

Esercizi Capitolo 1

Esercizio 1.1

Si considerino due host A e B distanti 10.000 Km connessi da un collegamento di $R=1\text{Mbps}$ e con velocità di propagazione di $2,5 \cdot 10^8$ m/s.

1. Consideriamo l'invio di un file di 400.000 bit dall'host A all'host B in un unico grande messaggio. Quale è il massimo numero di bit che si troveranno nel collegamento in un dato istante?
2. Quanto vale l'ampiezza (in metri) di un bit nel collegamento?

Esercizio 1.2/3.3

Si consideri il problema 1 del capitolo 1 del libro (4' edizione). Si chiede di rappresentare il protocollo tramite un automa a stati finiti esteso.

Esercizio 1.3

Supponiamo che più utenti condividano un collegamento da 5Mbps. Ogni utente trasmette dati per il 10% del suo tempo, e quando trasmette necessita di una banda pari a 200Kbps. Si chiede:

1. Se nel collegamento si utilizza la commutazione di circuito, quanti utenti si possono supportare?
2. Determinare la probabilità che un utente stia trasmettendo
3. Supponiamo che siano presenti 40 utenti. Determinare la probabilità che esattamente n utenti siano attivi in trasmissione contemporaneamente (suggerimento: usare la distribuzione binomiale)
4. Calcolare la probabilità di avere almeno 26 utenti attivi contemporaneamente in fase di trasmissione

Esercizi Capitolo 2

Esercizio 2.1

1. Si consideri una pagina web (di dimensione di 4 Kbyte) contenente 5 oggetti collegati, di dimensione rispettivamente 10 KByte, 34 KByte, 26 KByte, 8 Kbyte e 41 KByte. Stimare il tempo di caricamento della pagina con il protocollo HTTP 1.0 ipotizzando che il RTT (Round Trip Time) tra il client e il server web sia di 25 millisecondi, che il tempo di accodamento e elaborazione sia trascurabile, e che il canale abbia un tasso di trasmissione di 256 Kbps.
2. Rifare l'esercizio del punto precedente nell'ipotesi che sia utilizzato il protocollo HTTP 1.1 e supponendo che le richieste dei singoli oggetti vengano fatte in sequenza, ognuno dopo la ricezione dell'oggetto precedente.

Esercizio 2.2

Si consideri un DNS locale che utilizza la modalità ricorsiva per la traduzione di un nome. Supponiamo che un cliente richieda la traduzione di un nome non presente nella cache di alcun DNS in tutta la gerarchia. Calcolare il tempo di completamento della richiesta (il tempo intercorso tra la richiesta al DNS locale e la risposta) ipotizzando:

- Tempi di accodamento e elaborazione trascurabili
- Ritardo di trasmissione trascurabile
- RTT tra ogni coppia di DNS pari a 4 ms
- RTT tra cliente e DNS locale pari a 0,1 ms

Esercizio 2.3

Disegnare l'automa a stati finiti del protocollo seguito dal server SMTP

Esercizi Capitolo 3

Esercizio 3.1:

Disegnare l'automa a stati finiti del mittente e destinatario di un protocollo stop&wait modificato, nel quale il destinatario invia un ACK solo ogni due pacchetti dati ricevuti. Si assuma che il canale consegni i pacchetti nello stesso ordine nel quale sono stati inviati, ma che possa corrompere o perdere i pacchetti.

Suggerimento: usare numeri di sequenza e aumentare il numero degli stati, sia al mittente che al destinatario

Esercizio 3.2:

Si consideri la seguente sequenza di pacchetti trasmessi tramite il protocollo stop & wait, con i rispettivi tempi di trasmissione (in millisecondi):

Pacchetto	p0	P1	P2	P3	P4
Tempo	0	5	6	12	50

Supponiamo che il RTT sia di 7 millisecondi, che il tempo di trasmissione sia identico per tutti i pacchetti (inclusi gli ACK) e pari a 1ms, e che i tempi accodamento e di elaborazione siano trascurabili.

a) Mostrare l'evoluzione nel tempo dello stato del mittente e destinatario tramite la seguente tabella.

T	Evento	Stato mittente	Stato destinatario
0	Trasmesso p0	Wait for ACK 0	Wait for 0 from below
...

b) calcolare l'utilizzazione del canale da parte del mittente

c) Supponiamo ora che, durante la trasmissione, vengano persi o corrotti i pacchetti ACK del pacchetto P1, P2, P4. Mostrare tramite la seguente tabella come evolve nel tempo lo stato del destinatario e del mittente ipotizzando che il timeout sia di 5 ms.

T	Evento	Stato mittente	Stato mittente
0	Trasmesso p0	Wait for ACK 0	Wait for 0 from below
...

Esercizio 3.3:

Si consideri una connessione TCP tra due host A e B. Al tempo $t=0$ i valori di Estimated RTT e di DevRTT dell'host A sono rispettivamente 0,120 s e 0,033 s.

Supponiamo che, a partire dal tempo t A invii la seguente sequenza di segmenti lungo la connessione TCP all'host B e che riceva i seguenti segmenti di ACK:

Segmenti inviati (in secondi)		Segmenti ricevuti (in secondi)	
S1	$t=0,010$	ACK S1	$t=0,100$
S2	$t=0,015$	ACK S2	$t=0,210$
S3	$t=0,140$	ACK S3	$t=0,330$
S4	$t=0,190$	ACK S4	$t=0,350$
S5	$t=0,200$	ACK S5	$t=0,355$
S6	$t=0,210$	ACK S6	$t=0,360$

Si chiede di calcolare i valori di Estimated RTT e di DevRTT all'host A per ogni segmento di ACK ricevuto, assumendo che il parametro α usato per calcolare la media esponenziale ponderata Estimated RTT sia $\alpha=0,125$, e che il parametro β usato per calcolare la media esponenziale ponderata DevRTT sia $\beta=0,250$.

ACK ricevuto	RTT campionato	Estimated RTT	Deviazione campionata	DevRTT
ACK S1				
ACK S2				
ACK S3				
ACK S4				
ACK S5				
ACK S6				

Soluzione

Estimated RTT e DevRTT si calcolano tramite le formule:

$$\text{Estimated RTT} = (1 - \alpha) \text{EstimatedRTT} + \alpha * \text{RTT Campionato}$$

$$\text{DevRTT} = (1 - \beta) \text{DevRTT} + \beta (\text{RTT Campionato} - \text{Estimated RTT})$$

ACK ricevuto	RTT campionato	Estimated RTT	Deviazione campionata	DevRTT
ACK S1	0,090	0,116	0,026	0,031
ACK S2	0,195	0,113	0,082	0,044
ACK S3	0,190	0,024	0,166	0,075

ACK S4	0,160	0,045	0,115	0,085
ACK S5	0,155	0,203	0,048	0,076
ACK S6	0,150	0,197	0,047	0,068

t	evento	Base mittente	nextseq mittente	base ricevente	Pacchetti non "riconosciuti"	Pacchetti in volo	pacchetti ricevuti
0	spedito p0	0	1	0	p0	p0	-
1	spedito p1	0	2	0	p0,p1	p0,p1	-
5	Ricevuto p0, spedito a0	0	2	1	p0,p1	p1,a0	p0
6	Ricevuto p1, spedito a1	0	2	2	p0,p1	a0,a1	p0,p1
8	spedito p2	0	3	2	p0,p1,p2	a0, p2	p0,p1
10	Ricevuto a0	1	3	2	p1,p2	-	p0,p1
11	Spedito p3	1	4	2	p1,p2,p3	p3	p0,p1
16	Ricevuto p3, spedito a3	1	4	2	p1,p2,p3	a3	p0,p1,p3
20	p4 in attesa di spedizione	1	4	2	p1,p2,p3	a3	p0,p1,p3
21	Ricevuto a3, Scatta timeout, rispedito p1	1	4	2	p1,p2	p1	p0,p1,p3
26	ricevuto p1, spedito a1	1	4	2	p1,p2	a1	p0,p1,p3
28	Scatta timeout, rispedito p2	1	4	2	p1,p2	a1,p2	p0,p1,p3
31	Ricevuto a1, spedito p4	2	5	2	p2,p4	p2,p4	p0,p1,p3
33	Ricevuto p2, spedito a2	2	5	4	p2,p4	a2,p4	p0,p2,p1,p3
36	Ricevuto p4, spedito a4	2	5	5	p2,p4	a2,a4	p0,p2,p1,p3,p4
38	Ricevuto a2	4	5	5	p4	a4	p0,p2,p1,p3,p4
41	Ricevuto a4	5	5	5			p0,p2,p1,p3,p4

Tempo di completamento della trasmissione: 41

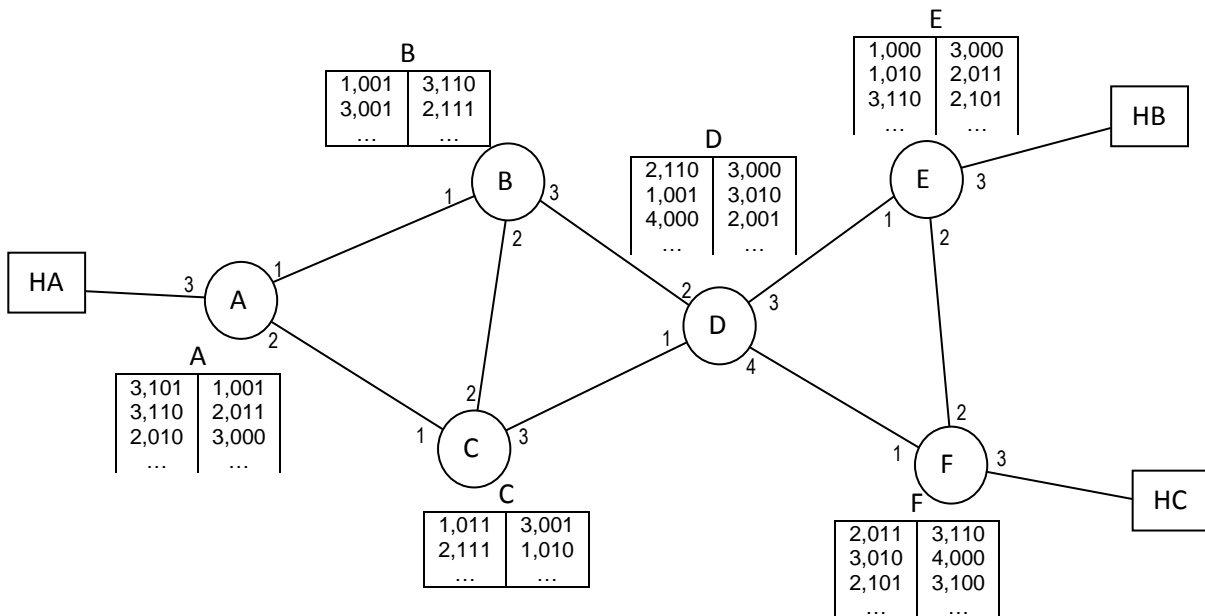
Esercizio 3.4

Disegnare l'automa a stati finiti del lato cliente e del lato servente del protocollo di handshake a tre vie di TCP

Esercizi Capitolo 4

Esercizio 4.1 (Tabelle di routing in reti a circuito virtuale)

Si consideri la seguente rete basata su circuiti virtuali. Ogni router è connesso, tramite porte bidirezionali, ad un certo numero di collegamenti (accanto ad ogni collegamento è mostrato il numero di porta corrispondente). Inoltre ogni router ha una tabella di routing che associa due coppie: <porta di ingresso, numero di un circuito virtuale> e <porta di uscita, numero di circuito virtuale>.



Si chiede di calcolare la destinazione e il percorso dei seguenti datagrammi:

Host sorgente	Numero di circuito virtuale	Host destinazione	Percorso
HA	101		
HB	110		
HC	010		
HA	110		

Soluzione

Host sorgente	Numero di circuito virtuale	Host destinazione	Percorso
HA	101	HB	A,B,D,E
HB	110	HC	E,F
HC	010	HA	F,D,B,C,A
HA	110	HC	A,C,D,E,F

Esercizio 4.2 (inoltre IP)

Un router IP con 4 porte di ingresso e 4 porte in uscita contiene la seguente tabella di routing:

prefisso dell'indirizzo di destinazione	Porta in uscita
1010 0110	3
1010 0110 1110	4
1010 0110 1110 11	2
1010 0110 1111	1
1000	1

1000 0000	3
altrimenti	2

Dire su quali porte in uscita vengono indirizzati i datagrammi con la seguente destinazione:

1. 1000 0000 0001 1000 0000 0000 1010 0001
2. 1000 0001 0001 1000 0010 1111 1010 0001
3. 1010 0110 1110 1101 1111 0001 0000 0001
4. 1010 0110 1110 1111 1111 0111 0110 0101
5. 1010 0110 0010 0010 1100 0101 1100 1110

Soluzione

1. Porta 3
2. Porta 1
3. Porta 2
4. Porta 4
5. Porta 3

Esercizio 4.3 (frammentazione in IPV4)

Un router IP è collegato a due collegamenti. I due collegamenti hanno una dimensione massima dei pacchetti (MTU) differente. In particolare il primo collegamento ha un MTU pari a 4000 bytes e il secondo ha un MTU pari a 1020 bytes. I datagrammi gestiti dal router rispettano il formato IPV4, in particolare contengono i campi lunghezza L (che indica la lunghezza del datagramma inclusa l'intestazione), Identificatore Id, flag di frammentazione F e offset O.

Ad un certo tempo il router riceve dal primo collegamento i seguenti datagrammi da inoltrare sul secondo collegamento:

- p1: <..., L=3900, Id=300, F=0, O=0, ...>
 p2: <..., L=1020, Id=301, F=0, O=0, ...>
 p3: <..., L=900, Id=302, F=0, O=0, ...>
 p4: <..., L=1700, Id=303, F=0, O=0, ...>

Si chiede di dire quali datagrammi il router invia in uscita sul secondo collegamento.

Soluzione

	L	ID	F	O

Soluzione

	L	ID	F	O
P1,1	1020	300	1	0
P1,2	1020	300	1	125
P1,3	1020	300	1	250
P1,4	920	300	0	375
P2,1	1020	301	0	0
P3,1	900	302	0	0
P4,1	1020	303	1	0
P4,2	720	303	0	125

Esercizio 4.4 (sottoreti)

Per ognuno dei seguenti indirizzi IP, indicare l'indirizzo della sottorete corrispondente:

- I1: 131.111.99.87/22
- I2: 230.88.101.230/24
- I3: 78.240.10.10/18
- I4: 120.120.64.9/20

Soluzione

- I1: _____
- I2: _____
- I3: _____
- I4: _____

Soluzione

- I1: 131.111.96-99.0
- I2: 230.88.101.0
- I3: 78.240. 0-63.0
- I4: 120.120.64-79.0

Esercizio 4.5 (NAT)

Una rete locale è connessa ad internet tramite un NAT (Network Address Translation). L'indirizzo della sottorete locale è 192.168.1.0/24, la porta collegata ad internet del gateway ha indirizzo 136.38.243.99, e nella sottorete locale il gateway ha indirizzo 192.168.1.1.

Nella rete locale sono presenti due host di indirizzo 192.168.1.10 e 192.168.1.20 che, a partire da un certo tempo t, hanno stabilito le seguenti connessioni TCP (le connessioni sono elencate nello stesso ordine col quale sono state create):

IP sorgente	IP Destinazione	Porta sorgente	Porta destinazione
192.168.1.10	192.168.1.20	199	80
192.168.1.10	201.201.201.90	400	80
192.168.1.10	130.240.98.10	401	80
192.168.1.20	130.240.98.10	401	3100
192.168.1.20	192.168.1.10	1900	9880
192.168.1.20	201.201.201.90	900	1200

Si chiede di riempire la tabella di traduzione del NAT, assumendo che al tempo t la tabella del NAT fosse vuota e che il NAT utilizzi per la sua traduzione le porte a partire dalla 3000.

Soluzione

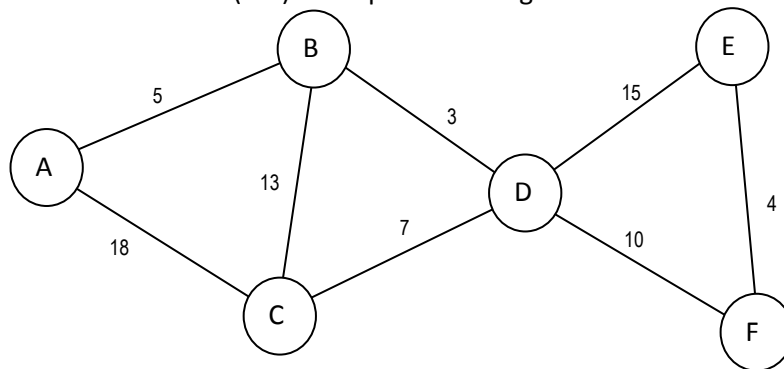
IP internet	Porta	IP LAN	Porta

Soluzione

IP internet	Porta	IP LAN	Porta
201.201.201.90	3000	192.168.1.10	400
130.240.98.10	3001	192.168.1.10	401
130.240.98.10	3002	192.168.1.20	401
201.201.201.90	3003	192.168.1.20	900

Esercizio 4.6 (cammini minimi con Dijkstra)

Si consideri la seguente rete con 6 host (A-F) e con pesi sui collegamenti come indicato in figura.



Si utilizzi la seguente tabella per applicare l’algoritmo di Dijkstra per calcolare il contenuto della tabella di routing del router A. Nella tabella N’ è l’insieme dei router raggiunti, D(x) indica il costo per raggiungere x da A, e p(x) indica il predecessore del router x nell’albero dei cammini minimi.

passo	N’	D(B), p(B)	D(C), p(C)	D(D), p(D)	D(E), p(E)	D(F), p(F)
0						
1						
2						
3						
4						

5						
6						
7						

Quindi la tabella di routing del router A è:

Destinazione	Direzione
B	
C	
D	
E	
F	

Soluzione

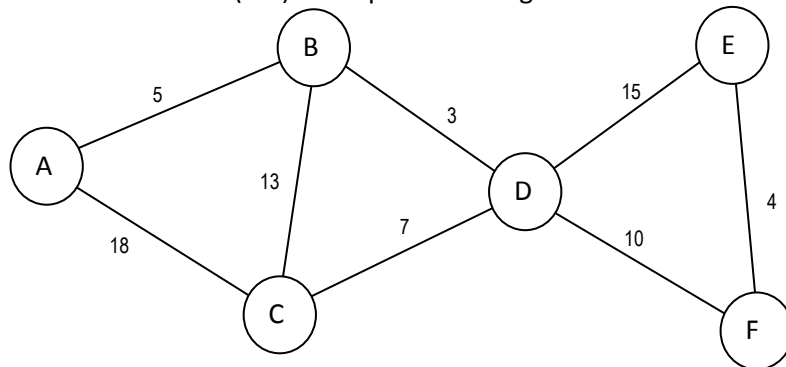
passo	N'	D(B), p(B)	D(C), p(C)	D(D), p(D)	D(E), p(E)	D(F), p(F)
0	A	5,A	18,A	-	-	-
1	A B	5,A	18,A	8,B	-	-
2	A B D	5,A	15,D	8,B	23,E	18,D
3	A B D C	5,A	15,D	8,B	23,E	18,D
4	A B D C F	5,A	15,D	8,B	22,F	18,D
5	A B D C F E	5,A	15,D	8,B	22,F	18,D

Quindi la tabella di routing del router A è:

Destinazione	Direzione
B	B
C	B
D	B
E	B
F	B

Esercizio 4.7 (Distance Vector)

Si consideri la seguente rete con 6 host (A-F) e con pesi sui collegamenti come indicato in figura.



All'istante t=0 ogni router conosce solo il costo per comunicare con i propri vicini ed inizia ad eseguire l'algoritmo Bellman-Ford per la determinazione della propria tabella di routing. Inoltre, le comunicazioni tra

router sono perfettamente sincrone e l'esecuzione dell'algoritmo di routing avviene per fasi: ad ogni fase (che si conclude in meno di 1 secondo, ogni router invia il proprio vettore di distanza aggiornato a tutti i router adiacenti (e di conseguenza riceve il vettore di distanza di tutti i router adiacenti) e calcola il suo nuovo vettore di distanza.

Al tempo $t=0$ i vettori di distanza dei router sono come indicato in tabella. Ricordo che il vettore di distanza del router X è $D_x = \langle d_x(A), d_x(B), d_x(C), d_x(D), d_x(E), d_x(F) \rangle$, dove $d_x(Y)$ indica il costo necessario per raggiungere Y da X.

	D_A	D_B	D_C	D_D	D_E	D_F
$t=0$	0,5,18,-,-,-	5,0,13,3,-,-	18,13,0,7,-,-	-,3,7,0,15,10	-,-,-,15,0,4	-,-,-,10,4,0
$t=1$						
$t=2$						
$t=3$						

Variante

Si supponga che, immediatamente dopo il calcolo del vettore di distanza al tempo 2, il costo del collegamento tra D e F diventi 12. Utilizzare la tabella sottostante per calcolare le iterazioni necessarie all'algoritmo per convergere verso i nuovi vettori di distanza.

	D_A	D_B	D_C	D_D	D_E	D_F
$t=2$						
$t=3$						
$t=4$						
$t=5$						
$t=6$						
$t=7$						

Soluzione

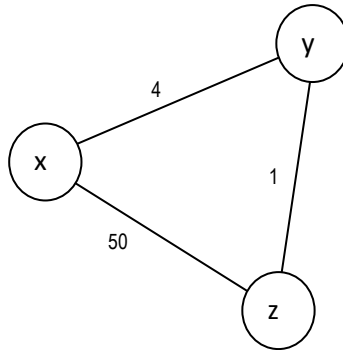
	D_A	D_B	D_C	D_D	D_E	D_F
$t=0$	0,5,18,-,-,-	5,0,13,3,-,-	18,13,0,7,-,-	-,3,7,0,15,10	-,-,-,15,0,4	-,-,-,10,4,0
$t=1$	0,5,18,8,-,-	5,0,10,3,18,13	18,10,0,7,22,17	8,3,7,0,14,10	-,18,22,14,0,4	-,13,17,10,4,0
$t=2$	0,5,15,8,23,18	5,0,10,3,17,13	15,10,0,7,21,17	8,3,7,0,14,10	22,17,21,14,0,4	18,13,17,10,4,0
$t=3$	0,5,15,8,22,18	"	"	"	"	"

Evoluzione del sistema se al tempo due il costo del collegamento tra D e F diventa 12:

	D_A	D_B	D_C	D_D	D_E	D_F
$t=2$	0,5,15,8,23,18	5,0,10,3,17,13	15,10,0,7,21,17	8,3,7,0,14,10	22,17,21,14,0,4	18,13,17,10,4,0
$t=3$	0,5,15,8,22,18	"	"	8,3,7,0,15,12	"	20,15,19,12,4,0
$t=4$	"	5,0,10,3,18,15	15,10,0,7,22,19	8,3,7,0,15,12	23,18,22,15,0,4	20,15,19,12,4,0
$t=5$	0,5,15,8,23,20	5,0,10,3,18,15	15,10,0,7,22,19	8,3,7,0,15,12	23,18,22,15,0,4	20,15,19,12,4,0

Esercizio 4.8 (Distance Vector, count to infinity)

Si consideri la rete composta da tre router (x,y,e z) mostrata in figura.



Al tempo T, il costo del collegamento tra x e y passa improvvisamente da 4 a 60. Si chiede di eseguire le prime 10 iterazioni dell'algoritmo distance vector eseguite dai router x, y e z assumendo che i router siano sincronizzati e scambino i vettori di distanza contemporaneamente ogni secondo.

Si inoltre assuma che al tempo t i vettori di distanza dei tre router fossero:

- $D_x = \langle x,0 \rangle, \langle y,4 \rangle, \langle z,5 \rangle$
- $D_y = \langle x,4 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$
- $D_z = \langle x,5 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$

	D_x	D_y	D_z
T	$\langle x,0 \rangle, \langle y,4 \rangle, \langle z,5 \rangle$	$\langle x,4 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,5 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+1			
T+2			
T+3			
T+4			
T+5			
T+6			
T+7			
T+8			
T+9			
T+10			

Soluzione

	D_x	D_y	D_z
T	$\langle x,0 \rangle, \langle y,4 \rangle, \langle z,5 \rangle$	$\langle x,4 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,5 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+1	$\langle x,0 \rangle, \langle y,51 \rangle, \langle z,50 \rangle$	$\langle x,6 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,5 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+2	$\langle x,0 \rangle, \langle y,51 \rangle, \langle z,50 \rangle$	$\langle x,6 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,7 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+3	"	$\langle x,8 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,7 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+4	"	$\langle x,8 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,9 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+5	"	$\langle x,10 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,9 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+6	"	$\langle x,10 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,11 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+7	"	$\langle x,12 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,11 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+8	"	$\langle x,12 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,13 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+9	"	$\langle x,14 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,13 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$
T+10	"	$\langle x,14 \rangle, \langle y,0 \rangle, \langle z,1 \rangle$	$\langle x,15 \rangle, \langle y,1 \rangle, \langle z,0 \rangle$