LAB 2

מספר זוג:

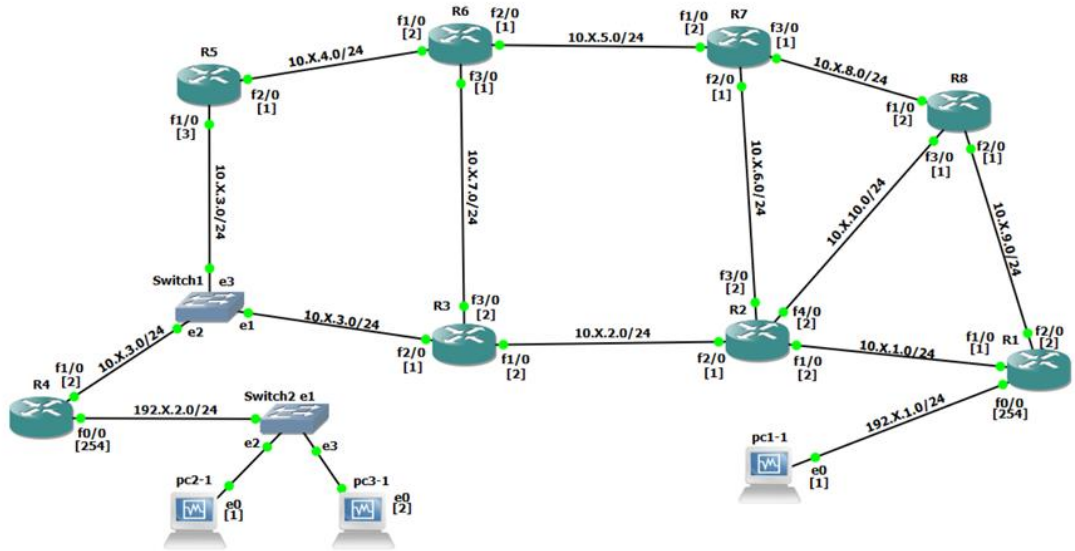
12

מגישים:

שיר משה 318492667

עידו בן בעש"ט 316415843

1. Configuring MPLS



1.2 נגדיר את הראוטרים לעבוד ב OSPF

1.3 נקנפג את המחשבים לפי הטופולוגיה

1.4 נשלח PING לאמת שהכל תקין

1.5 נריץ את הפקודה:

R4#traceroute 10.12.9.2

```
R4#traceroute 10.12.9.2

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.12.9.2

  1 10.12.3.1 4 msec 28 msec 20 msec
  2 10.12.2.1 32 msec 52 msec 32 msec
  3 10.12.10.1 44 msec 64 msec 52 msec
  4 10.12.9.2 60 msec 32 msec 56 msec
R4#
```

1.6 נפעיל wireshark ב interface 1/0 ברואטר 3R

1.7 בכל ראוטר נגדיר עבודה עם MPLS ע"י הפקודות הבאות:

R1#configure terminal
R1(config)#mpls ip
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#mpls ldp autoconfig
R1(config-router)#end

1.8 נעצור את הwireshark לאחר שנראה הודעות LDP

1.9 בראוטר 4R נריץ את הפקודות הבאות:

traceroute 10.12.9.2

```
R4#traceroute 10.12.9.2

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.12.9.2

  1 10.12.3.1 [MPLS: Label 22 Exp 0] 40 msec 40 msec 64 msec
  2 10.12.2.1 [MPLS: Label 21 Exp 0] 48 msec 52 msec 44 msec
  3 10.12.10.1 52 msec 56 msec 72 msec
  4 10.12.9.2 92 msec 56 msec 68 msec
```

show mpls forwarding-table

```
R4#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing    Prefix            Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id      switched   interface
16     16          10.12.6.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
17     Pop tag     10.12.7.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
18     Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
19     18          10.12.5.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
       18          10.12.5.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
20     Pop tag     10.12.2.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
21     19          10.12.1.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
22     20          10.12.10.0/24     0          Fa1/0      10.12.3.1
23     22          10.12.8.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
       21          10.12.8.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
24     22          10.12.9.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
25     23          192.12.1.0/24     0          Fa1/0      10.12.3.1
R4#show ip route
```

show ip route

```
R4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     10.0.0.0/24 is subnetted, 10 subnets
O       10.12.6.0 [110/3] via 10.12.3.1, 00:40:24, FastEthernet1/0
O       10.12.7.0 [110/2] via 10.12.3.1, 00:40:24, FastEthernet1/0
O       10.12.4.0 [110/2] via 10.12.3.3, 00:39:04, FastEthernet1/0
O       10.12.5.0 [110/3] via 10.12.3.3, 00:37:55, FastEthernet1/0
                  [110/3] via 10.12.3.1, 00:38:05, FastEthernet1/0
O       10.12.2.0 [110/2] via 10.12.3.1, 00:40:24, FastEthernet1/0
C       10.12.3.0 is directly connected, FastEthernet1/0
O       10.12.1.0 [110/3] via 10.12.3.1, 00:40:25, FastEthernet1/0
O       10.12.10.0 [110/3] via 10.12.3.1, 00:40:25, FastEthernet1/0
O       10.12.8.0 [110/4] via 10.12.3.3, 00:36:36, FastEthernet1/0
                  [110/4] via 10.12.3.1, 00:36:36, FastEthernet1/0
O       10.12.9.0 [110/4] via 10.12.3.1, 00:40:25, FastEthernet1/0
O    192.12.1.0/24 [110/13] via 10.12.3.1, 00:40:30, FastEthernet1/0
C    192.12.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R4#
```

Report

1.10

configure terminal	
mpls ip	מאפשר לראוטר להעביר הודעות IP עם MPLS
router ospf 1	מגדירים את תהליך OSPF עם ID 1
mpls ldp autoconfig	מאפשר הגדרה אוטומטית של לייבלים לכל מי שבאזור ה OSPF
end	

1.11

1. הודעת (discovery) hello לשכנים. הן מתקבלות בכל הפורטים שעובדים עם LDP. הודעה זו נשלחת בצורה מחזורית.
ההודעה נשלחת ב MULTICAST UDP ונכללים בה כתובות IP שמחוברות לראוטר השולח.
כל ראוטר שמקבל הודעה כזו בעצם לומד על השכנים שלו.

Wireshark · Packet 47 · 1.8 LDP.pcapng

```
> Frame 47: 76 bytes on wire (608 bits), 76 bytes captured (608 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:03:50:94:00:10 (c4:03:50:94:00:10), Dst: IPv4mcast_02 (01:00:5e:00:00:02)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.12.2.2, Dst: 224.0.0.2
> User Datagram Protocol, Src Port: 646, Dst Port: 646
v Label Distribution Protocol
    Version: 1
    PDU Length: 30
    LSR ID: 10.12.7.2
    Label Space ID: 0
  > Hello Message
```

2. Initialization Message - הודעת הקמת קשר TCP נשלחת (עם הכתובות שנלמדו מהודעות ה discover).
מעכשיו כל הודעות ה LDP רצות על חיבור ה TCP.

Wireshark · Packet 51 · 1.8 LDP.pcapng

```
> Frame 51: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:02:22:2c:00:20 (c4:02:22:2c:00:20), Dst: c4:03:50:94:00:10 (c4:03:50:94:00:10)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.12.10.2, Dst: 10.12.7.2
> Transmission Control Protocol, Src Port: 33137, Dst Port: 646, Seq: 1, Ack: 1, Len: 36
v Label Distribution Protocol
    Version: 1
    PDU Length: 32
    LSR ID: 10.12.10.2
    Label Space ID: 0
  > Initialization Message
```

3. Advertisement messages (Address Message) – משמשות לייצור מחיקה או שינוי של לייבלים. כל אחד שולח את ה IP המקומיים שמחוברים אליו ואז כל אחד גם שולח את המיפוי תוויות וIP שלו.

Wireshark · Packet 55 · 1.8 LDP.pcapng

```
> Transmission Control Protocol, Src Port: 33137, Dst Port: 646, Seq: 37, Ack: 45, Len: 382
v Label Distribution Protocol
    Version: 1
    PDU Length: 14
    LSR ID: 10.12.10.2
    Label Space ID: 0
  > Keep Alive Message
v Label Distribution Protocol
    Version: 1
    PDU Length: 360
    LSR ID: 10.12.10.2
    Label Space ID: 0
  v Address Message
      0... .... = U bit: Unknown bit not set
      Message Type: Address Message (0x300)
      Message Length: 26
      Message ID: 0x00000013
    > Address List
  v Label Mapping Message
```

4. Keep Alive Message– משמשות להודעה שהחיבור עדיין קיים.

Wireshark · Packet 103 · 1.8 LDP.pcapng

```
> Frame 103: 72 bytes on wire (576 bits), 72 bytes captured (576 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:02:22:2c:00:20 (c4:02:22:2c:00:20), Dst: c4:03:50:94:00:10 (c4:03:50:94:00:10)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.12.10.2, Dst: 10.12.7.2
> Transmission Control Protocol, Src Port: 33137, Dst Port: 646, Seq: 419, Ack: 405, Len: 18
v Label Distribution Protocol
    Version: 1
    PDU Length: 14
    LSR ID: 10.12.10.2
    Label Space ID: 0
  > Keep Alive Message
```

1.12

Hello messages -הודעות שמשמות לתחזוק/ הקמה של חיבורי LDP, הן נשלחות בד"כ כל 5 שניות בברירת מחדל, וזאת ע"מ שהראוטרים יהיו ערים לשינויים ויוכלו לנתב מחדש חיבורים שכבר לא עובדים עם LDP או לשנות את הלייבלים בהתאם.

Keep Alive – הודעות שנשלחות כל 60 שניות לשמר את הקשר של הTCP.

1.13

Hello message – משתמש ב UDP עבור יעילות. משום שהודעות אלו נשלחות כל 5 שניות רוצים לחסוך בתקורה (הודעות UDP בעלות תקורה נמוכה). בנוסף אלו הודעות שנשלחות ב multicast (224.0.0.0) לכל הראוטרים באותו subnet וUDP תומך בmulticast.

כל שאר סוגי ההודעות משתמשים בTCP כדי שיהיה מעבר אמין של הודעות (זה חשוב כי זה הניתוב של ההודעות חייב להיות מדויק).

1.14

Local Tag – זו התווית שההודעה מגיעה איתה לראוטר.

Outgoing – התווית שהראוטר מחליף להודעה. (אם כתוב pop tag הראוטר פשוט מסיר את החלק של ה MPLS כי התחנה הבאה כבר מחוץ למשחק ה LDP).

Prefix – הכתובת שהראוטר למד שמקושרת לתווית זו.

Bytes Tag – סופר כמה bytes עברו דרך החלפת התוויות של שורה זו בטבלה. עוזר בעיקר להבין את מצב הרשת, עומסים ניתוח וניהול.

Outgoing interface – דרך איזה פורט לצאת.

Next Hop – מה כתובת הIP של הראוטר בהופ הבא.

יש מקומות בהם יש שכפול, כאשר הודעות שמגיעות עם תווית מסוימת יכולות להישלח בכמה דרכים שונות לעבר אותו יעד. יש לנו יתירות כאן כאשר שני המסלולים בעלי אותו אורך.

```
R4#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing    Prefix            Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id      switched   interface
16     16          10.12.6.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
17     Pop tag     10.12.7.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
18     Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
19     18          10.12.5.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
       18          10.12.5.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
20     Pop tag     10.12.2.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
21     19          10.12.1.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
22     20          10.12.10.0/24     0          Fa1/0      10.12.3.1
23     22          10.12.8.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.3
       21          10.12.8.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
24     22          10.12.9.0/24      0          Fa1/0      10.12.3.1
25     23          192.12.1.0/24     0          Fa1/0      10.12.3.1
R4#show ip route
```

1.15

1.15.1 בטבלת הניתוב של mpls יש 12 כניסות (כולל המשוכפלות)

בטבלת הניתוב של IP – יש 14 כניסות. (תמונות בסעיף 1.9)

1.15.2

ראשית ב MPLS הניתוב בטבלה מבוסס על התוויות, לעומת טבלת ניתוב IP שמבוססת על הכתובות עצמן.

בטבלת ניתוב IP הראוטר מסתכל על כתובת היעד ולפיה מחפש את השורה המתאימה בטבלה ויודע לאן לנתב. בMPLS הבדיקה היא לפי התווית המגיעה עם ההודעה ואז מוחלפת בתווית אחרת ומנותבת לפורט הרלוונטי.

בטבלת ה IP יש מידע על פרוטוקול הניתוב והמטריקה, למשל [110/2] – OSPF ומטריקה 2. בנוסף יש ציון לפני כמה זמן נלמד הניתוב הנ"ל. בMPLS אין מידע כזה .

בMPLS יש מידע על כמות הbytes שעברו באותו קו (לפי התוויות) שעוזר לניהול עומסים מה שאין ב IP.

בMPLS אין את הרשת שמחוברת ישירות לראוטר מכיוון שזה ראוטר קצה. והפרוטוקול עובד בין הראוטרים ברשת. ב IP לעומת זאת מופיעות גם כתובות ה IP שמחוברות ישירות לראוטר זה.

1.15.3

ראשית נשים לב שאם נתונות לנו הכניסות (כל השורה) של טבלת ה MPLS נוכל לזהות את כתובות היעד, את ה next hop ואת הפורט שממנו יוצאים. פרטים אלו מספיקים לנו לניתוב גם ללא התווית. לכן נוכל לבנות טבלת ניתוב של כתובות IP לפי פרטים אלו. נשים לב שיהיו חסרים לנו פרטים על המטריקה ועל סוג הפרוטוקול שלא נוכל לדעת מטבלת ה MPLS.

באופן דומה אם נתונה לנו טבלת ניתוב של כתובות IP שוב נוכל לדעת את הכתובות, אך לא נוכל לדעת מהם התוויות שהראוטר הצמיד לכל יעד. לכן לא נוכל לשחזר את הפרט העיקרי בטבלת ה MPLS שהוא התוויות יציאה וכניסה.

נדגיש שמחינת הניתוב יש התאמה חחע ועל – כלומר הניתובים לפי ה OSPF וה LDP הם זהים (LDP משתמש בניתוב של OSPF ורק משנה את דרך החיפוש וההחלטה ברואטר).

1.16 ניתן לראות שהזמנים של ה MPLS קצת יותר ארוכים. היינו מצפים שזה יהיה הפוך אבל אולי בגלל שהרשת שלנו קטנה והחיפוש בטבלאות ה IP קצר, אז רוב הזמן ב MPLS מתבזבז על הוספת התווית והסרתה בסוף. נשים לב שבהופ האחרון לאחר שהתווית מוסרת וצריך לחפש את מחשב היעד לפי IP ולא לפי תווית, הזמן גדל משום שהחיפוש מתבצע בטבלת ה IP לעומת ה MPLS.

2. Ping label

2.1 נעבוד על הטופולוגיה מתרגיל קודם

2.2 נפתח wireshark על כל הלינקים של המסלול הקצר ביותר בין 1PC ל 2PC (בדקנו לפי traceroute כי הטופולוגיה היא לאחר הרצת OSPF וככה ראינו את המסלול).

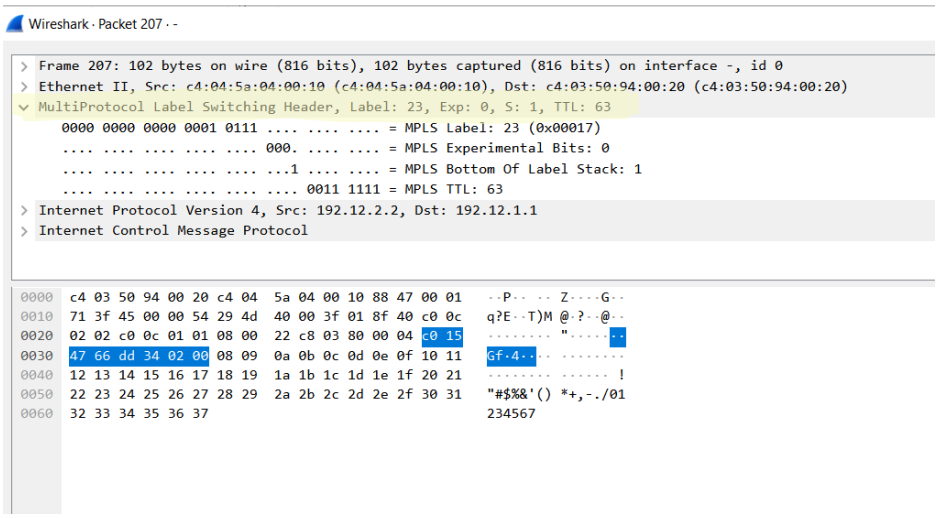
2.3 נשלח פינג ממחשב 2PC למחשב 1PC –

Ping -c4 192.12.1.1

2.4 עצירת ה wireshark.

<u>Report</u>

2.5 להלן הודעות ICMP עם MPLS header:



Label – התווית שנשלחה עם ההודעה.

Exp – סוג השירות (0 זה איכות שירות סטנדרטית).

Bottom of stack – אם דגל זה דלוק אז התווית הזו היא אחרונה ב stack.

TTL – שדה time lo live של ה MPLS

2.6 להודעות שמקבלות לייבל poptag כי זה ראוטר אחד לפני הסוף. זאת משום שהראוטר האחרון בניתוב צריך לחפש את כתובת המחשב לפי כתובת ה IP, מה שלוקח זמן רב יותר. לכן ע"מ לעשות אופטימזציה ו"להקל" על הראוטר האחרון, הראוטר שלפניו עושה את ההסרה של ה HEADER, ובכך חוסכים זמן בראוטר האחרון.

בנוסף, להודעות שעוברות ברשת לפני שפוגשות ראוטר ראשון גם אין MPLS Header, זאת משום שהמחשבים לא עובדים עם פרוטוקול זה, וכשהם שולחים הודעה לראוטר הקרוב היא ללא תוספת של תווית ו header של פרוטוקול זה.

2.7

בלינק הראשון בו מופיע ldp header (בין ראוטר 4R לבין הסוויצ'), ניתן לראות שדה הTTL שווה (63) לשדה ה IP_TTL: כלומר ה LDP שנוסף העתיק את הTTL מה IP.

Wireshark · Packet 232 · S1 R4.pcapng

```
> Frame 232: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:04:5a:04:00:10 (c4:04:5a:04:00:10), Dst: c4:03:50:94:00:20 (c4:03:50:94:00:20)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 23, Exp: 0, S: 1, TTL: 63
v Internet Protocol Version 4, Src: 192.12.2.1, Dst: 192.12.1.1
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    Total Length: 84
    Identification: 0x2966 (10598)
  > 010. .... = Flags: 0x2, Don't fragment
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 63
    Protocol: ICMP (1)
```

בלינק הבא – בין 3R לבין 2R, אפשר לראות שה TTL שמתעדכן הוא של LDP, ואילו של ה IP נשאר קבוע. זאת משום שהניתוב קורה לפי פרוטוקול LDP, ולכן הוא זה שמעדכן את הTTL:

Wireshark · Packet 126 · R2 R3.pcapng

```
> Frame 126: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:03:50:94:00:10 (c4:03:50:94:00:10), Dst: c4:02:22:2c:00:20 (c4:02:22:2c:00:20)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 22, Exp: 0, S: 1, TTL: 62
v Internet Protocol Version 4, Src: 192.12.2.1, Dst: 192.12.1.1
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    Total Length: 84
    Identification: 0x2966 (10598)
  > 010. .... = Flags: 0x2, Don't fragment
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 63
    Protocol: ICMP (1)
```

בלינק האחרון בין ראוטר 2R לבין 1R ה LDP_header כבר ירד, וכעת הניתוב ימשיך לפי הIP, לכן לפי ההורדה הועתק ה TTL בחזרה לheader של ה IP כדי שהוא יוכל להמשיך לעדכן את השדה הזה בערך רלוונטי:

Wireshark · Packet 44 · R2 R1.pcapng

```
> Frame 44: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:02:22:2c:00:10 (c4:02:22:2c:00:10), Dst: c4:01:5b:a0:00:10 (c4:01:5b:a0:00:10)
v Internet Protocol Version 4, Src: 192.12.2.1, Dst: 192.12.1.1
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    Total Length: 84
    Identification: 0x2966 (10598)
  > 010. .... = Flags: 0x2, Don't fragment
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 61
```

2.8

נסתכל על חבילה שעוברת מR4 לסוויצ', הלייבל שלה הוא 23:

Wireshark · Packet 232 · S1 R4.pcapng

```
> Frame 232: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:04:5a:04:00:10 (c4:04:5a:04:00:10), Dst: c4:03:50:94:00:20 (c4:03:50:94:00:20)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 23, Exp: 0, S: 1, TTL: 63
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.12.2.1, Dst: 192.12.1.1
> Internet Control Message Protocol
```

חבילה שעוברת מR3 לR2, הלייבל שלה הוא 22:

Wireshark · Packet 126 · R2 R3.pcapng

```
> Frame 126: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: c4:03:50:94:00:10 (c4:03:50:94:00:10), Dst: c4:02:22:2c:00:20 (c4:02:22:2c:00:20)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 22, Exp: 0, S: 1, TTL: 62
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.12.2.1, Dst: 192.12.1.1
> Internet Control Message Protocol
```

2.9 כן. הלייבלים שקיבלנו אכן כמו במיפוי של הטבלה. הם זהים עבור שני המחשבים כי זה ממפה לפי כתובת היעד.

3. Router with MPLS LDP disabled

3.1 מבוסס על הטופולוגיה מתרגיל קודם.

3.2 נשמור כ MPLS 1

3.3 נפעיל wireshark בפורט מס 1/0 בראוטרים 2R 4R 3R ונסנן ע"י icmp or ldp

3.4 נשלח פינג אינסופי ממחשב 2PC למחשב PC 1

Ping 192.12.1.1

3.5 בראוטר 3R נציג את טבלת ה MPLS:

```
R3#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing    Prefix            Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id      switched   interface
25     Pop tag     10.12.6.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
26     Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
       Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa2/0      10.12.3.3
27     Pop tag     10.12.5.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
28     Pop tag     10.12.1.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
29     Pop tag     10.12.10.0/24     0          Fa1/0      10.12.2.1
30     21          10.12.8.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
       20          10.12.8.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
31     21          10.12.9.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
32     22          192.12.1.0/24     1428       Fa1/0      10.12.2.1
33     Pop tag     192.12.2.0/24     11956      Fa2/0      10.12.3.2
R3#
```

3.6 בראוטר 2R נכבה את פרוטוקול ה LDP.

3.7 נחכה דקה

3.8 ראוטר 3R נציג שוב את טבלת ה MPLS:

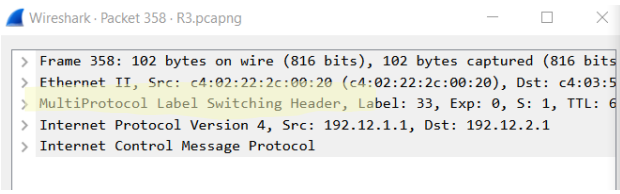
```
R3#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing    Prefix            Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id      switched   interface
25     Untagged    10.12.6.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
26     Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
       Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa2/0      10.12.3.3
27     Pop tag     10.12.5.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
28     Untagged    10.12.1.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
29     Untagged    10.12.10.0/24     0          Fa1/0      10.12.2.1
30     21          10.12.8.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
31     Untagged    10.12.9.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
32     Untagged    192.12.1.0/24     3626       Fa1/0      10.12.2.1
33     Pop tag     192.12.2.0/24     31458      Fa2/0      10.12.3.2
R3#
```

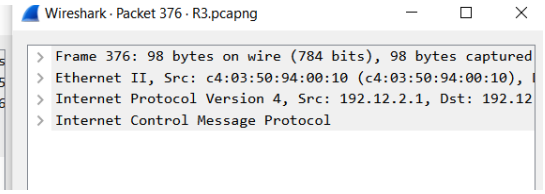
Report

3.10

אפשר לראות ש mpls header לא קיים אחרי שכיבינו את פרוטוקול ה - MPLS בראוטר 2.

זה משום ש2R מחוץ למשחק ה MPLS, ולפי טבלת הניתוב ב 3R מסירים את התוספת של ה MPLS (untagged) ושולחים ל 2R הודעת IP רגילה.





3.11

7 הודעות ללא תשובה.

8 שניות עד שהתכנסה הרשת שוב והודעות התגובה הגיעו בחזרה.

481	2024-05-17 13:27:12.273179	192.12.1.1	192.12.2.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0358, seq=70/17920, ttl=61 (request in 480)
484	2024-05-17 13:27:13.211461	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=71/18176, ttl=63 (no response found!)
485	2024-05-17 13:27:14.220423	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=72/18432, ttl=63 (no response found!)
489	2024-05-17 13:27:15.228418	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=73/18688, ttl=63 (no response found!)
491	2024-05-17 13:27:16.232405	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=74/18944, ttl=63 (no response found!)
494	2024-05-17 13:27:17.248414	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=75/19200, ttl=63 (no response found!)
495	2024-05-17 13:27:18.253467	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=76/19456, ttl=63 (no response found!)
499	2024-05-17 13:27:19.253480	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=77/19712, ttl=63 (no response found!)
501	2024-05-17 13:27:20.262987	192.12.2.1	192.12.1.1	ICMP	102	Echo (ping) request id=0x0358, seq=78/19968, ttl=63 (reply in 502)

3.12

נשים לב שההודעה האחרונה שנשלחת על קו זה מ 2R היא הודעת Hello , ולאחריה רק 3R שולח הודעות בקו זה, כי כיבינו את הMPLS של 2R:

310	2024-05-17 13:26:56.648175	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
316	2024-05-17 13:26:58.490034	10.12.2.1	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
325	2024-05-17 13:27:01.494960	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
328	2024-05-17 13:27:02.243347	10.12.2.1	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
336	2024-05-17 13:27:05.692137	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
339	2024-05-17 13:27:06.793372	10.12.2.1	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
348	2024-05-17 13:27:09.577591	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
352	2024-05-17 13:27:10.714927	10.12.2.1	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
365	2024-05-17 13:27:14.272333	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message
372	2024-05-17 13:27:18.510765	10.12.2.2	224.0.0.2	LDP	76	Hello Message

בנוסף, שאר הראוטרים לא מודיעים על השינויים כי המסלולים עדיין קבועים והתוויות עד אליהם נותרו ללא שינוי. רק כאשר ראוטר ירצה לעבור דרך 2R יצטרך להסיר את התווית, ואת זה יודעים מי שמחובר ל 2R משום שלא שלח עוד הודעות HELLO מאז שנותק מ LDP.

3.13

בתחילה מופיעים כל הפינגים כולל התשובות שלהם על הערוצים. לאחר שמכבים את LDP מראוטר 2R, לראוטרים השכנים לוקח זמן להבין ולעדכן בטבלאות שלהם את השינוי. לכן ישנם מס' פינגים נוספים שנשלחים ל 2R עם תווית (כמו שהיה קודם), אבל 2R זורק את ההודעות האלו מכיוון שהוא לא מכיר בפרוטוקול MPLS ולא יודע מה לעשות עם התווית.

לאחר כמה שניות נוספות הראוטרים השניים לא מקבלים הודעות HELLO מ2R, ומסירים אותו מהטבלאות שלהם – כלומר בכל מקום שיש TAG לכיוון 2R הם משנים ל UNTAGGED. ואז הפינגים ממשיכים לזרום כמו שצריך בחזרה.

3.14

בהתחלה לפני הכיבוי יש בטבלה של 3R תוויות שמיועדות לעבור לכיוון 2R. לאחר הכיבוי כל התוויות האלו מופיעות כ untagged. כי 3R גילה ש2R לא עובד עם MPLS, ולכן לא שולח לו HEADER MPLS בחבילה

```
R3#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing    Prefix            Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id      switched   interface
25     Untagged    10.12.6.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
26     Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
       Pop tag     10.12.4.0/24      0          Fa2/0      10.12.3.3
27     Pop tag     10.12.5.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
28     Untagged    10.12.1.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
29     Untagged    10.12.10.0/24     0          Fa1/0      10.12.2.1
30     21          10.12.8.0/24      0          Fa3/0      10.12.7.1
31     Untagged    10.12.9.0/24      0          Fa1/0      10.12.2.1
32     Untagged    192.12.1.0/24     3626       Fa1/0      10.12.2.1
33     Pop tag     192.12.2.0/24     31458      Fa2/0      10.12.3.2
R3#
```