

Chapter 5. Problems.

Problem 1

y-x-u, y-x-v-u, y-x-w-u, y-x-w-v-u,
y-w-u, y-w-v-u, y-w-x-u, y-w-x-v-u, y-w-v-x-u,
y-z-w-u, y-z-w-v-u, y-z-w-x-u, y-z-w-x-v-u, y-z-w-v-x-u,

Problem 2

x to z:

x-y-z, x-y-w-z,
x-w-z, x-w-y-z,
x-v-w-z, x-v-w-y-z,
x-u-w-z, x-u-w-y-z,
x-u-v-w-z, x-u-v-w-y-z

z to u:

z-w-u,
z-w-v-u, z-w-x-u, z-w-v-x-u, z-w-x-v-u, z-w-y-x-u, z-w-y-x-v-u,
z-y-x-u, z-y-x-v-u, z-y-x-w-u, z-y-x-w-y-u, z-y-x-v-w-u,
z-y-w-v-u, z-y-w-x-u, z-y-w-v-x-u, z-y-w-x-v-u, z-y-w-y-x-u, z-y-w-y-x-v-u

z to w:

z-w, z-y-w, z-y-x-w, z-y-x-v-w, z-y-x-u-w, z-y-x-u-v-w, z-y-x-v-u-w

Problem 3

Step	N'	$D(t),p(t)$	$D(u),p(u)$	$D(v),p(v)$	$D(w),p(w)$	$D(y),p(y)$	$D(z),p(z)$
0	x	∞	∞	3,x	6,x	6,x	8,x
1	xv	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
2	xvu	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
3	xvuw	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
4	xvuwy	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
5	xvuwyt	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x
6	xvuwytz	7,v	6,v	3,x	6,x	6,x	8,x

Problem 4

a)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
0	t	∞	2,t	4,t	∞	7,t	∞
1	tu	∞	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
2	tuv	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
3	tuvw	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	∞
4	tuvwx	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x
5	tuvwxy	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x
6	tvwxyz	7,v	2,t	4,t	5,u	7,t	15,x

b)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(t), p(t)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
	u	∞	2,u	3,u	3,u	∞	∞
	ut	∞	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
	utv	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
	utvw	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	∞
	utvwx	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x
	utvwxy	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x
	utvwxyz	6,v	2,u	3,u	3,u	9,t	14,x

c)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(t), p(t)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
------	------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

v	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	∞
vx	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
vxu	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
vxut	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
vxutw	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
vxutwy	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x
vxutwyz	3,v	3,v	4,v	4,v	8,v	11,x

d)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(v), p(v)$	$D(t), p(t)$	$D(y), p(y)$	$D(z), p(z)$
	w	6,w	3,w	4,w	∞	∞	∞
	wu	6,w	3,w	4,w	5,u	∞	∞
	wuv	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	∞
	wuvt	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	∞
	wuvtx	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x
	wuvtxy	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x
	wuvtxyz	6,w	3,w	4,w	5,u	12,v	14,x

e)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(t), p(t)$	$D(z), p(z)$
	y	6,y	∞	8,y	∞	7,y	12,y
	yx	6,y	∞	8,y	12,x	7,y	12,y
	yxt	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
	yxtv	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
	yxtvu	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y

yx t vu w	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y
yx t vu w z	6,y	9,t	8,y	12,x	7,y	12,y

f)

Step	N'	$D(x), p(x)$	$D(u), p(u)$	$D(v), p(v)$	$D(w), p(w)$	$D(y), p(y)$	$D(t), p(t)$
	z	8,z	∞	∞	∞	12,z	∞
	zx	8,z	∞	11,x	14,x	12,z	∞
	zxv	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
	zxvy	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
	zxvyu	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
	zxvyuw	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v
	zxvyuwt	8,z	14,v	11,x	14,x	12,z	15,v

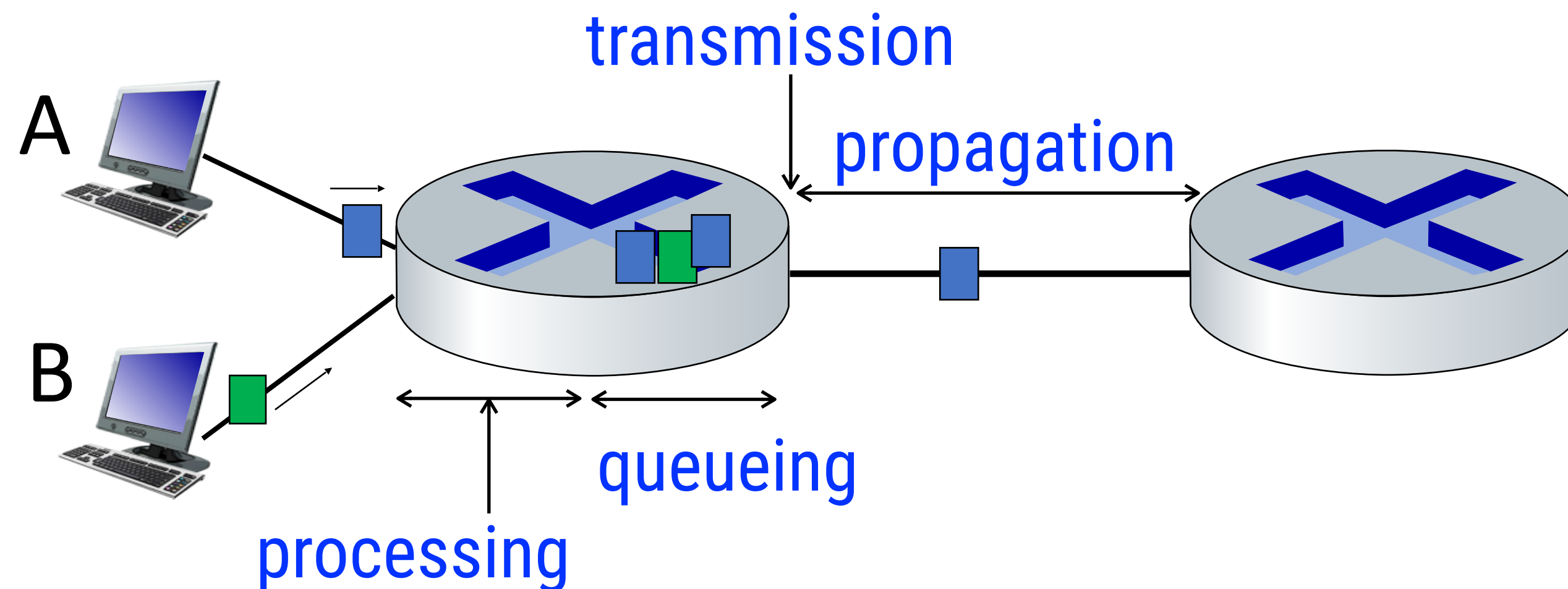
Problem 5

		Cost to				
		u	v	x	y	z
From	v	∞	∞	∞	∞	∞
	x	∞	∞	∞	∞	∞
	z	∞	6	2	∞	0

		Cost to				
		u	v	x	y	z
From	v	1	0	3	∞	6
	x	∞	3	0	3	2
	z	7	5	2	5	0

Cost to

Packet delay: four sources



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

d_{proc} : processing

- check bit errors; determine output link
- typically < microseconds

d_{queue} : queueing

- time waiting at output link for transmission
- depends on router's congestion level

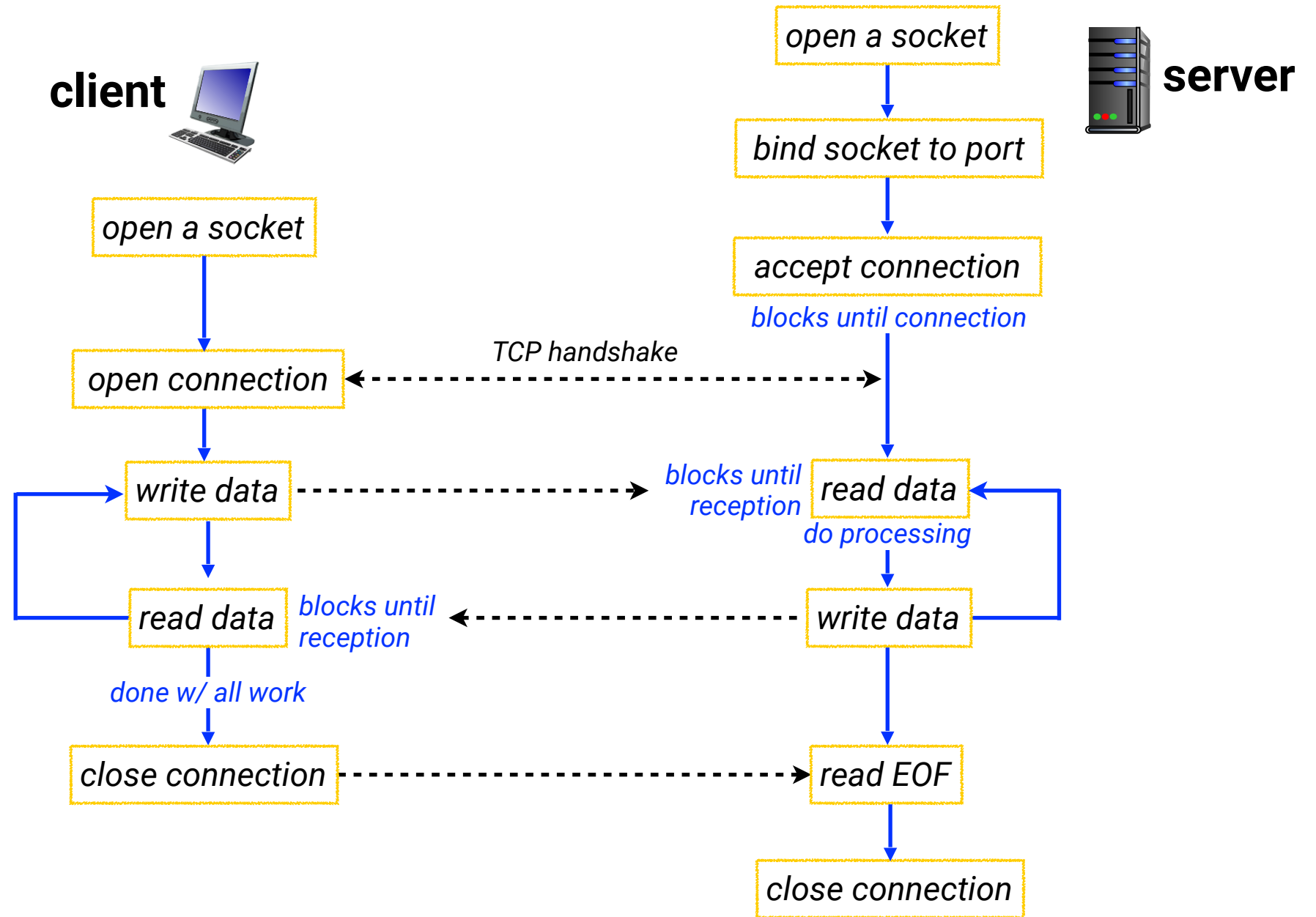
d_{trans} : transmission

- L : packet length (bits)
- R : link transmission rate (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : propagation

- d : length of physical link
- s : propagation speed ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

TCP Client Server Interaction



Coding up the TCP client

create TCP socket for server

perform TCP handshake

No need to attach server name, port

```
from socket import *
serverName = 'servername'
serverPort = 12000
clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
clientSocket.connect((serverName, serverPort))
sentence = input('Input lowercase sentence:')
clientSocket.send(sentence.encode())
modifiedSentence = clientSocket.recv(1024)
print ('From Server:', modifiedSentence.decode())
clientSocket.close()
```

Coding up the TCP server

create TCP welcoming socket →

server begins listening for incoming TCP requests →

server waits on incoming requests, new socket created on return →

read and write bytes from/to socket (no IP addr/port as in UDP) →

close connection to this client (but *not* welcoming socket) →

```
from socket import *
serverPort = 12000
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
serverSocket.bind(('', serverPort))
serverSocket.listen(1)
print 'The server is ready to receive'
while True:
    connectionSocket, addr = serverSocket.accept()
    sentence = connectionSocket.recv(1024).decode()
    capitalizedSentence = sentence.upper()
    connectionSocket.send(capitalizedSentence.encode())
    connectionSocket.close()
```