

רשתות מחשבים

פרק 11 - איך הכל מתחבר?

ברק גונן

מבוסס על ספר הלימוד "רשתות מחשבים" מאת
עומר רוזנבוים

מטרת הפרק

▶ נשלב את הידע שצברנו בשכבות השונות, לתמונה אחת של "איך עובד האינטרנט"



סיפור המעשה

- ▶ חיברנו מחשב חדש, בפעם הראשונה, לרשת
- ▶ הפעלנו דפדפן והכנסנו את הכתובת של פייסבוק
- ▶ נפרט שלב אחרי שלב מה קורה



איך המחשב יודע...?



- ▶ נסו לחשוב בעצמכם על כמה שיותר שאלות מסוג "איך המחשב יודע...?"
 - ... מה כתובת ה-MAC שלו?
 - ... מה כתובת ה-IP שלו?
 - ... לשלוח הודעות לראוטר?
 - ... מיהו שרת ה-DNS שלו?
 - ... מה כתובת ה-IP של פייסבוק?
 - ... להקים קישור מול פייסבוק?
 - ... להוריד את דף הבית של פייסבוק?

כתובת ה-MAC שלנו

- 1 ▶ איך המחשב שלנו יודע מה כתובת ה-MAC שלו?
▶ צרובה על כרטיס הרשת- לדוגמה 00:23:69:0B:30:58



כתובת ה- IP שלנו

- 2 ▶ איך המחשב שלנו משיג כתובת IP?
- הוא צריך למצוא שרת DHCP
- ▶ נניח שהרשת שלנו היא רשת ביתית פשוטה:
- הראוטר הוא גם שרת ה-DHCP
 - הראוטר הוא גם NAT
 - המחשב מקושר ישירות לראוטר (לא דרך switch)
 - הכרנו את פעולת ה-switch כשלמדנו את שכבת הקו
 - כך נוכל להבין ולהתנסות ברשת הביתית שלנו



מציאת שרת DHCP

3 ▶ איך המחשב שלנו מוצא שרת DHCP?

◦ שולח DHCP Discover

4 ▶ למי?

◦ שולח Broadcast לכתובת MAC – FF:FF:FF:FF:FF:FF

◦ ההודעה מגיעה לראוטר הביתי, שמחובר אל המחשב ישירות

5 ▶ לאיזו כתובת IP שולח שרת ה-DHCP את התשובה?

◦ לכתובת 255.255.255.255- הרי המחשב שלנו עדיין לא מכיר את ה-IP שלו

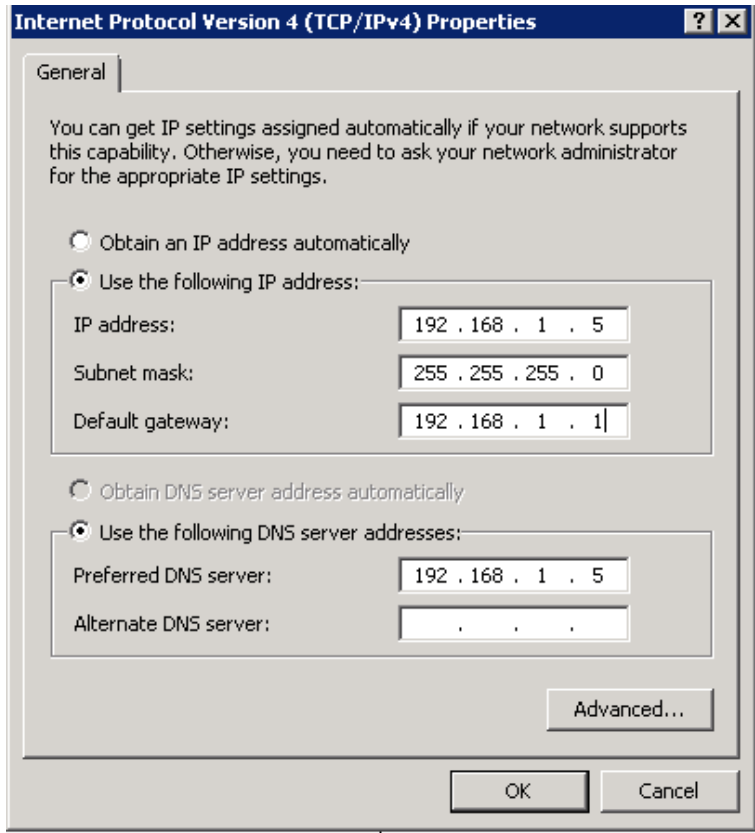
השגת כתובת IP - המשך

6 ▶ מהם שלבי השגת כתובת ה-IP מהשרת?



- ▶ לדוגמה:
 - IP 10.0.0.2 (כתובת פרטית)
 - מסכת רשת 255.255.0.0
- ▶ אם אנחנו לא מאחרי NAT, נקבל כתובת IP ציבורית

השגת כתובת IP- המשך



- 7 ▶ בתהליך ה-DHCP, מה מסר הראוטר למחשב שלנו?
- כתובת IP
 - מסכת רשת
 - כתובת IP של הראוטר- Default Gateway
 - כתובת IP של שרת ה-DNS

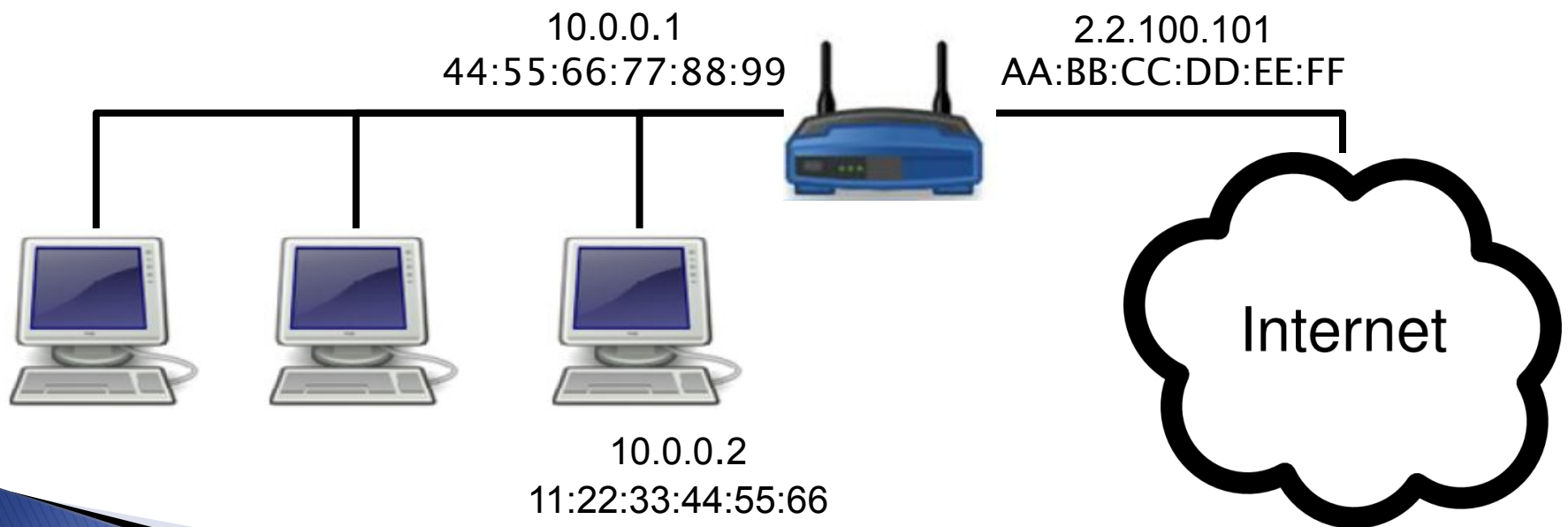
כתובת ה-IP של הראוטר

- 8 ▶ גם הראוטר צריך כתובת IP. מהיכן?
- ה-ISP שלנו מקצה לראוטר כתובת IP (בעזרת DHCP), לדוגמה 2.2.100.101
 - ISP – Internet Service Provider



הראוטר שלנו

- ▶ כיוון שהראוטר שלנו מקשר בין הרשת הביתית לאינטרנט, יש לו שתי כתובות IP ושתי כתובות MAC
 - כתובות לתקשורת עם המחשבים ברשת הפנימית
 - כתובות לתקשורת עם רשת האינטרנט



סיכום ביניים – מה המחשב שלנו מכיר?

כתובת MAC של עצמו

11:22:33:44:55:66 ◦

כתובת IP ומסכת רשת של עצמו

10.0.0.2 ◦

255.255.0.0 ◦

כתובת IP של הראוטר שלו

10.0.0.1 (ברשת של המחשב שלנו) ◦

בנוסף יש לראוטר כתובת חיצונית לאינטרנט, שאינה מוכרת

למחשב שלנו – לדוגמה 2.2.100.101

כתובת IP של שרת ה-DNS

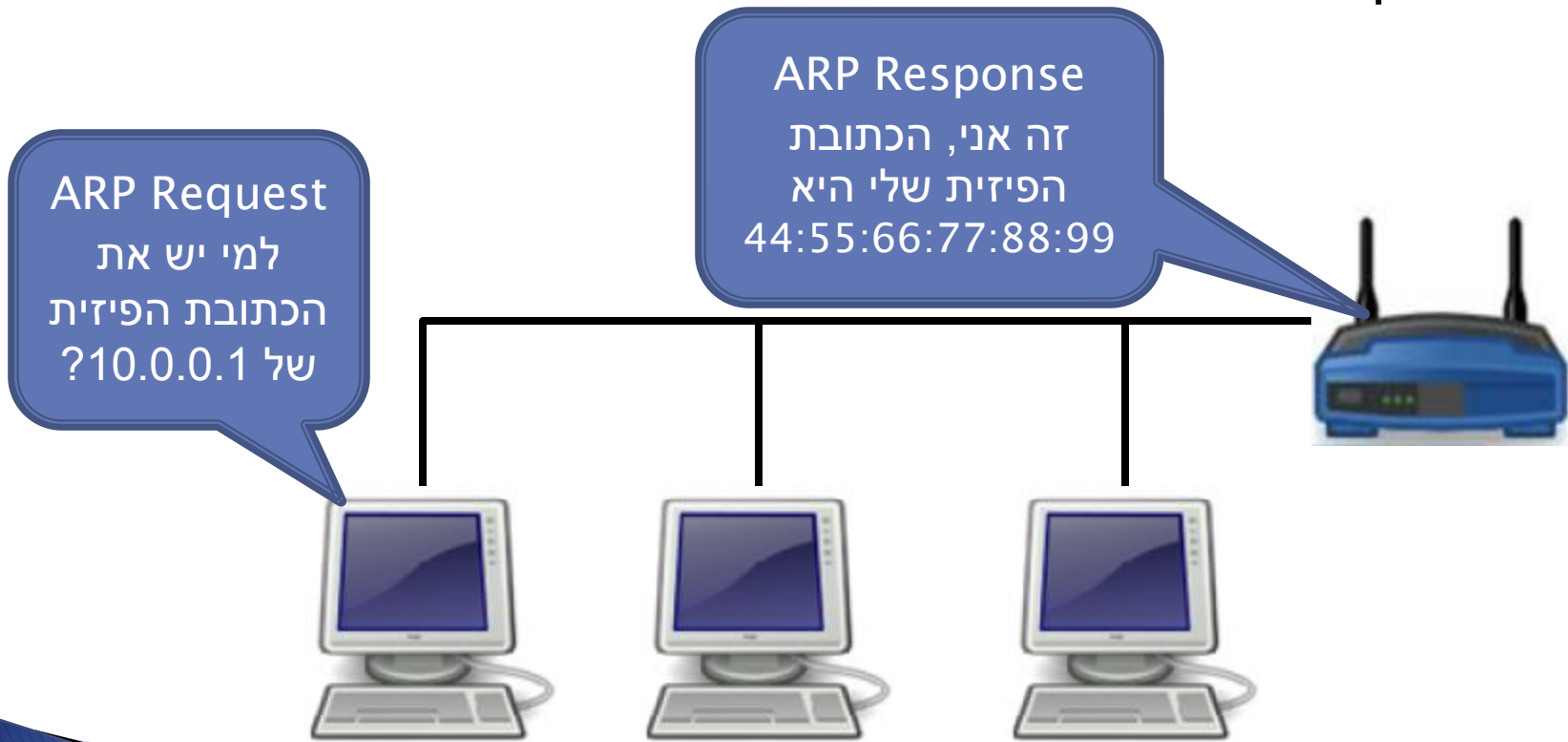
2.2.2.2 ◦

השגת כתובת ה-IP של פייסבוק

- 9 ▶ מהיכן יכול המחשב שלנו להשיג את כתובת ה-IP של פייסבוק?
 - שרת ה-DNS
- 10 ▶ כתובת ה-IP של שרת ה-DNS אינה שייכת ל-subnet שלנו. לאן נפנה?
 - צריך לשלוח את הבקשה דרך ה-default gateway, הראוטר
- 11 ▶ ידועה לנו כתובת ה-IP של הראוטר. האם זה מספיק?
 - לא, צריך גם את כתובת ה-MAC שלו

השגת כתובת ה-MAC של הראוטר שלנו

12 ▶ איך נשיג את כתובת ה-MAC של הראוטר שלנו?
◦ פרוטוקול ARP



שליחת DNS Query

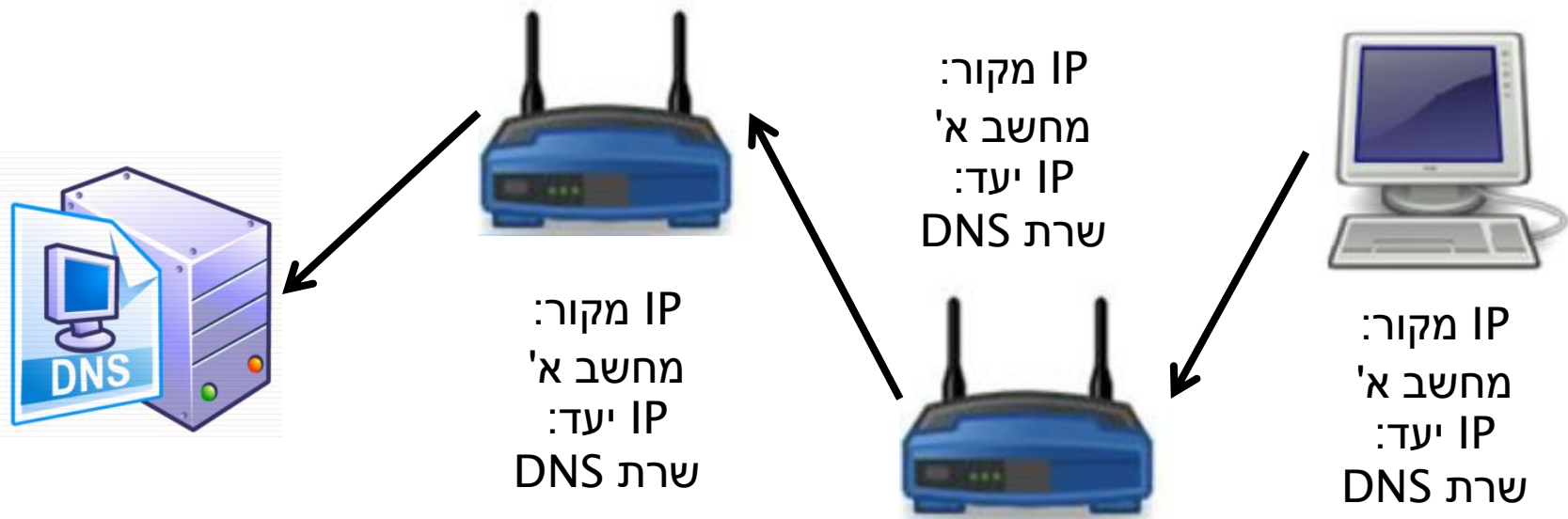
- ▶ כעת נרצה לשלוח DNS query לשרת ה-DNS
- ▶ בינינו לבין השרת יש לפחות ראוטר אחד
- ▶ נסקור איך נראית הפקטה של ה-query:
 - במקרה שאין NAT
 - במקרה שיש NAT (המקרה הביתי הנפוץ)



תזכורת: שליחת פקטות בלי NAT

שימו לב לכך שכתובות ה-IP (מקור ויעד) לא משתנות לאורך המסלול

- המקור הוא תמיד השולח הראשוני
- היעד הוא תמיד היעד הסופי



תזכורת: שליחת פקטות בלי NAT

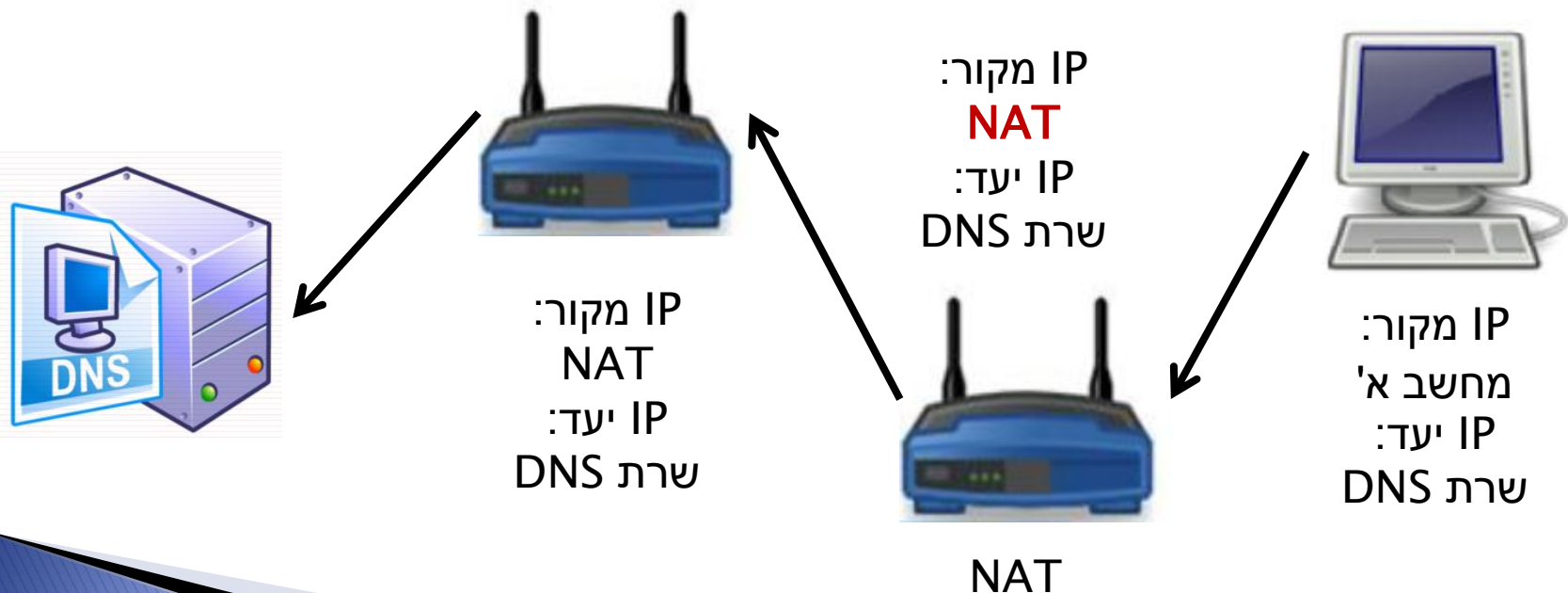
- ▶ לעומת זאת כתובות ה-MAC משתנות כל HOP
- המקור והיעד הם תמיד שני הקצוות של ה-HOP הנוכחי



תזכורת: שליחת פקטות מאחרי NAT

שימו לב לכך שה-NAT מחליף את ה-IP של המחשב שנמצא מאחוריו

- המקור משתנה רק במעבר דרך ה-NAT
- היעד הוא תמיד היעד הסופי



תזכורת: שליחת פקטות מאחרי NAT

- ▶ ה-NAT אינו משפיע על כתובות ה-MAC
- המקור והיעד נשארים שני הקצוות של ה-HOP הנוכחי, כפי שהיה ללא NAT

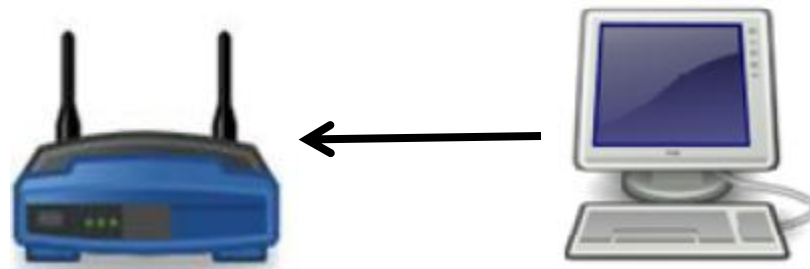


השגת כתובת ה-IP של פייסבוק - המשך

‣ איך צפויה להראות הפקטה שהמחשב שלנו ישלח לשרת ה-DNS?

מהיכן הושג?	ערך	השדה
14	13	כתובת פיזית (MAC) מקור
16	15	כתובת פיזית יעד
18	17	כתובת לוגית (IP) מקור
20	19	כתובת לוגית יעד
22	21	פורט מקור
24	23	פורט יעד

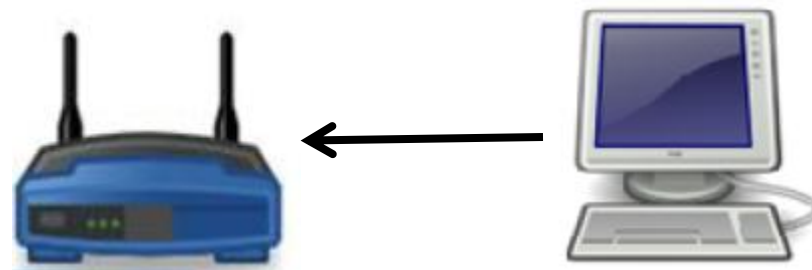
13-24



השגת כתובת ה-IP של פייסבוק - המשך

‣ איך צפויה להראות הפקטה שהמחשב שלנו ישלח לשרת ה-DNS?

מהיכן הושג?	ערך	השדה
קבוע בכרטיס הרשת	11:22:33:44:55:66	כתובת פיזית (MAC) מקור
ARP - הכתובת של הראוטר לתקשורת פנימית	44:55:66:77:88:99	כתובת פיזית יעד
DHCP - IP פרטי	10.0.0.2	כתובת לוגית (IP) מקור
DHCP - שרת ה-DNS	2.2.2.2	כתובת לוגית יעד
אקראי	12345	פורט מקור
פורט DNS	53	פורט יעד



השגת כתובת ה-IP של פייסבוק - המשך

‣ איך צפויה להראות הפקטה שהראוטר, שהוא גם NAT, ישלח לשרת ה-DNS?

העות	ערך	השדה
25		כתובת פיזית (MAC) מקור
26		כתובת פיזית יעד
27		כתובת לוגית (IP) מקור
28		כתובת לוגית יעד
29		פורט מקור
30		פורט יעד

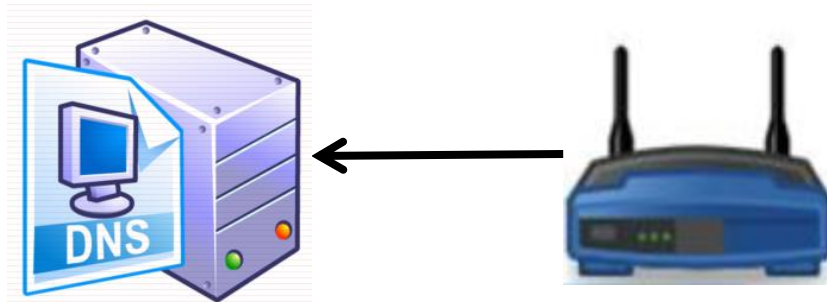
25-30



השגת כתובת ה-IP של פייסבוק - המשך

‣ איך צפויה להראות הפקטה שהראוטר, שהוא גם NAT, ישלח לשרת ה-DNS?

השדה	ערך	הערות
כתובת פיזית (MAC) מקור	AA:BB:CC:DD:EE:FF	ה-MAC החיצוני של הראוטר
כתובת פיזית יעד	של שרת ה-DNS	בהנחה שהם באותו subnet
כתובת לוגית (IP) מקור	2.2.100.101	ה-NAT החליף את כתובת המחשב שלנו
כתובת לוגית יעד	2.2.2.2	
פורט מקור	12345	ה-NAT יודע שחבילות שיחזרו לפורט זה צריך להעביר למחשב שלנו
פורט יעד	53	פורט DNS



השגת כתובת ה-IP של פייסבוק - המשך

31 ▶ מהו פרוטוקול התעבורה של בקשת ה-DNS?
◦ UDP

32 ▶ בשכבת האפליקציה של בקשת ה-DNS:
◦ מהו ה-Type?
◦ A

33 ▶ האם Iterative / Recursive?
◦ Recursive



השגת כתובת ה-IP של פייסבוק- המשך

► הידד! שרת ה-DNS החזיר לנו את הכתובת!



שליחת פקטות לשרת פייסבוק

▶ אנחנו יודעים ליצור פקטות שבהן Destination IP הוא הכתובת של פייסבוק

▶ **34** איך הפקטות הללו מגיעות לשרת פייסבוק?
◦ שכבת הרשת מטפלת בניתוב

▶ **35** איך אפשר לראות אילו ראוטרים יש בנתיב?

```
C:\Users\ADMIN>tracert www.facebook.com

Tracing route to star-mini.c10r.facebook.com [31.13.92.36]
over a maximum of 30 hops:

  1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    Broadcom.Home [10.0.0.138]
  2  15 ms     15 ms    14 ms    85-250-128-1.bb.netvision.net.il [85.250.128.1]

  3  15 ms     15 ms    15 ms    coresw2-hfa-rb3-brk.nv.net.il [212.143.25.61]
  4  16 ms     15 ms    16 ms    gw2-0-2-0-3-core2.hfa.nv.net.il [212.143.7.29]
  5  71 ms     71 ms    70 ms    gw2-fra-0-3-0-3-200-gw2.hfa.nv.net.il [212.143.1
2.121]
  6  74 ms     74 ms    73 ms    10.10.70.1
  7  70 ms     69 ms    70 ms    gw1-fra-be-1-100-gw2-fra-be-1-100.fra.nv.net.il
[212.143.16.134]
  8  69 ms     70 ms    84 ms    ae6.pr03.fra2.tfbnw.net [80.81.194.40]
  9  70 ms     69 ms    69 ms    po101.psw01c.frt3.tfbnw.net [31.13.30.61]
 10  75 ms     74 ms    74 ms    mswiac.01.frt3.tfbnw.net [173.252.64.30]
 11  71 ms     71 ms    83 ms    edge-star-mini-shv-01-frt3.facebook.com [31.13.9
2.36]

Trace complete.
```

איך נראית שכבת התעבורה?

36 ▶ מהו הפרוטוקול אותו נבחר?

- TCP - נדרש קישור אמין

37 ▶ מהו ה-destination port אותו נבחר?

- פורט 80, HTTP

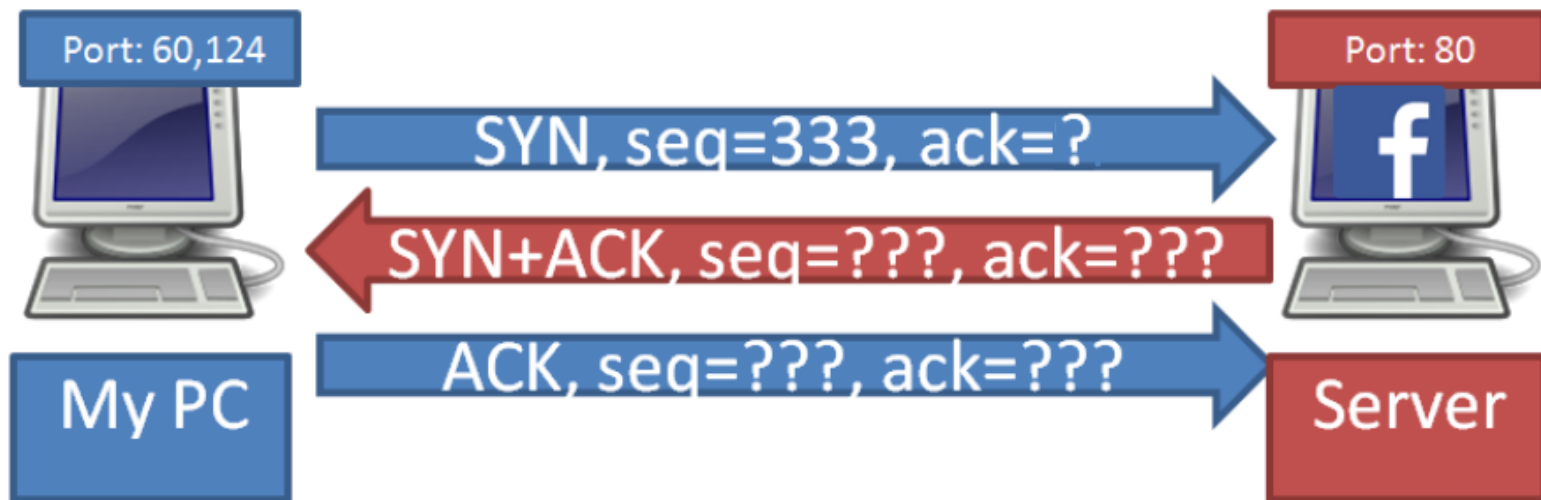
38 ▶ מהו ה-source port אותו נבחר?

- פורט 60124 (אקראי, ניתן לייצוג ע"י 16 ביט)



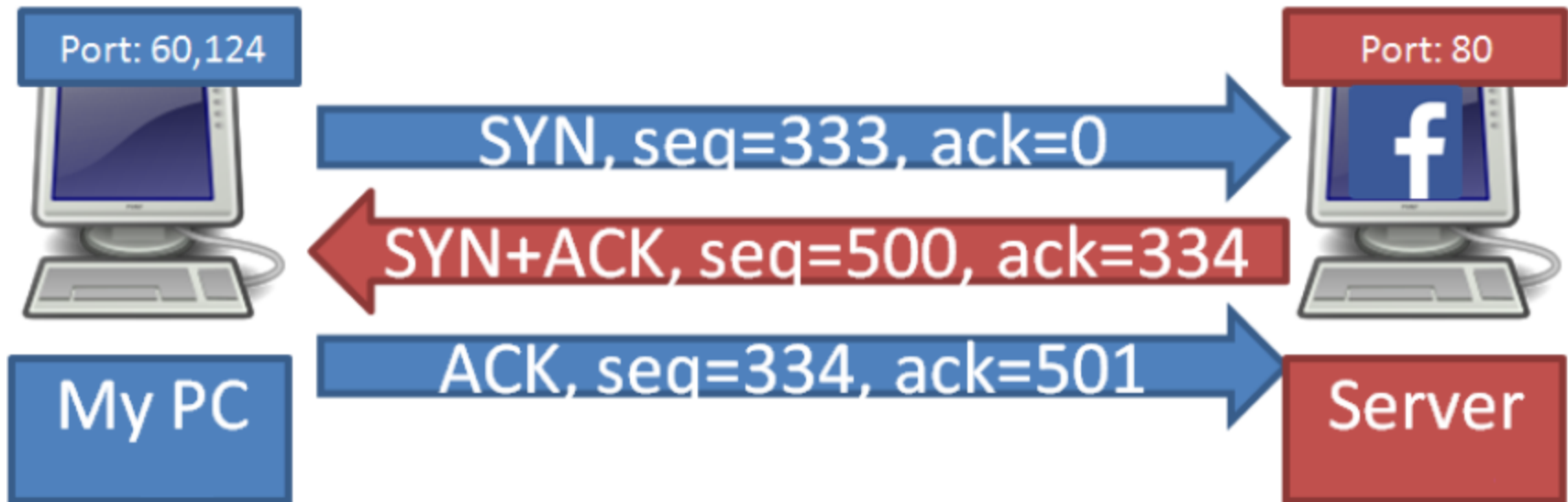
איך נראית הרמת הקישור?

39 ▶ השלימו את הערכים החסרים, בחרו ערך אקראי אם יש יותר מאפשרות אחת



איך נראית הרמת הקישור?

39 ▶ פתרון:



איך נראית שכבת האפליקציה?

מהו הפרוטוקול? ▶ 40

HTTP ◦

מה ההודעה ששולח המחשב שלנו? ▶ 41

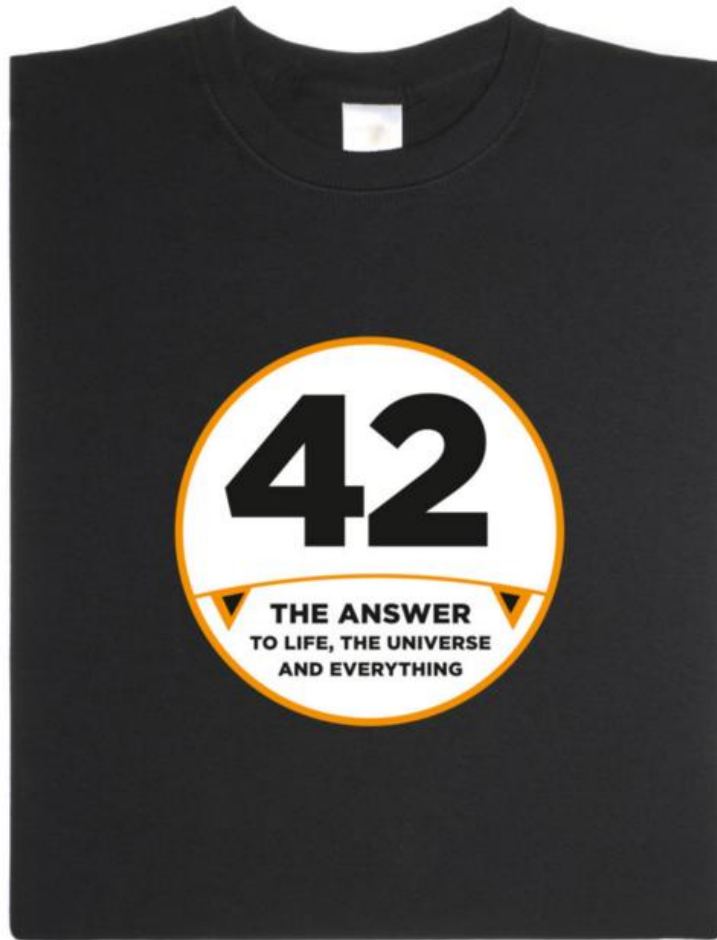
GET ◦

מה קוד התשובה של השרת של פייסבוק? ▶ 42

200 OK ◦



הגענו אל היעד!



- ▶ חיברנו את כל הידע שצברנו במהלך השנה
- ▶ הבנו איך פועלת רשת האינטרנט

מושגים שהשתמשנו

בהם:

- שרת
- לקוח
- ראוטר
- NAT
- כתובת MAC
- כתובת IP
- מסכת רשת
- שרת DNS
- שרת DHCP
- שרת WEB
- פורט

פרוטוקולים

שהשתמשנו בהם:

- DHCP
- ARP
- IP
- UDP
- DNS
- TCP
- HTTP