מעבדה: מסגרות וכתובות MAC (על Ethernet)

שבוע 3 · 17/09–13/09 · **בנימין נאור**

בשבוע שעבר למדתם ששני כללים מנהלים מתג: לומד לפי המקור, מעביר לפי היעד. היום לא מאמינים — מוכיחים. תראו את הטבלה ריקה, תראו אותה מתמלאת, ותסבירו בכתב למה המסגרת הראשונה הגיעה לכולם.

1. מה מוכיחים ואיך

ההצהרה: **המסגרת הראשונה בין שתי תחנות מוצפת לכל היציאות. השנייה מגיעה רק ליעד.**

הוכחה במעבדה היא שלושה דברים: מצב לפני, פעולה, מצב אחרי. לכן בכל שלב תרשמו את הטבלה **לפני** ואחרי.

שלב	פקודה	מה מצפים לראות
לפני	`show mac address-table`	ריק (או רק `CPU`)
פעולה	`ping` מ-`PC0` ל-`PC1`	`ARP` מוצף · `ICMP` ממוקד
אחרי	`show mac address-table`	שתי רשומות, יציאה לכל אחת
ניקוי	`clear mac address-table dynamic`	ריק שוב

טיפ · ב-`Packet Tracer` רשומה נמחקת אחרי 300 שניות בלי תעבורה. טבלה שהתרוקנה לבד אינה תקלה — זה זמן התפוגה.

2. `Simulation Mode` — לראות את ההצפה

ב-`Realtime` הכול קורה מהר מדי. עוברים ל-`Simulation` (הכפתור בפינה הימנית-תחתונה), מסננים רק `ARP` ו-`ICMP`, ולוחצים `Capture/Forward` צעד-צעד.

מה שתראו: המסגרת הראשונה היא **בקשת** `ARP` — יעד `FF:FF:FF:FF:FF:FF` — והמתג שולח אותה לכל היציאות. התשובה חוזרת ב-`unicast`, ומכאן כל מסגרת הולכת ליציאה אחת בלבד.

```
ping PC0 -> PC1  (switch table empty)

  1. ARP request  src=PC0  dst=FF:FF:FF:FF:FF:FF
        switch: learn PC0 -> Fa0/1 ; FLOOD to all ports
  2. ARP reply    src=PC1  dst=PC0
        switch: learn PC1 -> Fa0/2 ; forward to Fa0/1 only
  3. ICMP echo    src=PC0  dst=PC1
        switch: both known ; forward to Fa0/2 only
```

שלוש מסגרות, ורק הראשונה מוצפת. אחרי שתי מסגרות (אחת לכל כיוון) המתג מכיר את שתי התחנות.

> ⚠ **שימו לב ·** הצפה (`flooding`) אינה `broadcast` . `broadcast` היא כתובת יעד; הצפה היא מה שהמתג עושה כשהיעד לא בטבלה — גם למסגרת `unicast` .

3. משתנה, `IP` נשאר — פעילות `MAC` 9.1.3

בטופולוגיה עם נתב, מסגרת שעוברת `PC` → מתג → נתב → מחשב בצד השני מחליפה כתובות `MAC` בכל מקטע — אבל כתובות ה- `IP` במקור וביעד נשארות מהתחלה ועד הסוף.

זה ההבדל בין שכבה 2 לשכבה 3 בפועל: `MAC` הוא כתובת של 'הקפיצה הבאה', `IP` הוא כתובת של 'הסוף'.

מקטע	`MAC` מקור	`MAC` יעד	`IP` מקור	`IP` יעד
`PC` → נתב	`PC`	ממשק הנתב הקרוב	`PC`	מחשב היעד
נתב → יעד	ממשק הנתב הרחוק	מחשב היעד	`PC`	מחשב היעד

> **טיפ ·** שאלת בחינה קבועה: 'כמה פעמים משתנה כתובת ה- `MAC` לאורך המסלול?' — פעם בכל נתב. ה- `IP` — אפס פעמים.

4. לזהות יצרן מכתובת `MAC`

שלושת הבתים הראשונים (`OUI`) מזהים את היצרן. ב- `Packet Tracer` כל הכתובות מתחילות ב- `OUI` של סיסקו (למשל 0001.42 או 00E0. `F7`). במחשב הביתי: `ipconfig` / `all` → `Physical Address` → שלושת הבתים הראשונים → חיפוש ' `OUI lookup` '.

OUI	יצרן (דוגמאות)
63:1B:00	`Apple`
00:50:56	`VMware`
`B4`:3C:5A	`Google`
`E0:F7`:00	`Cisco`

דוגמה פתורה

השאלה

מתג ריק. `PC0` (`Fa0/1`) שולח `ping` ל- `PC1` (`Fa0/2`). `PC2` יושב ב- `Fa0/3` . רשמו את הטבלה אחרי כל מסגרת, וכתבו לאן כל מסגרת נשלחה.

הפתרון צעד אחר צעד

1. `ARP request` **נכנסת מ- `Fa0/1`** , מקור `PC0` . המתג לומד: `PC0` → `Fa0/1` . היעד `FF:FF:FF:FF:FF:FF` → נשלח ל- `Fa0/2` ול- `Fa0/3` . טבלה: { `PC0` → `Fa0/1` }
2. `PC2` **מקבל את הבקשה**, רואה שהכתובת המבוקשת אינה שלו, וזורק. `PC1` עונה.
3. `ARP reply` **נכנסת מ- `Fa0/2`** , מקור `PC1` . המתג לומד: `PC1` → `Fa0/2` . היעד `PC0` ידוע → נשלח ל- `Fa0/1` בלבד. טבלה: { `PC0` → `Fa0/1` , `PC1` → `Fa0/2` }
4. `ICMP echo` מ- `PC0` ל- `PC1` : שניהם ידועים → `Fa0/2` בלבד. `PC2` לא רואה כלום מכאן והלאה.

תשובה · מסגרת אחת הוצפה (`ARP request`). כל השאר ממוקדות. ההסבר הכתוב שלכם חייב להכיל: **טבלה**, **לא ידוע**, **לומד לפי מקור**.

תרגילים — פתרו לבד לפני שאתם בודקים בכיתה

1. ניקיתם את הטבלה ושלחתם `ping` . כמה מסגרות הוצפו ולמה רק הן?
2. בטבלה מופיעה כתובת של הנתב למרות שלא שלחתם אליו. מאיפה?
3. במסלול `PC` → מתג → נתב → `PC` : כמה כתובות `MAC` שונות מופיעות במסגרות לאורך הדרך? כמה כתובות `IP` ?
4. העברתם מחשב מ- `Fa0/1` ל- `Fa0/5` . מה קורה לרשומה שלו בטבלה?
5. מסגרת `unicast` ליעד שאינו בטבלה — מה המתג עושה, ואיך זה שונה מ- `broadcast` ?

6. ה-`MAC` של מחשב הוא `B4:12:34:56`:3C:5A. מה ה-`OUI` ומה אפשר ללמוד ממנו?

7. למה הטבלה מתרוקנת אחרי אתחול של המתג?

דף עבודה — מעבדה 3 — הוכחת ההצפה + 9.1.3

שם: _____ תאריך: _____ חוליה: _____

המטרה: להוכיח ששני כללי המתג עובדים, ולראות `MAC` משתנה בכל קפיצה.

מהלך — סמנו כל שלב שהושלם

- ☐ פתחו את קובץ שבוע 1 (שתי תחנות ומתג). ודאו ש-`ping` עובד.
- ☐ במתג: `.show mac address-table` רשמו: _____
- ☐ `clear mac address-table dynamic` ואז `show` שוב. ריק? _____
- ☐ עברו ל-`Simulation Mode.` סננו `ARP` ו-`ICMP` בלבד.
- ☐ `ping` מ-`PC0` ל-`PC1`. לחצו `Capture/Forward` צעד-צעד ורשמו לכל מסגרת: סוג · `MAC` יעד · לאילו יציאות יצאה.
- ☐ `.show mac address-table` רשמו את הטבלה המלאה.
- ☐ פתחו את 9.1.3 `Identify MAC and IP Addresses`. עקבו אחרי המסגרת מ-`PC` ל-`PC` בצד השני ומלאו את הטבלה בסעיף הבא.
- ☐ כתבו 4–6 שורות: למה המסגרת הראשונה הוצפה. חובה: טבלה · לא ידוע · לומד לפי מקור.

רישום התוצאות

#	מה למלא	חישוב · הערות · ראיות (פלט פקודה)
1	טבלה לפני: _____ · אחרי ניקוי: _____	_____
2	מסגרת 1: סוג _____ · יעד _____ · יציאות _____	_____
3	מסגרת 2: סוג _____ · יעד _____ · יציאות _____	_____
4	מסגרת 3: סוג _____ · יעד _____ · יציאות _____	_____
5	9.1.3 מקטע 1: `MAC` מקור _____ יעד _____ · `IP` מקור _____ יעד _____	_____
6	9.1.3 מקטע 2: `MAC` מקור _____ יעד _____ · `IP` מקור _____ יעד _____	_____
7	ההסבר הכתוב (4–6 שורות): _____	_____

רפלקציה — שתי שורות

מה היה הכי קשה, ומה פתר את זה?

מה הייתי עושה אחרת בפעם הבאה?

אישור המורה: ☐ Completion במעבדה (150) ☐ התוצר (קובץ + תיעוד) (50) ☐ בונוס: ההרחבה (50) · **XP** _____ · תג: ☐ מכיר/ה את השטח · חתימה _____

כרטיס יציאה — 3 שאלות, 5 דקות, נמסר ביציאה

1. כמה מסגרות מוצפות ב- `ping` ראשון בין שתי תחנות?

---

2. לפי איזו כתובת המתג לומד?

---

3. כמה פעמים משתנה ה- `MAC` במסלול עם נתב אחד?

עוד לבדיקה עצמית — ענו בעל פה, בלי להסתכל אחורה

1. כמה פעמים משתנה ה- `IP` ?

מילון מונחים

עברית	אנגלית	הסבר קצר
הצפה	`Flooding`	שליחה לכל היציאות כשהיעד לא בטבלה
בקשת ARP	`ARP Request`	`broadcast` : 'מי מחזיק את `IP` הזה?'
תשובת ARP	`ARP Reply`	`unicast` : 'אני, וזה ה- `MAC` שלי'
הקפיצה הבאה	`Next Hop`	ההתקן הבא במסלול — ה- `MAC` מכוון אליו
מזהה יצרן	`OUI`	3 הבתים הראשונים של `MAC`
מצב סימולציה	`Simulation Mode`	צפייה במסגרות צעד-צעד ב- `PT`

להעמקה

בספר הקורס

- **ITN 6.3.1** — The Frame · עמוד 221
- **ITN 9.1** — MAC and IP · עמוד 298
- **SRWE 10.4** — MAC Address Table Attack · עמוד 290

קבצים שנעבוד איתם

- 9.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses.pka

- 9.1.3 Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses.docx
- 7.3.7 Lab - View the Switch MAC Address Table.docx
- ITN_Module_7.pptx
- תרגיל פשוט.pkt
