

---

# אתרנט, אתרנט מהיר, מיתוג

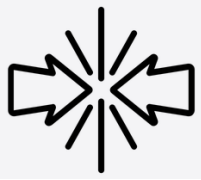
13 מאי 2025  
הרצאה 7

Some Slides Credits: Steve Zdancewic (UPenn), Kurose and Ross

# נושאים להיום

---

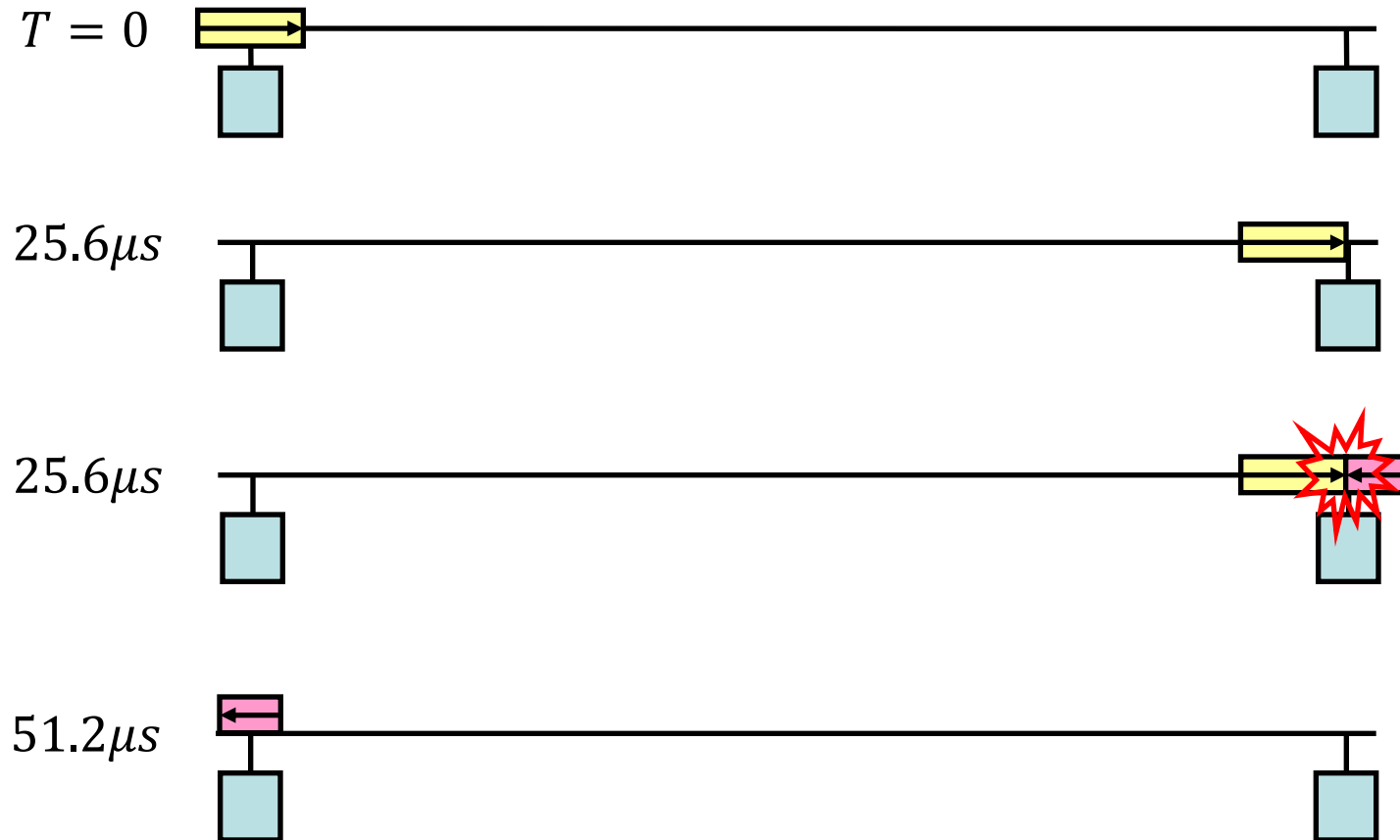
- אתרנט
- אתרנט מהיר
  - 100 Mbps
  - 1 Gbps
- מיתוג
  - שכבה 2 (קישור)
  - שכבה 3 (רשת)
  - מנות נתונים
  - מעגל מדומה



# זיהוי התנגשות

- כאשר מתאם מזהה התנגשות
  - הוא שולח מיד **אות חסימה Jamming Signal** של 32 סיביות (לסירוגין 1 ו-0)
  - הוא מפסיק לשדר
- ייתכן שמתאם  $10Mbps$  יצטרך לשלוח 512 סיביות כדי לזהות התנגשות. למה?
  - $2500m + 4$  מגברים גורמים ל-RTT של  $51.2\mu s$
  - $51.2\mu s$  בקצב שליחה של  $10Mbps = 512$  סיביות
  - למרבה המזל, מסגרת מינימלית (לא כולל הקדמה) הינה 512 סיביות = 64 בתים
  - 46 בתים נתונים + 14 בתים כותרת + 4 בתים CRC

# התנגשות אתרנט (המקרה הגרוע ביותר)



# נסיגה אקספוננציאלית

- לאחר זיהוי התנגשות #1
  - המתאם ממתין 0 או  $51.2\mu s$  לפני שהוא ינסה שוב
  - נבחר באופן אקראי
- לאחר ניסיון השידור הכושל #2
  - המתאם ממתין באופן אקראי 0,  $51.2\mu s$ ,  $102.4\mu s$ ,  $153.6\mu s$
- לאחר ניסיון השידור #n
  - בוחר  $k$  מתוך  $0..2^n - 1$
  - ממתין  $51.2\mu s \times k$  מוותר אחרי 16 ניסיונות חוזרים
  - (אבל  $n$  נעצר ב-10)

- אתרנט
- אתרנט מהיר
  - 100 Mbps
  - 1 Gbps
- מיתוג
  - שכבה 2 (קישור)
  - שכבה 3 (רשת)
  - מנות נתונים
  - מעגל מדומה

# אתרנט מהיר : אתגר

בשנת 1995, IEEE כינסה מחדש את קבוצת 802.3 לשפר את אתרנט

**המטרה :** לקדם את אתרנט ל-100Mbps  
— אבל—

- אותו **מבנה מסגרת**
  - שכבה פיזית זהה/דומה
  - אותם **מאפייני פרוטוקול** (גודל מסגרת מינימלי, גודל מסגרת מרבי)
- איך?

# אתרנט מהיר : פתרון

## רעיון מרכזי:

- צמצם את האורך המרבי מ-2500 מ' לכ-200 מ' (צמצם את האורך ל-10%)
- הגדל את הקצב האיתות baud של הקו (זה נהיה מסובך)

## פרטים:

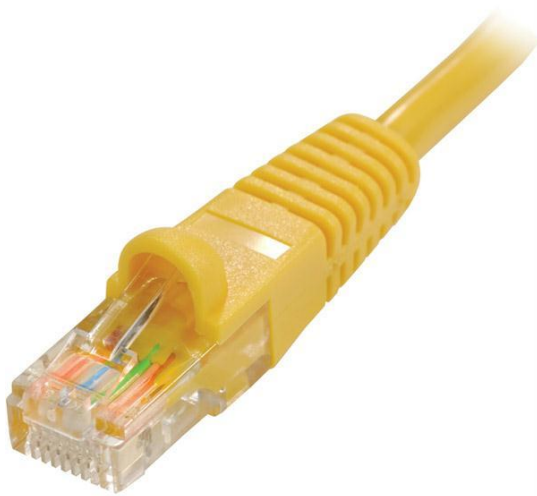
- שלושה תווכים פיזיים אושרו, כל אחד עם יתרונות וחסרונות

Name	Cable	Max. Seg. Length	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100Mbps (Cat 5 UTP)
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100Mbps; long runs



# קטגוריה 5 UTP

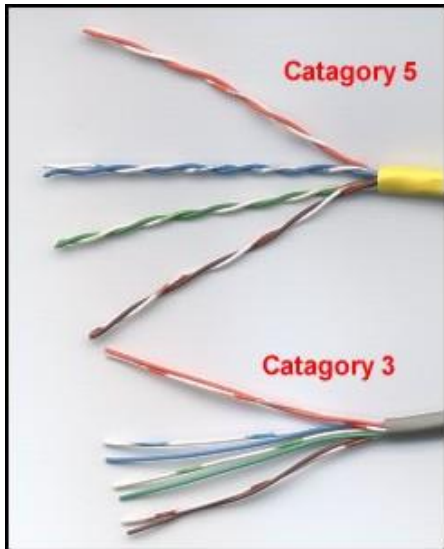
- Cat 5 יכול להתמודד עם  $125MHz$  ל- $100$  מ' לכן לא צריכים את הטריקים של Cat 3



## פתרון:

- עוזבים את מנצ'סטר (50% יעילות) - נשתמש ב-4B/5B במקום (80% יעילות)
- 4B/5B משתמש בחלק מהשילובים של 5 סיביות עבור נתונים
- השאר אסורים או משמשים לאיתות בתוך הפס
- משתמשים בחוט אחד להעלות, חוט שני להוריד

$$1 \text{ bit} \times 100MHz = 100Mbps$$



# סיבים אופטיים

סיבים יכולים להעביר בקלות עם 100 Mbps בדופלקס מלא

- האורך הוא יותר מ-200 מ', כך שכל כבלי הסיבים חייבים לעבור  
דרך מתגים - ללא רכזות
- כלומר, אין התנגשויות, כך שאין CSMA/CD



# אתרנט גיגה-ביט : אתגר

---

בשנת 1999, IEEE הוציאה 1 Gbps - Gigabit Ethernet

אותן דרישות :

- חומרה דומה
- אותו מבנה מנה
- אותם מאפייני פרוטוקול (מינימום, גודל מנות מרבי)

איך?

# אתרנט גיגה-ביט : פתרון

- בגיגה-ביט אתרנט רגיל, הכול עובר דרך מתגים
- ללא רכזות, אין התנגשויות, אין CSMA/CD
- מה אם בכל זאת רוצים להשתמש ברכזות?

## פתרון לא ריאלי:

- צמצם את המרחק המרבי ל-25 מטר

## פתרון:

- שמור על מרחק מרבי של 200 מטר
- הגדל את גודל המנה המינימלי ל-512 בתים (!)
- **Frame Bursting** מאפשר לשלוח מספר מסגרות בו-זמנית אם הם קטנים מ-512 בתים.
- כרטיס הרשת מרפד בשקט מסגרות עם 0-ים אם הן קטנות מ-512 בתים ( **Carrier Extension** )
- מהי היעילות עבור חבילת מינימום ישנה?

# הדורות הבאים

## • 2002 - 10 Gigabit Ethernet

- משתמש רק במתגים, כך שאין CSMA/CD
- 25/50 Gbps Ethernet קיים כעת למרכזי נתונים
- הספקת-כוח על גבי אתרנט Power over Ethernet

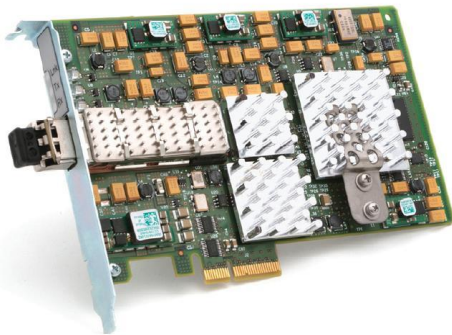
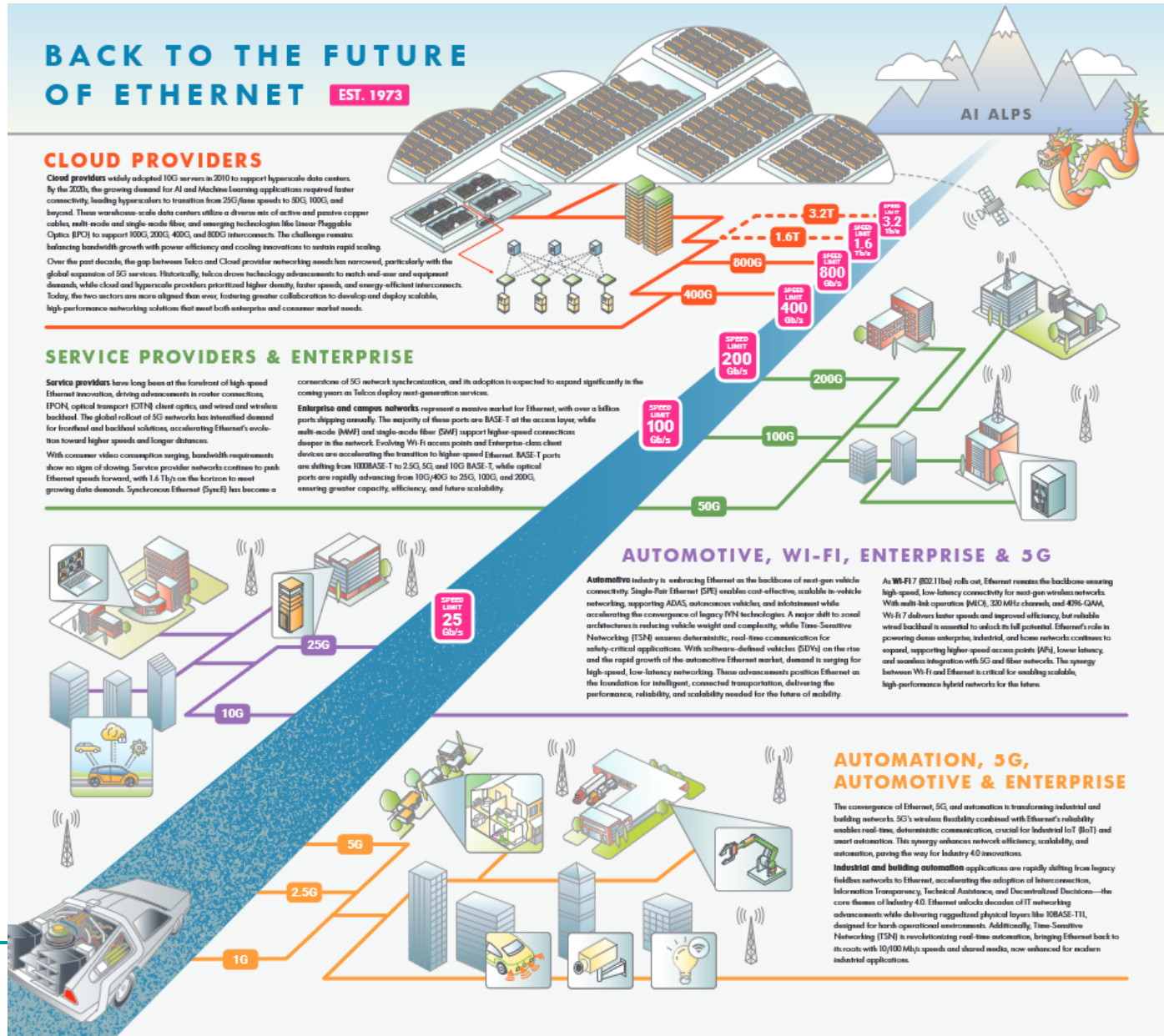


Figure 1. Cisco ASR 9000 Series 2-Port 100 Gigabit Ethernet Line Card



- 2010 - 40 Gbps ו-100 Gbps אתרנט
- 40 Gbps לשימוש במרכזי נתונים
- 100Gbps עבור חיבורי רשת למרחקים ארוכים  
משתמשים ב- $(4 \times 25\text{Gbps})$
- כעת : עובדים על 400Gbps ו-1Tbps אתרנט
- רוצים לשמור על מבנה המסגרת וגודל מסגרת
- מרחקים של עד 10 ק"מ

# מפת הדרכים של Ethernet Alliance 2025



- אתרנט
- אתרנט מהיר
- 100 Mbps
- 1 Gbps
- מיתוג
- שכבה 2 (קישור)
- שכבה 3 (רשת)
- מנות נתונים
- מעגל מדומה

- מתג הוא קופסת

אלקטרוניקה עם 4 עד 32

כרטיסים

- כל כרטיס מכיל 1-8 יציאות

- הכרטיסים מחוברים באמצעות לוח

אחורי במהירות גבוהה (Gbps)

- כל יציאה מתחברת למחשב אחד (או

לרכזת)

שני סוגי כרטיסים :

1. לכל קלף יש חוצץ

- כלומר, רק מחשב אחד יכול לדבר בכרטיס בכל פעם

- מצמצם את תחומי ההתנגשות רק ליציאות באותו כרטיס

2. לכל יציאה יש מחסנית

- כלומר, לכל יציאה יש מחסנית לשליחה/קבלה ייעודית

- לא יהיו התנגשויות בכלל (מכיוון שכל יציאה עצמאית)





# אתרנט ממותג

- מתג מוסיף
- ניהול תורים
- **טבלת ניתוב**
- העברה סלקטיבית

מתג מפעיל את החוקים הבאים כאשר מסגרת מגיעה מ-Y ומיועדת ל-X

- אם ל-X יש ערך בטבלת הניתוב
- אם המסגרת הגיעה מיציאה לכיוון X, מתעלמים ממנה
- אחרת, שולח אותה ליציאה לכיוון X
- אם ל-X אין ערך בטבלת הניתוב
- שולח את המסגרת על כל היציאות מלבד זו שממנה היא הגיעה
- אם ל-Y אין ערך בטבלת הניתוב
- מוסיף את היציאה שממנה הגיעה המסגרת בתור היציאה לכיוון Y

# יתרונות המתג

---

אנו מקבלים:

- תחומי התנגשות מחולקים (חלוקת רשתות Ethernet)
- ניהול תורים
- התאמה למהירויות רשת משנה מרובות

מתגים קצת יותר יקרים מרכזות

- מתג 10/100/1000 עולה \$25-\$100
- עלויות רכזת 10/100 בעצם בלתי אפשרי למצוא עכשיו לקנות

# בעיות אבטחה באתרנט



Image copyright Sony Pictures Classics and Sony Pictures Entertainment

## מצב מרחרח

- מרחרח שומע את כל המסגרות ברשת

## פחות בעיה באתרנט ממותג

- למה?

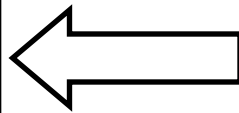
- אתרנט
- אתרנט מהיר
- 100 Mbps
- 1 Gbps
- מיתוג
- שכבה 2 (קישור)
- שכבה 3 (רשת)
- מנות נתונים
- מעגל מדומה

# Open Systems Interconnection (OSI)

מחשב קצה

מודל פורמלי – לא מימש אמיתי

אפליקציה Application	שולח הודעות (למשל, FTP או HTTP)
תצוגה Presentation	מטפל בפורמט נתונים (למשל, big- vs. little-endian)
שיחה Session	מנהל זרימות נתונים
תעבורה Transport	פרוטוקולי תהליך לתהליך
רשת Network	מנתב מנות בין צמתים ברשת
עורק Link	אורז סיביות בתוך מסגרות
פיזי Physical	מעביר סיביות פשוטות על גבי הלינק



# ניתוב מנות

מתג

- בעל כניסות רבות ויציאות רבות
- לוקח מנות שמגיעות מיציאה אחת ושולח אותן דרך היציאה הנכונה



בעיה מרכזית : רוחב פס סופי ברשת

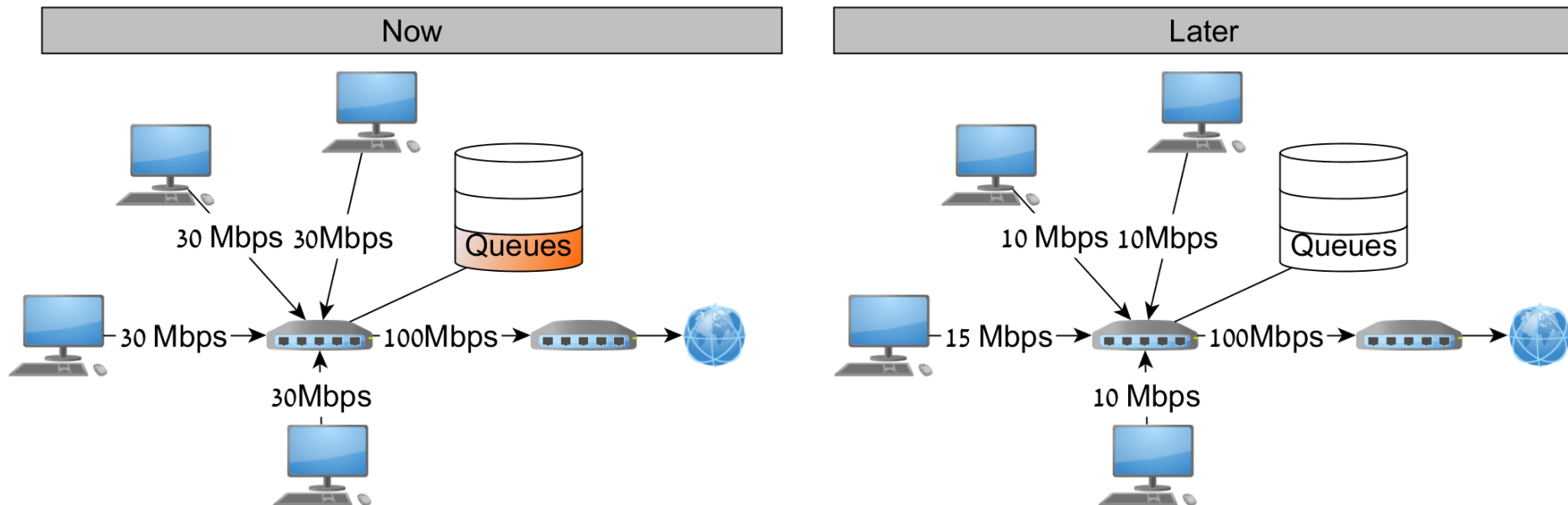
פקקים / גודש

עימות

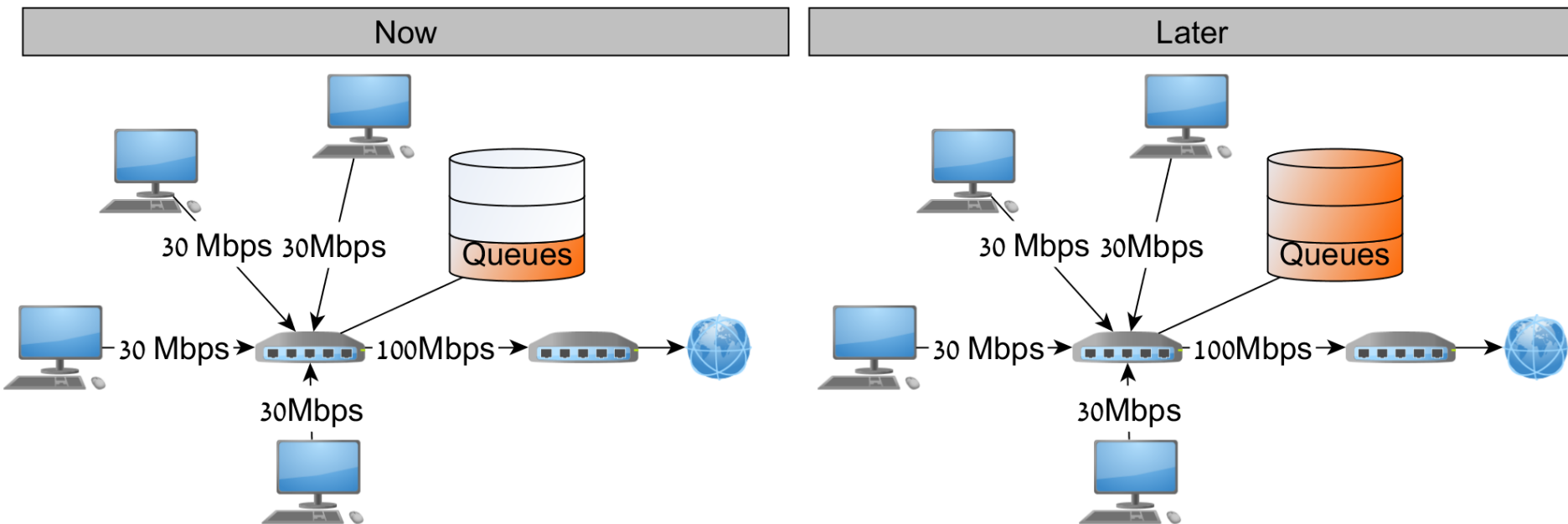
– נגמר מקום האחסון במחסני  
המתג

– נאלץ למחוק מנות

– קצב ההגעה של מנות  
המיודעות לאותה יציאה  
עולה על קיבולת הקו  
– המתג שומרת מנות  
במחסנית







# החלטת העברה

- איך המתג יודע לאן להעביר מנה?
- מסתכלים על כותרת המנה להחליט
- גישות נפוצות

ניתוב מקור  
• פחות נפוץ

מעגל מדומה (או  
מכוון חיבור)  
• למשל, Frame  
Relay, ATM

מנות נתונים (או  
ללא חיבור)  
• למשל, IP

# ניתוב : נסיעה לעפולה מכנרת

## אפשרות 1:

רשות הדרכים מציבה שלט בכל צומת  
להראות לאיזה כיוון לנסוע  
אם יש 200 יעדים אפשריים, צריכים 200  
חיצים בכל צומת  
בכל צומת מחפשים בין 200 חיצים למצוא  
את החץ לעפולה.



## אפשרות 2:

ראשית, שלח מישהו שיודע את הדרך. הוא  
מציב שלט בכל צומת עם השם  
"מייקל" וכיוון הנסיעה.  
צריך רק שיהיו כמה שלטים בכל צומת כמו  
מספר הנוסעים.  
הגדרת המסלול עולה הלוך ושוב אחד



- אתרנט
- אתרנט מהיר
- 100 Mbps
- 1 Gbps
- מיתוג
- שכבה 2 (קישור)
- שכבה 3 (רשת)
- מנות נתונים
- מעגל מדומה