# פתרון תרגיל מספר 2 - פתרון רשתות תקשורת

**שם:** מיכאל גרינבאום, **ת.ז:** 211747639

2021 בינואר 2

# ו. פתרון:

LAN יש במערכת: (א) צ"ל: כמה

### :הוכחה:

@.ש.ל.א.

 $^{\circ}IP$  יקבל לכתובת  $^{\circ}H4$   $^{\circ}DHCP$  יקבל לכתובת (ב)

### הוכחה:

לפי הפרוטוקול של בקשת IP יבקש IP מכל אחד שנמצא איתו באותו ה־ IP אם קונפג אחרת) וה־ לפי הפרוטוקול של בקשת IP יבקש וורך מכל אחד שנמצא איתו לכתובת IP שיענו לו בחזרה עם הצעות יהיו DHCP1, DHCP2 ולכן הוא יקבל 2 הצעות לכתובת

מ.ש.ל.ב.☺

# (ג) פתרון:

### הוכחה:

LAN הבעיה היא ש־ H5 אם יבקש ב־ LAN לי לא לא יקבל הצעה לי DHCP ל לא מחובר ב־ DHCP relaying הפתרון לשיטה זאת היא שלוו הראוטר לקנפג את הראוטר לקנפג את הראוטר של ה־ DHCP בפורט אחר שאליו הראוטר מחובר.

LAN במקרה שלנו, מספיק לקנפג את R2 להעביר את הפרוטוקול בין ה־ LAN של R2 לי

מ.ש.ל.ג.1.©

ii. צ"ל: מה ההודעות שיישלחו?

## הוכחה:

השלבים הם:

- LAN ב־ DHCP discover א'. תחילה H5 שלו ב־
- על unicast ב'. R2 יקבל את ההודעה, ומהקנפוג הוא יודע איפה DHCP מתאים, הוא יישלח לו הודעה ב־ R2 יב'. ב'. DHCP לאם הקנפוג כולל MAC אז אין צורך ב־ ARP אחרת יש צורך). הערה: הוא משנה את ה־ DHCP כדי שה־ DHCP יוכל לענות לו ב־ unicast ולדעת באיזה IP כדי שה־ IP אריך להקצות IP ל- IP
  - unicast ב־ DHCP offer ב' בר הודעה של R2, ויחזיר לו הודעה של DHCP3 ג'י.
- את broadcast את המתאים בי בי את ההודעה בי H5 את החודעה של בי את יקבל את את את בי P3 את החודעה של DHCP offer ההודעה של
  - LAN ב־ DHCP request שלו ב־ R2 שלו ב־ H5 ה'.
- על unicast יקבל את ההודעה, ומהקנפוג הוא יודע איפה DHCP מתאים, הוא יישלח לו הודעה ב־ R2 ו'. אין אין אורך אז אין אורך אז אין אורך הערה: הוא משנה את ה־ DHCP request עחולם (GIADDER) כדי שה־ DHCP יוכל לענות לו ב־ DHCP
  - unicast ב־ DHCP ACK ב־ ב DHCP אכל יקבל את ההודעה של R2 את ההודעה של יקבל את יקבל א

את broadcast המתאים ב' LAN המחדעה ב' HS, וועביר ל' DHCP, וועביר של RS יקבל את ההודעה של RSDHCP ACK ההודעה של

בסוף התהליך, ל־ H2 יהיה את ה־ ip יהיה את את לו.

מ.ש.ל.ג.2.©

## 2LAN-D ב' מה ההודעות שיישלחו ב' מה ההודעות צ"ל:

(יש פחות מ־  $2^8$  ב־ LAN בר את ה־ IP בר את מר U בר להיות U להיות של להיות של הר את הר של הר את של הר להיות אל הריעות של הרישות של הרישות הרישות של (יש פחות מ־ IP  $2^8$  ב־ IP 1 בר את ה־ הקין) של להיות H5 להיות H5 של להיות את ה־ הדי הוע הרי (יש פחות מ־  $2^8$  ב־ LAN בר את ה־ IP בר את מר UAN של להיות UAN להיות של היש נבחר את ה־ UAN של היות אולכן אולכן אוא הייט הייט ולכן אולכן או ip1 ב־ DHCP3 של ויח את נסמן את ה־

נסמן את ה־ IP של DNS ב־ DHCP ב־ DHCP ב־ DHCP ב־ DHCP ב־

ip4 ב־ www.huji.ac.il של ווי בר IP

ip5 ב־ H2 של בLAN בי של הראוטר בי IP בי

,ip6 ב־ DNS של של LAN ב־ IP של וסמן את נסמן

ההודעות שיועברו הן

[	Source MAC address	Dest MAC address	Source IP address	Dest IP address	פרוטוקול וסוג ההודעה	מידע נעשה שימוש
	H2 mac		0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP discover	broadcast
Ì	DHCP3 mac		ip1	255.255.255.255	DHCP offer	broadcast
ĺ	H2 mac		0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP request	broadcast
ĺ	DHCP3 mac		ip1	255.255.255.255	DHCP ACK	broadcast
ĺ	H2 mac		ip3		ARP request	∗broadcas
ĺ	R2 mac in H2 LAN	$H2~\mathrm{mac}$	ip5	ip3	ARP response	unicast
[	H2 mac	R2 mac in H2 LAN	ip3	ip2	DNS request	*unicast
[	R2 mac in DNS LAN		ip6		ARP request	⋆⋆ broadca
	DNS mac	R2  mac in DNS LAN	ip2	ip6	ARP response	unicast
[	R2 mac in DNS LAN	DNS mac	ip3	ip2	DNS request	unicast
[	DNS mac	R2  mac in DNS LAN	ip2	ip3	DNS response	unicast
[	R2 mac in H2 LAN	$H2~\mathrm{mac}$	ip2	ip3	DNS response	unicast
ſ	H2  mac	$R2~\mathrm{mac}$ in H2 LAN	ip3	ip4	TCP/UDP	* * *unica:

<sup>2</sup> שלו וווכל לשלוח לו ונוכל שנקבל את ה־ שנקבל את הי שנקבל את הי וווכל לשלוח לו הודעות של בשכבה ל בבקשה שנשלח בשכבה י ip.DHCP ACK בהמשך. את ה־ip של הראוטר קיבלנו מה־

.response ב־ DNS השגנו בעזרת ה־ www.huji.ac.il בי \*\*\*

מ.ש.ל.ד.☺

# 2. פתרון:

ו בפרט? ו addressing hierarchical בפרטIP מה המטרה בשיטת

המטרה בשיטה זאת, היא ניתוב באופן יעיל על ידי קיבוץ דברים שהם דומים להיות אחד ליד השני במיפויים. ובכך, כשיחפשו משהו דומה, יצטרכו לעלות פחות בהיררכיה כדי למצוא את האיבר השני ובכך לנתב בצורה יעילה יחסית.

@.ש.ל.א.©

MAC ביינו שני הבדלים בין כתובות IP לכתובות שני שני שני ציינו שני הבדלים בין כתובות

# הוכחה:

:ההבדלים הם

הוא לא קבוע רשי IP היא קבועה היא MAC .i

<sup>2</sup> בשכבה לשלוח לו ונוכל שלוח שנשלח כדי שנקבל את כדי מנקבל כדי שנקבל של היודעות של היודעות בשכבה אל היודעות בשכבה אל היודעות בשכבה ב בהמשך.

לא MAC מכילה מיקום גיאוגרפי ובנויה באופן היררכי כש־ IP לא .ii

מ.ש.ל.ב.©

## (ג) פתרון:

DNS ארת שכל שרת הרשומות את ואת לשרתי הפניות לשרתי כל הפניות לפי הסדר את .i

, root ל- חווא פונה לי הלוקאלי והוא פונה לי תחילה אנחנו פונים לי

ה־root מחזיר את הרשומות

(com, NS, ns.com), (ns.com, A, ip1)

נלך ל־ip1 עם בקשת DNS והוא יחזיר לנו את הרשומות

(bestvid.com, NS, ns1.bestvid.com), (ns1.bestvid.com, A, ip2)

נלך ל־ לנו את הרשומות DNS והוא יחזיר לנו את נלך ל־ נלך ל

(europe.bestvid.com, NS, ns1.europe.bestvid.com), (ns1.europe.bestvid.com, A, ip3)

נלך ל־ip3 עם בקשת DNS והוא יחזיר לנו את הרשומות

(www.bestvid.com, NS, ns1.www.europe.bestvid.com), (ns1.www.europe.bestvid.com, A, ip4)

(www.bestvid.com, A, ip5) נלך לי ip4 עם בקשת DNS והוא יחזיר לנו את הרשומה שרצינו ip שלו חיפשנו, כלומר הוא יפנה אותנו לשרת הכי פחות עמוס ושאת ה־ ip שלו חיפשנו, ולכן מה שיוחזר למשתמש זה ip5.

מ.ש.ל.א.©

TTL מי קובע את ה־.ii

# הוכחה:

בכל תשובה של שרת DNS, השרת העונה מצמיד TTL שאומר כמה זמן אנחנו אמורים לשמור אותו וזה כמות בכל תשובה של שרת DNS ששמע את התשובה ישמור אותה אצלו.

מ.ש.ל.ב.1.©

TTL לכל להיות לכל אייך להיות לכל .iii

### הוכחה:

- א'. את ה־root נשמור ליום כי אנחנו תמיד נשתמש בזה.
- בזה. נשמור ליום כי אנחנו תמיד נשתמש בcom ב'. אז ל־
- הרבה שלא קורה יבשות לדקה כי הוא לדקה נשמור לדקה ns1.bestvid.com ג'. את
- ד'. את ns1.europe.bestvid.com נשמור ליום כי אנחנו אולי נשתמש הרבה בשרתים לראות את הסרטים שלנו ולא נרצה כל פעם לעלות הרבה בהיררכיה.
  - ה'. את השרת עצמו נשמור לדקה כדי כל פעם לעבוד עם השרת הכי פחות עמוס.

מ.ש.ל.ב.2.©

# 3. פתרון:

distance vector א) צ"ל: הריצו)

### הוכחה:

במהלך השאלה נעבוד כמו בתרגול ששמרנו טבלה לכל קודקוד, ועדכנו בכל עמודה ביחס לערך הכי קטן בעמודה + גודל הצלע בינהם.

במהלך השאלה אצבע בכחול ערכים שהתעדכנו ובאדום ערכים שמובילים לשינוי בוקטור המרחקים הכי קצר.

מהנתון שהמערכת הייתה בשיווי משקל לפני שהמשקל השתנה,

נסיק כי הטבלאות ששמורות בהתחלה לאחר התכנסות הן:

Node a	a	b	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	b	c	d	Node d	a	b	c	d
2110404	0	2	5	6	b	2	0	3	4	21040	<del> </del>	9	0	1	d	6	4	1	0
1.	0	0	9	4	a	0	2	5	6	<i>C</i>	9	0	0	1	a	0	2	5	6
0	2 C	0	3	4	c	5	3	0	1	0	2 C	4	3	4	b	2	0	3	4
a	О	4	1	U	d	6	4	1	0	a	О	4	1	U	c	5	3	0	1

יקרה השינוי הבא: d וד d יקרה השינוי הבא: d ולכן בטבלאות של

Node b	a	b	c	d	Node d	a	b	c	d
b	2	0	2	1	d	3	1	1	0
a	0	2	5	6	a	0	2	5	6
c	5	3	0	1	b	2	0	3	4
d	6	4	1	0	c	5	3	0	1

לכן נקבל עדכון ובהרצאה בסוף עדכון נקבל נוסחת העדכון לפי נוסחת המעודכנים המעודכנים המעודכנים לכן לפי נוסחת לכן בזמן  $t_1$ 

Node a	a	h	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	b	$\overline{c}$	d	Node d	a	b	c	d
	0	2	1	2	b	2	0	2	1	110dc c	4	)	0	<u>u</u>	d	3	1	1	0
$\frac{a}{b}$	2	0	2	1	a	0	2	5	6	<i>b</i>	2	0	2	1	a	0	2	5	6
<i>d</i>	2	1	1	0	c	5	3	0	1	d	2	1	1	0	b	2	0	2	1
		1	1	U	d	3	1	1	0	u	3	1	1	U	c	5	3	0	1

יכן נקבל עדכון עדכון בחרגול ובהרצאה עדכון לפי נוסחת לפי נוסחת העדכון המעודכנים המעודכנים המעודכנים לכן לפי נוסחת לכן דישלחו הוקטורים המעודכנים ולכן לפי נוסחת העדכון שראינו בתרגול ובהרצאה המעודכנים ולכן לפי נוסחת העדכון שראינו בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון לפי נוסחת העדכון ביישלחו הוקטורים המעודכנים ולכן לפי נוסחת העדכון שראינו בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון לפי ביישור בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון לפי ביישור בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון לפי ביישור בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון ביישור בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון ביישור בתרגול ובהרצאה ביישור בתרגול ובהרצאה ביישור בתרגול ביישור בתרגול

Node a	a	b	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	b	c	d	Node d	a	b	c	d
	0	2	1	2	b	2	0	2	1	110000	1	<u> </u>	0	1	d	3	1	1	0
<u>a</u>	0	0	9	J	a	0	2	4	3	<i>C</i>	4	0	0	1	a	0	2	4	3
0	2	1	1	1	c	4	2	0	1	d d	2	1	1	1	b	2	0	2	1
	ა	1	1	U	d	3	1	1	0	$\overline{a}$	0	1	1	U	c	4	2	0	1

נשים לב שהמערכת כבר התכנסה תוך 2 איטרציות בלבד! (שום דבר לא ישתנה יותר אם המשקולות לא ישתנו), כמו שראינו בתרגול ובהרצאה, שינוי טוב יהיה עם התכנסות מהירה.

, .	Node a	a	b	c	d	] , ]	Node a	a	b	c	d	] <sub>+ -</sub> .	Node a	a	b	c	d	Aוקטורי המרחקים של ו
$\iota_0$ :	a	0	2	5	6	$]'^{\iota_1}$ ]	a	0	2	4	3	$[,\iota_2]$	a	0	2	4	3	וקטוויי וומו ווקים של A וום
4	Node c	a	b	c	d		Node c	a	b	c	d	] ,	Node c	a	b	c	d	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ וקטורי המרחקים של $C$ הם
$t_0$	c	5	3	0	1	$\left]^{,\iota_1}\right]$	c	4	2	0	1	$]^{,\iota_2}$	c	4	2	0	1	וקטוו לוזמו ווקלם של כדום [
									(i) N	וט ל ג	n							

# distance vector ב"ל: הריצו)

### הוכחה

במהלך השאלה נעבוד כמו בתרגול ששמרנו טבלה לכל קודקוד, ועדכנו בכל עמודה ביחס לערך הכי קטן בעמודה + גודל הצלע בינהם.

במהלך השאלה אצבע בכחול ערכים שהתעדכנו ובאדום ערכים שמובילים לשינוי בוקטור המרחקים הכי קצר. מהנתון שהמערכת הייתה בשיווי משקל לפני שהמשקל השתנה, נסיק כי הטבלאות ששמורות בהתחלה לאחר התכנסות הן:

Node a	a	b	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	b	c	d	Node d	a	b	c	d
2.0000	0	2	5	6	b	2	0	3	4	210000	_ ~	9	0	1	d	6	4	1	0
1.	0	0	9	4	a	0	2	5	6	L C	0	0	2	1	a	0	2	5	6
0	2 C	4	3	4	c	5	3	0	1	0	2 C	4	J	4	b	2	0	3	4
	О	4	1	U	d	6	4	1	0	a	О	4	1	U	c	5	3	0	1

יקרה השינוי הבא: cין bשל בטבלאות ולכן 1000 למשקל השתנתה BCייקרה בין עתה אבלע ולכן ולכן

Node b	a	b	c	d	Node c		h		d
h	2	n	7	8	Nodec	a	U	c	u
0		0	'	0	c	7	5	0	1
a	0	2	5	6	h	2	0	2	1
C	5	3	0	1	0		U	ა	4
1	C	4	1	-	d	6	4	1	0
$\mid d$	6	4	1	U					

לכן נקבל ביטון עדכון בחרצאה בחוף עדכון לפי נוסחת העדכון לפי נוסחת המעודכנים המעודכנים המעודכנים לכן לפי נוסחת העדכון לפי נוסחת לכן לפי נוסחת לכן ביאמן  $t_1$ 

Node a	a	b	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	<i>b</i>	c	d	Node d	a	b	c	d
710404	0	2	0		b	2	0	7	8	110000	7	5	0	1	d	8	6	1	0
<u>u</u>	0		7	10	a	0	2	5	6	L C	2	0	0	1	a	0	2	5	6
0	2	1	1	8	c	7	5	0	1	0	2	1	1	8	b	2	0	7	8
a	3	1	1	U	d	3	1	1	0	$\frac{a}{a}$	3	1	1	U	c	7	5	0	1

לכן נקבל בזמן בחרגול ובהרצאה בסוף עדכון לפי נוסחת העדכון לפי נוסחת המעודכנים המעודכנים המעודכנים לכן לפי נוסחת העדכון לפי נ

Node a	a	b	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	b	c	d	Node d	a	b	c	d
2110404	0	2	0	10	b	2	0	11	10	21040	0		0	1	d	8	6	1	0
	0		9	10	a	0	2	9	10	c	9	/	0	1	a	0	2	9	10
Ь	2	0	7	8	C	7	5	0	1	Ь	2	0	7	8	h	2	0	7	8
$\mid d$	8	6	1	0	d	•	4	1	0	d	8	6	1	0		7	5		1
					a	0	0	1	U						C	1	0	U	1

יכ לכן בזמן  $t_3$  יישלחו הוקטורים המעודכנים ולכן לפי נוסחת העדכון שראינו בתרגול ובהרצאה בסוף עדכון  $t_3$  נקבל כי

Node a	а	h	C		Node b	a	b	c	d	Node c	a	h	C	d	Node d	a	b	c	d
110dc a	u	0	_ C		b	2	0	11	10	110000	u	U	C	u	d	10	8	1	0
a	0	2	11	10	~	0	2	0	10	c	9	7	0	1	~	0	2	0	10
h	2	0	11	10	a	U		9	10	h	2	0	11	10	a	U		9	10
1	-	C		10	c	9	7	0	1	1	-	C	1	-	b	2	0	11	10
a	8	б	1	U	d	R	6	1	n	a	8	ρ	1	U	C	0	7	Ω	1
					u	O	U	_ 1							C	7	′	U	1

. נשים לב שהמערכת עוד לא התכנסה אבל היא כבר די קרובה, תוך עוד איטרציה או 2 כולם יגיעו למרחקים האופטימליים.

.′′′	וואופטינול	ווקינ	עבוו	יגיעו	וכט	ועעו	איטוציווא	עוו	ונון	,1141	י קו	1 11	ו אבל וויא ל	נכנטו	111 6		עוו	בו נ	יו זבועו	עב פ	נשים		
+. •	Node c	a	b	c	d	, .	Node c	a	b	c	d	] <sub>+ .</sub> [	Node c	a	b	c	d	]_	a C 5	יטו דיי	ארחר	וקטורי הנ	
$t_1$ :	c	7	5	0	1	$[t_2:$	c	9	7	0	1	$t_3:$	c	9	7	0	1	] [		/ U U/	JII 1/2	וקטוויוונ	
														<i>+</i> .	$\mathbb{N}$	ode	e c	(	$a \mid b$	c	d		
														$.t_0$		c		Ę	5   3	0	1		
+. •	Node d	a	b	c	d	] , .	Node d	a	b	c	d	],	Node d	a	b	c		d	na T	י יטל ו	חבינר	קטורי המר	,,
$t_1$ :	d	8	6	1	0	$[t_2:$	d	8	6	1	0	$\begin{bmatrix} , t_3 \end{bmatrix}$	d	10	8	1		0	טוו ב	70 .	ווקינ	קטוו י וובמו	,
														+	N	$od\epsilon$	d	(	$a \mid b$	c	d		
														$t_0$ :		d		1	3 4	1	0		

מ.ש.ל.ב.☺

# poisoned reverse עם distance vector ג' צ"ל: הריצו

### הוכחה

הרעיון ב־ poisoned reverse הוא למנוע חלק מהמצבים שהמסלול המינימלי עובר בקודקוד עצמו מעדכון קודם (שהיה tojisoned reverse הוכחי בעקבות עדכון שלילי של צלע) שמוביל להתכנסות איטית של האלגוריתם.

הפתרון הוא שבהינתן שהמסלול האופטימלי הוא  $Z\to Y\to Z$  אז X יגיד ל־ Y שמרחקו מ־ Z אינסוף ובכך יימנע מכך שכאשר תתעדכן צלע XY ש־ Y ימצא את המסלול האופטימלי בעזרת הערך של Z שמשתמש ב־ Z ימצא את המסלול האופטימלי בעזרת הערך של Z

במהלך השאלה נעבוד כמו בתרגול ששמרנו טבלה לכל קודקוד, ועדכנו בכל עמודה ביחס לערך הכי קטן בעמודה + גודל הצלע בינהם.

במהלך השאלה אצבע בכחול ערכים שהתעדכנו ובאדום ערכים שמובילים לשינוי בוקטור המרחקים הכי קצר. מהנתון שהמערכת הייתה בשיווי משקל לפני שהמשקל השתנה,

נסיק כי הטבלאות ששמורות בהתחלה לאחר התכנסות ללא poisoned reverse הן:

Node a	a	h	c	d	Node b	a	b	c	d	Node c	a	h	c	d	Node d	a	b	c	d
	0	2	5	6	b	2	0	3	4	2	5	3	0	1	d	6	4	1	0
$\frac{a}{b}$	2	0	9	4	a	0	2	5	6	С Ь	9	0	9	1	a	0	2	5	6
<i>0</i>	6	4	ე 1	0	c	5	3	0	1	d	6	4	ე 1	0	b	2	0	3	4
u	U	4	1	U	d	6	4	1	0	a	U	4	1	U	c	5	3	0	1

נסיק כי הטבלאות ששמורות בהתחלה לאחר התכנסות עם poisoned reverse נסיק

Node a	$\Box a$	h	c	<i>d</i>	Node b	a	b	c	d	Node c	a	h	C	d	Node d	a	b	c	$\mid d \mid$
Trode a		0	C		b	2	0	3	4	110000	- u	2		1	d	6	4	1	0
$\frac{a}{b}$	9	0	9	0	a	0	2	$\infty$	$\infty$	$\frac{c}{b}$	9	0	9	1	a	0	2	5	6
<i>d</i>	6	4	ე 1	0	c	$\infty$	3	0	1	d	20	20	1	$\infty$	b	2	0	3	4
	0	4	1	10	d	6	4	1	0	u	$\infty$	$\infty$	1	U	c	5	3	0	1

יקרה השינוי הבא: bשל של ולכן בטבלאות ולכן למשקל השתנתה BCוי בין בין עתה אבלע ולכן ולכן ולכן ולכן השתנתה אונוי הבא:

Node b		b	c	d	<u> </u>	I	1		7
	1 2	10	11	10	Node c	a	b	c	$\mid d \mid$
0		0	11	10	- c	1002	1000	0	1
a	0	2	$\infty$	$\infty$	h	2	0	3	$\sim$
c	$\infty$	3	0	1	,		U	0	0
d	6	1	1	0	d	$\infty$	$\infty$	1	0
$u$	0	4		U U					

					Node b	а	h	C	d						Node d	a	h	C	d
Node a	a	b	c	d	110 de b	и	0	C	a	Node c	a	h	c	d	110de d	u	U	C	
Trode a				_ α	h	2	0	11	10	110400				- a	d	10	10	1	0
a	0	2	11	10	U		0	11	10	c	1002	1000	0	1	u	10	10	-	
-					a	0	1  2	$\infty$	$\infty$		1002	1000			a	0	2	5	6
b	2	0	11	10						b	2	0	11	10	•		_	_	1.0
1	-	4	_		c	$\infty$	1000	0	1	1			-1	_	b	2	0	$\infty$	10
a	6	4	1	0	_1	c	4	1	0	a	$\infty$	$\infty$	I	U	_	1000	1000	0	1
					a	О	4	1	U						c	1002	1000	U	1

יס נקבל עדכון עדכון בחרצאה בחול ובהרצאה העדכון לפי נוסחת ולכן לפי לפי מעודכנים המעודכנים יישלחו יישלחו לכן בימן לכן לפי נוסחת העדכון לפי לפי נוסחת העדכון לפי

Node a	a	h	C		Node b	a	b	c	d	Node c	a	h	C	d	Node d	a	b	c	d
110de a	0	0	11	10	b	2	0	11	10	11000	11	11		1	d	10	10	1	0
a	0	2	11	10	a	0	2	11	10	c	11	11	0	1	a.	0	2	$\infty$	10
b	2	0	11	10	<i>a</i>	~	1000	0	1	b	2	0	11	10	h	2	0		10
d	10	10	1	0	c	$\infty$	1000	0	1	d	10	10	1	0	U	4	0	$\infty$	10
					d	10	10	1	0						c	1002	1000	0	1

יכן נקבל עדכון עדכון בחרצאה בחוף עדכון לפי נוסחת העדכון לפי נוסחת המעודכנים המעודכנים המעודכנים לכן לפי נוסחת לכן ביומן לכן ביומן לכן נוסחת העדכון לפי נוסחת

Node a	a	h	C	1	Node b	a	b	c	d	Node c	<i>a</i>	h		4	Node d	a	b	c	d
Noue a	a	U	C		h	2	n	11	10	Node c	u	U	C	u	d	10	10	1	0
a	0	2	11	10	U		0	11	10	c	11	11	0	1	u	10	10	1	
a	U		11	10	а	0	2	11	10	C	11	11	U		а	0	2	$\infty$	10
h	2	0	11	10	u			11	10	h	2	0	11	10	u				
U		0	TT	10	C	11	11	Ω	1	U		U	11	10	h	2	0	$\infty$	10
d	10	10	1	0	C	11	11	U	1	d	10	10	1	0	U		U	$\sim$	10
a	10	10	1	0	d	10	10	1	0	a	10	10		U	c	$\sim$	$\infty$	0	1
					$\alpha$	10	10	1	0						C		$\sim$	0	

. נשים לב שהמערכת התכנסה תוך 3 איטרציות כאשר קודם המערכת הייתה צריכה עוד כ־ 3 איטרציות כדי להתכנס.

+	Node c	a	b	c	d	<i>t.</i> .	Node c	a	b	c	d	] , .	Node	$c \mid a$	b	c	d	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ וקטורי המרחקים של
$,\iota_1$ .	c	1002	1000	0	1	$\iota_2$ :	c	11	11	0	1	$[,\iota_3:$	c	11	11	0	1	וקטוו יוונוו ווקים של סוום
														Node	a	b	c	
													$\iota_0$	C	5	3		1

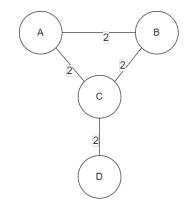
+. •	Node d	a	b	c	d	] <sub>+ -</sub> [	Node d	a	b	c	d	<sub>+ a</sub>	Node d	a	b	c	d	<b>D</b> 2	D וקטורי המרחקים של
$,\iota_1$ .	d	10	10	1	0	$  \cdot  ^{\iota_2} :$	d	10	10	1	0	$ ^{\iota_3}$ .	d	10	10	1	0	,,,,	וקטוויוונווווקים של ב
														No	de d	a	b	c	d
													$t_0$		$\overline{d}$	6	4	1	0

מ.ש.ל.ג.ⓒ

# count to infinity לא תמיד מונע poisoned reverse די צ"ל: דוגמא ש־

### הוכחה:

נסתכל על הגרף הבא:



m נשנה את הצלע CD להיות

	a	4		a	2		a	2		b	2	
<b>,</b> D :	b	4	,C:	b	2	,B:	c	2	, $A$ :	c	2	וקטורי המרחקים בהתחלה יהיו
	c	2	]	c	2		d	4		d	4	

D במרחק מ־ מינסוף במרחק מ־ נראה שיש ספירה עד אינסוף

A ו־, d(B,D)+2 הוא יבחר,  $\min_{i\in\{B,C\}}d\left(i,D\right)+2$  בגלל, איצטרך לבחור בין  $d\left(B,D\right)+2$  השינוי, איצטרך לבחור בין  $d\left(A,D\right)=4+2=6$  יעדכן יעדכן

הגבלת הגבלת את את את יבחר את והוא והוא הכלליות הכל בין בין באיטר בין את את והוא אחר והוא והוא והוא באיטרציה בין באיטר בין בין בין בין בין בין את והוא יבחר את B או את את בחר את איבחר את את הנימוק דומה).

0,6+2=8 הוא מ־ מי שלו שהמרחקים שלו המרחקים ויעדכן ויעדכן

עתה באיטרציה הבאה C לא עובר דרך  $\min_{i\in\{A,B,C\}}d\left(i,D\right)+2$  בין לבחור בין איטרציה הבאה שלטרציה באיטרציה בין לבחור בין לבחור.

A עתה נוכל לחזור על הטענה כאשר במקום A יש את B ושב־ 2 איטרציות המרחק המינימלי הואר ב־ 1 ולכן m+2 אז אם נסמן ב־ 1 את מספר האיטרציות נקבל כי 1 לבחירתנו, קיבלנו שזה בדיוק בעית הספירה לאינסוף). נקבל שצריך לפחות  $\frac{m-4}{2}$  איטרציות (ומהיות ו־ 1 לבחירתנו, קיבלנו שזה בדיוק בעית הספירה לאינסוף).

מ.ש.ל.ד.☺

# 4. פתרון:

# $MAX-MCF_{OPT}$ 'א אופטימלי פתרון פתרון מצאו צ"ל: מצאו אופטימלי

### הוכחה:

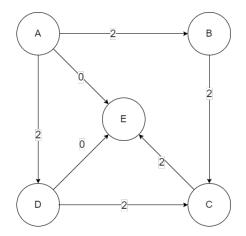
נשים לב שלכל אחד מה־ מתקיים שבר הוא בור או מקור מתקיים שבר הוא בור מתקיים שבר מתקיים שבר מתקיים שבר מקור מקור מקור מתקיים שבר מתקי

 $2 \cdot 3 = 6$  מחוברת ל־ 3 צלעות וקיבול כל צלע היא 2 ולכן היא יכולה להזרים לכל היותר מים לב שים לב

 $MAX - MCF_{OPT} \le 6$  כלומר

,6 עתה נראה שיש זרימה בגודל

נסתכל על הזרימה הבאה:



6 נשים לב שזאת זרימה חוקית ונשים לב של־ C מגיע E זרימה מ־ A ול־ E מגיע מגיע מגיע C זרימה היא אכן מ ונשים לב שהזרימה חוקית כי הזרמנו לכל היותר 2 בכל צלע.

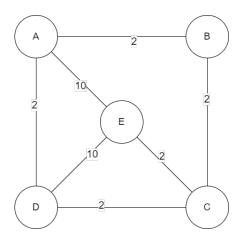
 $\boxed{MAX-MCF_{OPT}=6}$  כלומר הראנו כי 6 $MAX-MCF_{OPT}\geq 6$ , ולכן נקבל כי

מ.ש.ל.א.©

# (ב) צ"ל: מצאו משקלים שנותנים את האופטימלי

### הוכחה:

נסתכל על המשקולות הבאים:



והוא AD o DC ו AB o BC הם לב שאלה מים הקצרים לב שהמסלולים ונשים לב שהמסלולים ונשים לב המסלולים הקצרים מי יחלק את הזרימה בינהם ויזרים בהם 2 כל אחד, כלומר תעבור 4 זרימה מ־ A ל־ C (ולאחר מכן יש רק מסלול הכי קצר 1 ולכן לא תתפצל יותר).

ל־ C הם אתעבור מ־ C הם הארימה הארימה במסלול הא יזרים ולכן הוא ההרימה העבור מ־ C הם ביל מרים לב

 $A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{c}+A_{$ כנדרש , $MAX - MCF_{OPT} = MAX - MCF_{OSPF \setminus ECMP}$  כלומר הראנו כי

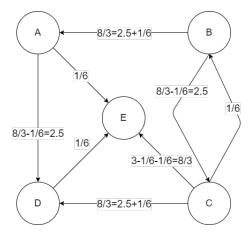
מ.ש.ל.ב.☺

# $MINConf-MCF_{OPT}$ את צ"ל: מצאו את

# הוכחה:

, $MINConf-MCF_{OPT} \geq rac{4}{3}$  נראה ש־ $rac{2}{3}$  אוררים בשלילה ש־ $rac{8}{3}$  אוררים בשלילה ש־ $rac{8}{3}$  גניח בשלילה ש־ $rac{8}{3}$  אוררים בשלילה של בכל צלע הוא לכל היותר  $rac{8}{3}$ , ולאחר מכן ב־ $rac{16}{3}$  לכן השטף שיוצא מ־ $rac{8}{3}$  ומחר מכן ב־ $rac{16}{3}$  ולאחר מכן ב־ $rac{16}{3}$ 

יוכל לצאת רק  $\frac{8}{3}$  כי צלע אחת כבר שומשה לזרימה מ־ B, אחת משומשת להמשכת הזרימה של B). . כלומר השטף שיוצא מ־ B ומ־ C ביחד קטן מ־ B אבל אמור לצאת אור מ־ B ומ־ C ביחד, סתירה.  $.MINConf-MCF_{OPT} \geq rac{4}{3}$  כלומר נסתכל על הזרימה הבאה:



נשים לב שזאת אכן זרימה חוקית המקיימת את התנאים וגם נשים לב שהעומס הכי גדול הוא ב־BA (לדוגמא, כנל על ,  $\frac{\frac{8}{3}}{2}=\frac{4}{3}$  והוא (BC,AD,CD,DE כלומר העומס הכי גדול בזרימה שהצענו היא  $\frac{4}{3}$ , ונסמנה ב־

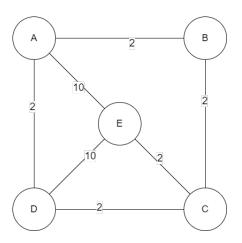
$$MINConf - MCF_{OPT} = \min_{f} \max_{e \in E} \frac{f_e}{c_e} \leq \max_{e \in E} \frac{f_e^*}{c_e} = \frac{4}{3}$$

 $.MINConf - MCF_{OPT} = \frac{4}{3}$  ולכן

מ.ש.ל.ג.©

 $MINConf - MCF_{OSPF \setminus ECMP} = 1.5$  ד) צ"ל: הראו משקולות כך ש־

נסתכל על המשקולות הבאים:



והוא BC o CD ו- והא BA o AD הם D ל־ ל- מים מצרים לב שהמסלולים ונשים לב שאלה משקולות חוקיים ונשים לב שהמסלולים הקצרים מי יחלק את הזרימה בינהם ויזרים בהם 2.5 כל אחד מהמסלולים, (ולאחר מכן יש רק מסלול הכי קצר 1 ולכן לא תתפצל

CE נשים לב שהמסלולים הקצרים מ־ C ל־ C הם רק CE ולכן הוא יזרים C מ־ בכל בצלע נשים המקסימלי ושם העומס העומס אובר בכל עובר CE עובר בצלע סלומר מהבאים אחת אחת היא אחת בכל צלע היא עובר לב כנדרש , $MINConf-MCF_{OSPF\setminus ECMP}=\max_{e\in E}rac{f_e}{c_e}=rac{1}{2}\max_{e\in E}f_e=rac{3}{2}=1.5$  ולכן

# מ.ש.ל.ד.☺

 $MINConf-MCF_{OSPF\setminus ECMP}=MINConf-MCF_{OPT}$  (ה) ע"ל: אין משקולות כך ש־

f נניח בשלילה שקיימת זרימה כזאת ונסמנה

D ל־ B את מספר הצלעות בהן יש זרימה מ־ B ל־

C לר C את מספר הצלעות בהן יש זרימה מיm לר m

BC נסמן ב־ D ל־ B לי אינדיקטור של האם יש זרימה מ־ אינדיקטור אינדיקטור ו

נסמן ב־ BC אינדיקטור של האם יש זרימה מ־ C ל־ C דרך הצלע  $1_{CE}$  נסמן בי  $\frac{5}{n}\cdot 1_{BD}+\frac{3}{m}\cdot 1_{CE}$  היא BC נשים לב שהזרימה שתעבור ב־ BC הוא  $\frac{5}{n}\cdot 1_{BD}+\frac{3}{m}\cdot 1_{CE}$  נשים לב שהמספר  $\frac{5}{n}\cdot 1_{BD}+\frac{3}{m}\cdot 1_{CE}$  הוא תמיד מספר שלם או מספר שלם חלקי BC נשים לב שאותו הדבר עבור כל שטף התחלתי ולא רק עבור הצלע BC

נשים לב שלאחר הפיצול הראשון, תמיד יהיה מסלול קצר 1 או 2 בכל קודקוד ולכן הזרימה תשאר שלמה או תתחלק ב־

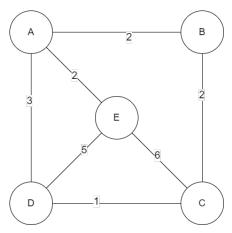
 $m \in \mathbb{N} \cup \{0\}$  ור  $n \in \mathbb{N}$  כאשר הזרימה בכל צלע תהיה מהצורה ולכן הזרימה בכל

 $\frac{8}{3}$  אדן מההנחה מתקיים שזה m אך  $m\in\mathbb{N}\cup\{0\}$  וי  $m\in\mathbb{N}\cup\{0\}$  וי באחת מהצורות הבאות: מתקיים שזה m אדן מההנחה מתקיים שזה m שאינו מהצורה הזאת, סתירה.

# מ.ש.ל.ה.©

עם חלוקה  $MINConf - MCF_{OSPF \setminus ECMP} = MINConf - MCF_{OPT}$  עם חלוקה עו צ"ל: יש משקולות כך ש

נסתכל על המשקולות הבאים:



1נשים לב שהמסלולים הקצרים בין 1 ל־ 1 הם 1 ל־ 1 הם 1 אר ו־ 1 שם החלוקה תהיה כרגיל ל־ 1 נורים 1 ל־ 1 ל־ 1 ל־ 1 ל־ 1 הם 1 ל־ 1 ל־ 1 הם 1 ל־ 1 לـ 1

נשים לב שהפיצול יקרה רק בהתחלה של הזרימה, כי בשאר המקומות יש רק מסלול קצר אחד ולכן נקבל שהזרימה היא ,BC :  $\frac{1}{6}$ , CB :  $\frac{8}{3}$  –  $\frac{1}{6}$ , BA :  $\frac{8}{3}$  , AD :  $\frac{8}{3}$  –  $\frac{1}{6}$ , CD :  $\frac{8}{3}$ , CE :  $\frac{8}{3}$ , DE :  $\frac{1}{6}$ , AE :  $\frac{1}{6}$  נשים לב שקיבלנו בדיוק את הזרימה שתוארה בסעיף ג' ולכן

$$MINConf - MCF_{OSPF \setminus ECMP} = \frac{4}{3} = MINConf - MCF_{OPT}$$

### @.ש.ל.ו. ©

### (ז) צ"ל: הבעיה החמורה בהצעה של המנהל

# :מחסומ

תחילה נשים לב לבעיה אצלנו בגרף ואז נכלילה.

.CE,CD o DE הארימה שמתחילה מ־C מחפשת מסלולים קצרים (לפי ההגדרה החדשה) ותמצא את

DE,DA o הם E דרכו דרכו החדשה) היא המסלולים הקצרים (לפי המסלולים בינהם, נסתכל על החלבהם, ולחבר החדשה) היא AE,DC o CE

כלומר חלק מהמידע יישלח חזרה ל־ C והתהליך יחזור על עצמו אינסוף פעמים השיקולים. כלומר חלק מהמידע אף פעם לא יגיע ל־ E לי גיע אף פעם לא יגיע כלומר חלק מהמידע אף פעם לא יגיע ל־ בי הוא יועבר מי

הדבר קורה כשיש משולש בין קודקוד שמעביר את המידע, קודקוד המטרה וקודקוד אחר בגרף (בדיוק מאותם השיקולים). ולכן מהיות ואנחנו לא יודעים שאין משולש כזה, איננו יכולים להריץ את הפרוטוקול של המנהל בידיעה שנקבל את כל המידע.

מ.ש.ל.ז.☺