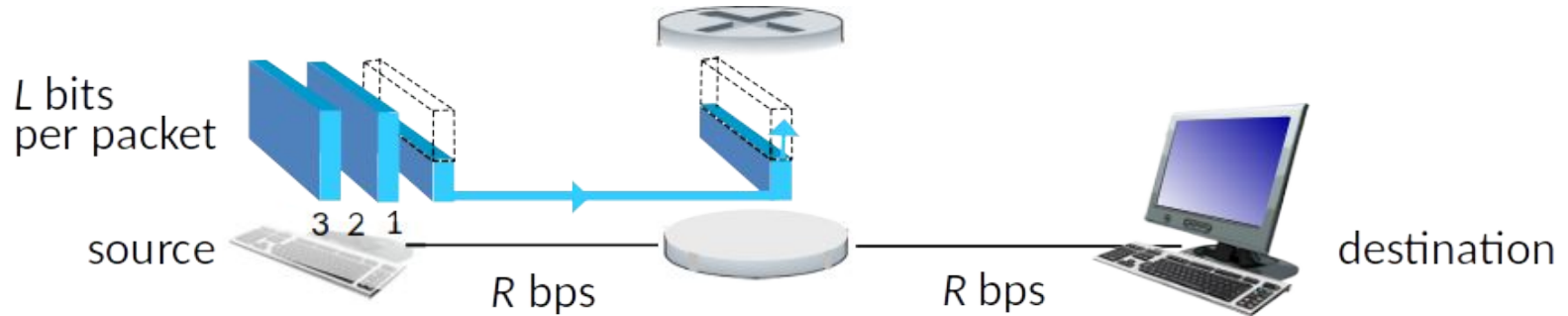
a **byte** is a set of adjacent bits operated on as a group

la acest curs:

byte := octet

- folosim puteri ale lui 10 pentru rate de transmisie - 1Gb/s (gigabit pe secundă sau **Gbps**)
- folosim puteri ale lui 2 pentru stocare, memorie - 1GB (giga**octet** sau gigab**yte**)
- "B" pentru octeți / bytes - folosim ambii termeni interșanjabil
- "b" pentru biți
- 1 octet / byte = 8 biți
- bitul maxim: **1**
- octetul maxim: **255** = 1111 1111

Packet Switching: store-and-forward



- pentru un mediu de R biți pe secundă
- și un pachet de L biți
- acesta poate fi transmis cu L/R biți pe secundă

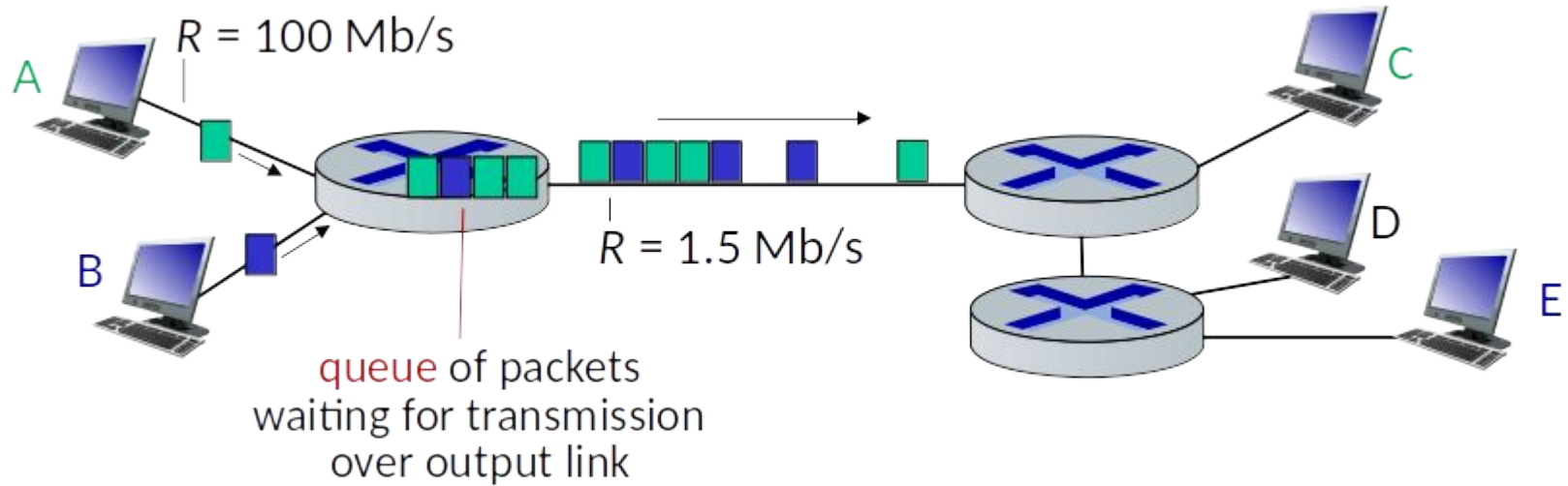
Packet Transmission Delay = L/R (timpul de întârziere pentru trimiterea pachetelor)

Transmisiunea are loc prin stocare și redirectionare:
store-and-forward

One-hop numerical example:

- $L = 10$ Kbits
- $R = 100$ Mbps
- one-hop transmission delay = 0.1 msec

Packet Switching - queueing



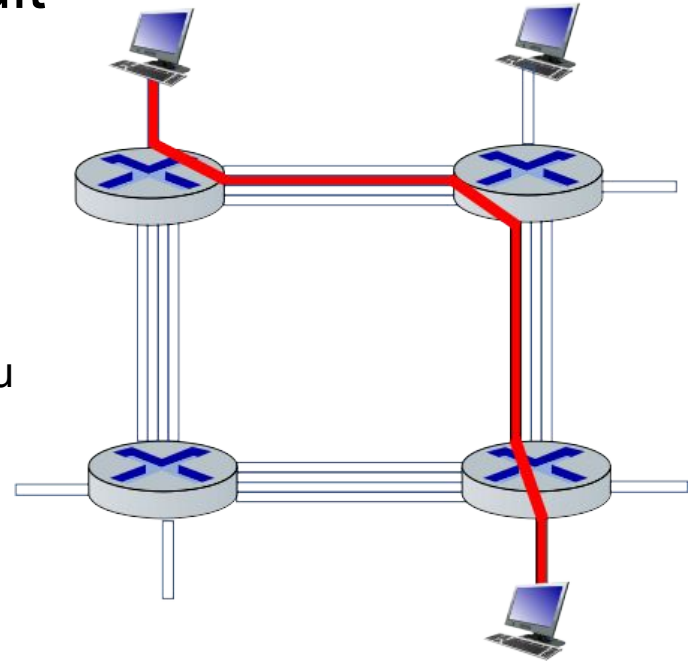
Dacă rata cu care ajung pachetele este mai mare decât rata cu care pot fi redirecționate

- pachetele se vor pune în coadă pentru a fi transmise (packet queueing)
- dacă memoria cozii se umple, pachetele **sunt șterse** de pe rețea (packet drop)

(Circuit) Switching pe bază de circuit

- ca în telefonie mobilă, când faci un apel
- resursele sunt pre-allocate end-to-end între sursă și destinație
- resursele sunt dedicate circuitului: **no sharing**
- performanță garantată fixă
- dacă circuitul nu este folosit, rămâne în pauză, nu este alocat altor convorbiri (ineficient)

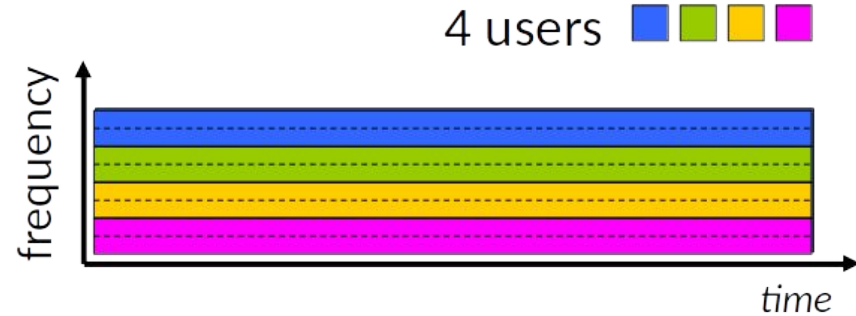
sursa: https://bit.ly/extra_retele



Multiplexarea în circuite: FDM and TDM

Frequency Division Multiplexing (FDM)

- optical, electromagnetic frequencies divided into (narrow) frequency bands
- each call allocated its own band, can transmit at max rate of that narrow band
- ca posturile de radio pe frecvențe diferite



Time Division Multiplexing (TDM)

- time divided into slots
- each call allocated periodic slot(s), can transmit at maximum rate of (wider) frequency band (only) during its time slot(s)

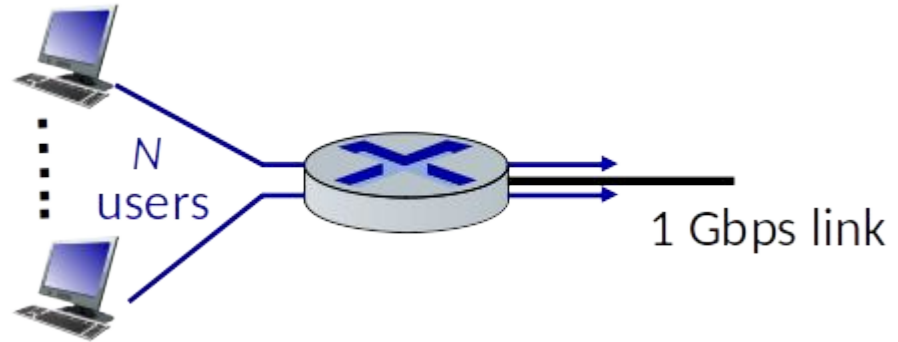


Packet switching vs Circuit switching

Mediu de 1 Gb/s (gigabit pe secundă)

Fiecare utilizator:

- transmite la 100 Mb/s când este activ
- este activ 10% din timp



Q: câți utilizatori pot folosi concomitent această rețea pentru cele 2 tipuri de switching?

- **circuit-switching:** $1000 \text{ Mb/s} / 100 \text{ Mb/s} = 10$ - nr de utilizatori care pot transmite la 100 Mb/s
- **packet-switching:** probabilitatea ca un user să fie activ este 0.1

Care este probabilitatea ca toată banda să fie epuizată simultan? $0.1^{10} = 0.0000000001$

Dacă am avea $K=35$ de utilizatori, care este probabilitatea ca cel puțin 10 să fie online în același timp?

Care este probabilitatea ca după K aruncări ale unei monede să obținem de cel puțin 10 ori cap?

Probabilitatea sa obtii de 3 ori cap cand dai de 5 ori cu banul

- Solution:
- One way to get exactly 3 heads: HHHTT
- What's the probability of this exact arrangement?
 - $P(\text{heads}) \times P(\text{heads}) \times P(\text{heads}) \times P(\text{tails}) \times P(\text{tails})$
 $= (1/2)^3 \times (1/2)^2$
- Another way to get exactly 3 heads: THHHT
 - Probability of this exact outcome = $(1/2) \times (1/2)^3 \times (1/2)$
 $= (1/2)^3 \times (1/2)^2$

- In fact, $(1/2)^3 \times (1/2)^2$ is the probability of each unique outcome that has exactly 3 heads and 2 tails
- So, the overall probability of 3 heads and 2 tails is:
 $(1/2)^3 \times (1/2)^2 + (1/2)^3 \times (1/2)^2 + (1/2)^3 \times (1/2)^2 +$
..... for as many unique arrangements as there are
- But how many are there??

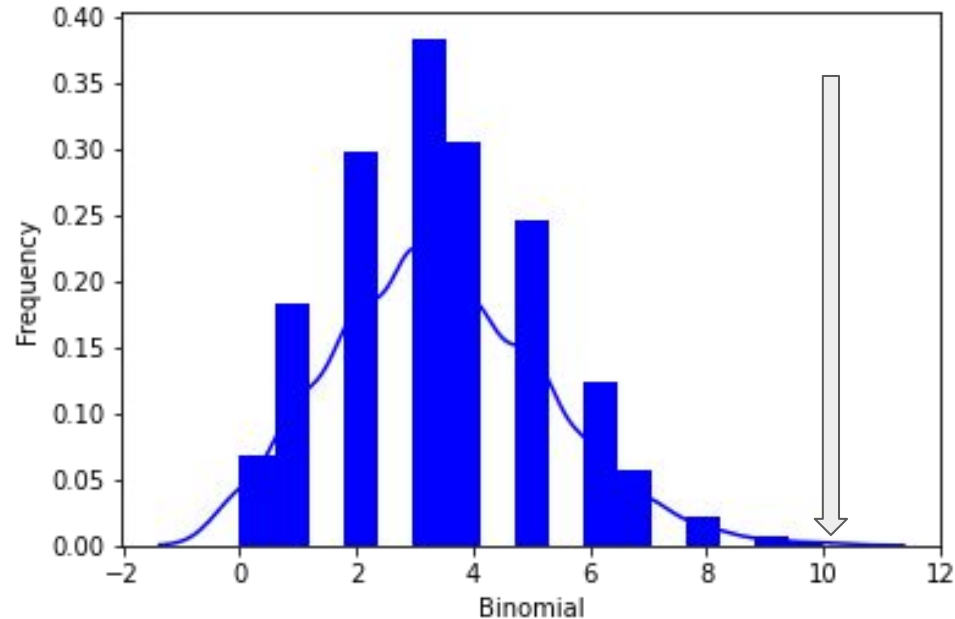
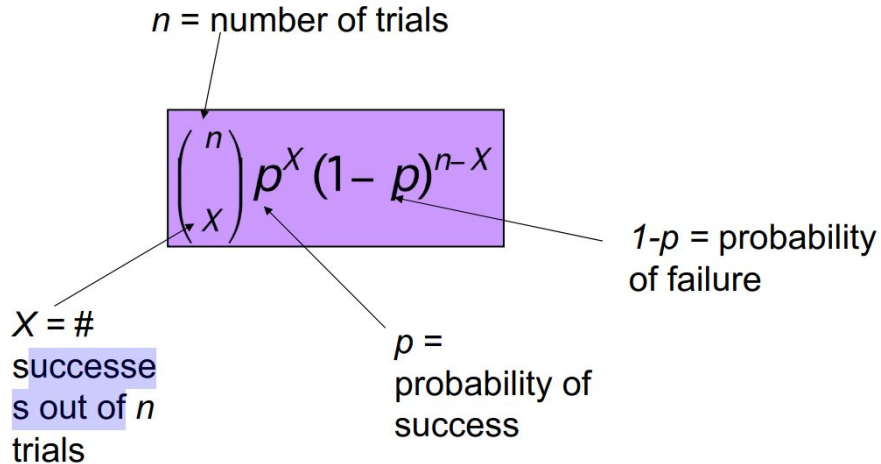
În câte moduri putem aranja 3 de cap din 5 aruncări?

<div>$\binom{5}{3}$ ways to arrange 3 heads in 5 trials</div> <div>${}_5C_3 = 5!/3!2! = 10$</div>	Outcome	Probability	The probability of each unique outcome (note: they are all equal)
	THHHT	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HHHTT	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	TTHHH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HTTHH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HHTTH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	THTHH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HTHTH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HHTHT	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	THHTH	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
	HTHHT	$(1/2)^3 \times (1/2)^2$	
10 arrangements $\times (1/2)^3 \times (1/2)^2$			

Distribuția binomială

- folosită pentru a descrie X ocurente de $P(X=1)$ într-un set de n încercări
- probabilitatea ca un user să fie activ este 0.1 și să fie inactiv este 0.9
- după 35 de încercări, probabilitatea ca 10 useri să fi fost activi este:

https://en.wikipedia.org/wiki/Binomial_distribution

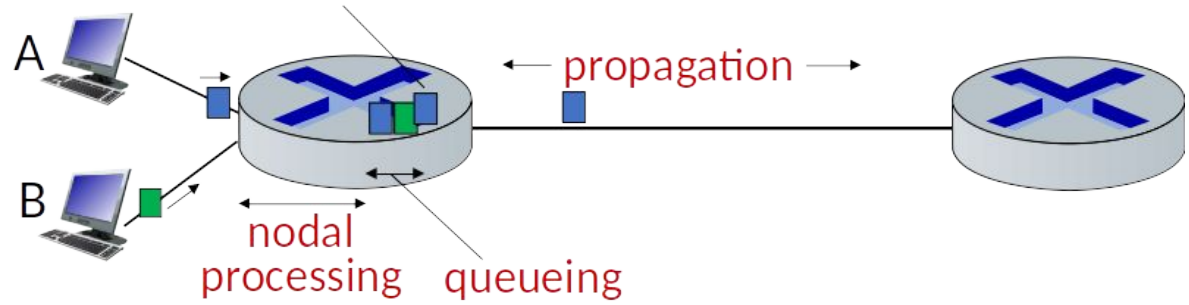


=> Probabilitate mică

$$F(k; n, p) = \Pr(X \leq k) = \sum_{i=0}^{\lfloor k \rfloor} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i},$$

- N = 35 users
- Prob (# active users > 10) = 1 – Prob (#active = 10)
 - Prob (#active = 9)
 - Prob (#active = 8)
 - ...
 - Prob (#active = 0)
- Prob (#active = 10) = C(35, 10) * 0.1¹⁰ x 0.9²⁵

Packet Delay



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_proc - procesarea la nivel de nod (checksum, determinarea căilor de ieșire) de obicei măsoară timpi foarte mici

d_queue - timpul de așteptare în coadă, depinde de cât de congestionată este rețeaua

d_trans - delay de transmisie, lungimea pachetului / rata de transmisie

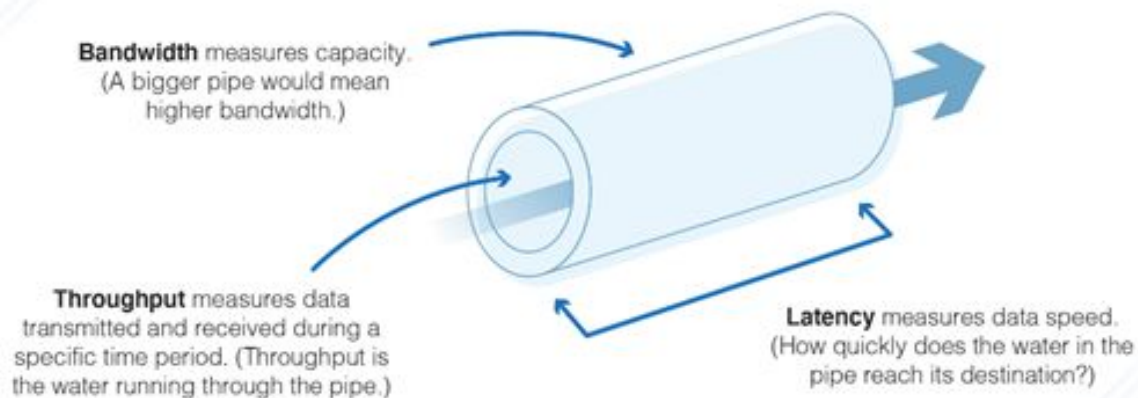
d_prop - delay de propagare, între $2 \cdot 10^8$ și $3 \cdot 10^8$, depinde de mediul de transmisie

d_queue aici: <https://www.waveform.com/tools/bufferbloat>

extra explicații: <https://blog.scaleway.com/understanding-network-latency/amp/>

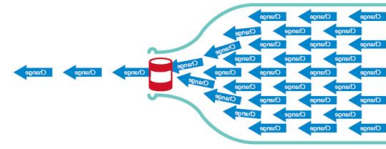
Latența, Debitul și Lățimea de bandă

Network Latency vs. Throughput vs. Bandwidth

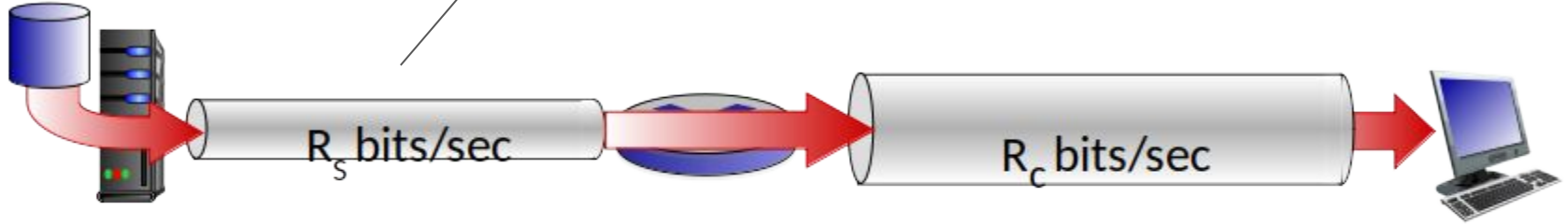


Debit (throughput)

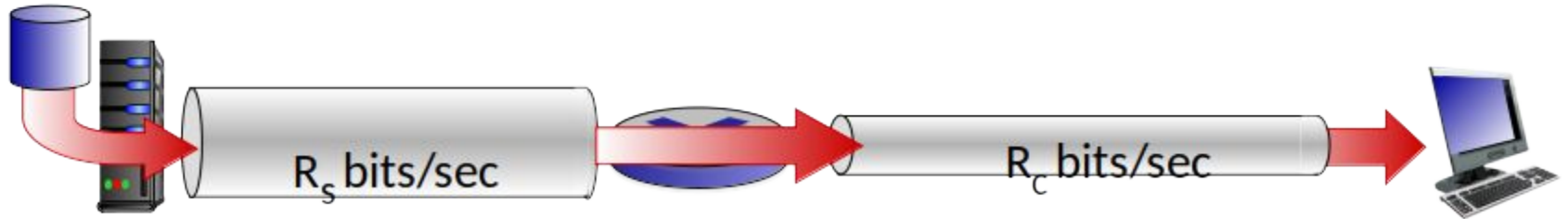
bottleneck



$R_s < R_c$ What is average end-end throughput?



$R_s > R_c$ What is average end-end throughput?



tracert

```
$ tracert ok.ru
```

```
$ tracert unibuc.ro
```

```
$ tracert fmi.unibuc.ro
```

Exercițiu : încercați asta de pe calculatorul personal și de pe AWS

fmi.unibuc.ro

traceroute fmi.unibuc.ro

traceroute to fmi.unibuc.ro (193.226.51.15), 64 hops max

1	10.11.0.1	4,287ms	11,155ms	2,113ms
2	172.20.241.1	2,681ms	3,358ms	2,324ms
3	10.0.200.177	3,191ms	2,640ms	2,057ms
4	10.0.241.66	4,780ms	3,316ms	3,709ms
5	172.20.241.6	5,115ms	4,503ms	4,889ms
6	1.2.185.1	3,711ms	4,250ms	5,186ms

Sfârșit