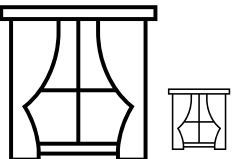

חלון הזזה, אתרנט

19 מאי 2026
הרצאה 5

נושאים להיום

- חלון הזזה
- אתרנט



איזה גודל חלון?

- אם $RTT \times Bandwidth$ ידוע, האידיאל לחלון השליחה:

$$SWS = \frac{RTT}{2} \times \frac{Bandwidth}{Framesize}$$

- גדלים טיפוסיים לגודל חלון הקבלה:

הערה:
 $RWS > SWS$
לא הגיוני

$RWS = SWS$

- כמה שיכולים להגיע ביחד בשליחה אחת מתקבל

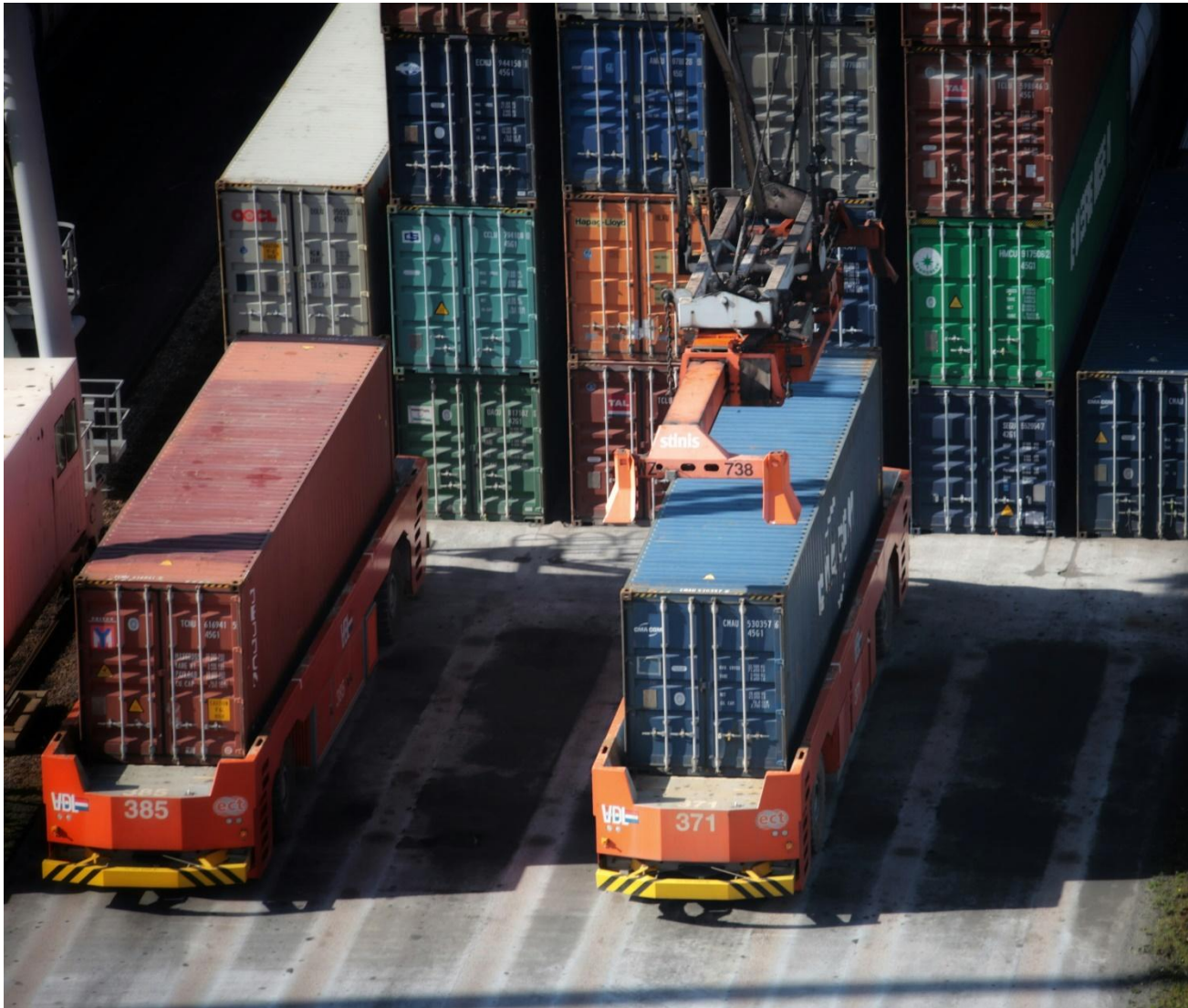
$RWS = 1$

- אין שמירה של מסגרות שהגיעו לא לפי הסדר

מספר רץ סופי

מספר הרץ המרבי נקבע על ידי מאפייני הפרוטוקול

- גודל השדה קבוע



התפקיד של חלון הזזה

העברה לפי סדר

- המקבל שומר את המסגרות ומעביר אותם לפי סדר מספר הרץ

שליחה אמינה

- פרוטוקול יעיל לשליחה חוזרת וטיפול בשגיאות

בקרת הזרימה

- המקבל מחזיר מנות ACK לשולח
- גרסה יותר מתקדמת יכולה להודיע לשולח כמה מקום נשאר בזיכרון <-- יכול להאט את השליחה

חלון הזזה בפועל

TCP (Transmission Control Protocol)

קיבולת
Bandwidth
 \times *delay*
לא ידוע

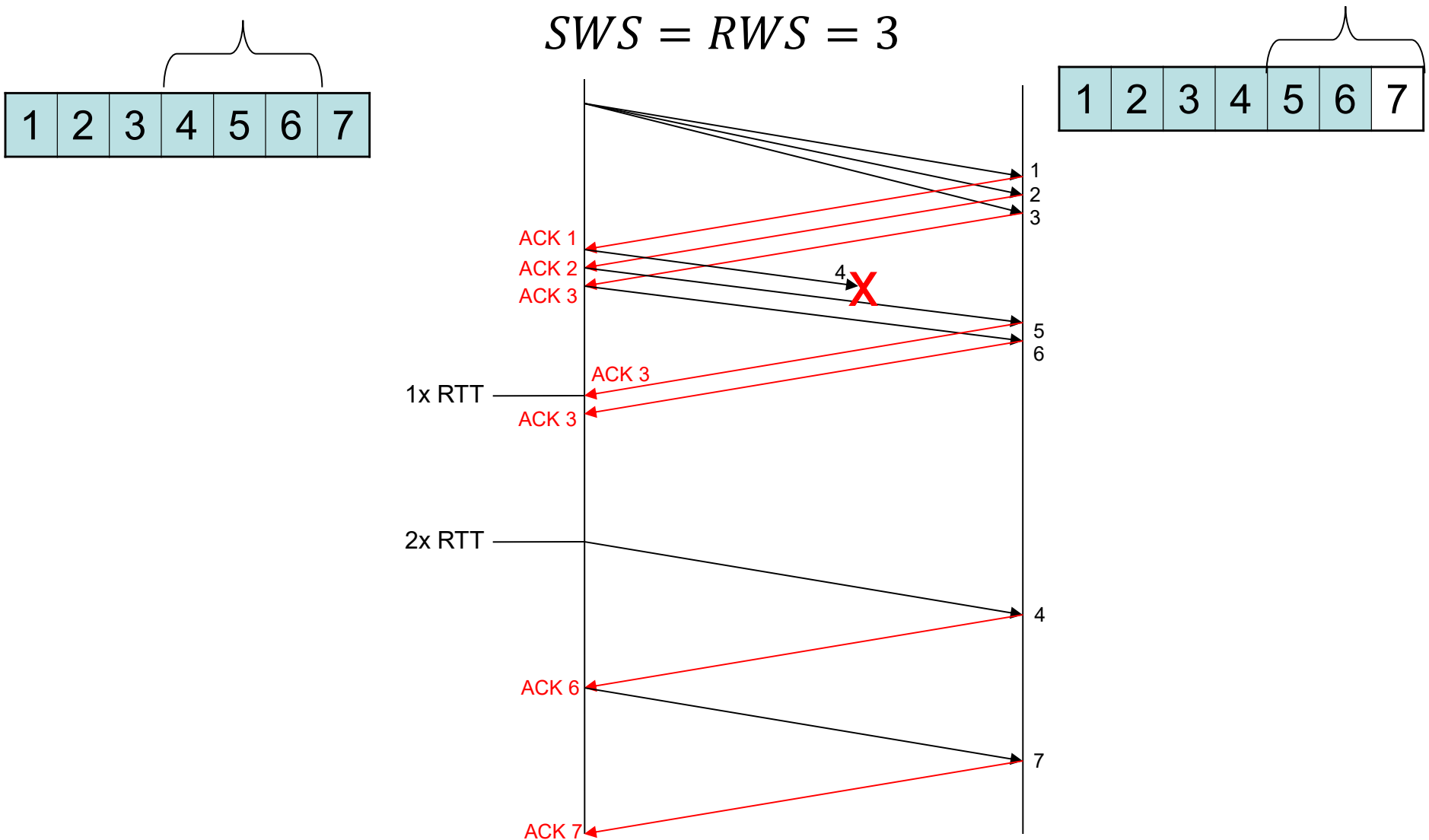
יותר מורכב בגלל
שהוא רץ על
האינטרנט ולא על
חיבור ישיר

משתמש בחלון
הזזה

חלונות שליחה וקבלה גדולים
לאפשר הגעה לא לפי הסדר

משנה את שעונים המעוררים
בצורה דינמית

לדוגמה $SWS=RWS=3$, מנה 4 נופל



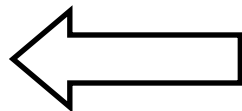
- חלון הזזה
- אתרנט

Open Systems Interconnection (OSI)

מחשב קצה

מודל פורמלי – לא מימש אמיתי

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



תקני רשת 802 של IEEE

ועדת 802 של IEEE מייצרת תקנים ומפרטים עבור
רשתות מקומיות (LAN) Local Area Networks

- **802.3 CSMA/CD Networks (Ethernet אתרנט)**
- 802.4 Token Bus Networks רשתות אפיק אסימון
- 802.5 Token Ring Networks רשתות מגעל אסימון
- 802.6 Metropolitan Area Networks רשתות אזוריות
- **802.11 Wireless LAN (Wi-Fi אל-חוטי)**

אתרנט (802.3)

- תקן לרשתות מקומיות (LAN)
- פותח בשנות ה-70 ב-XEROX PARC
- צאצא של פרוטוקול Aloha מאוניברסיטת הוואי שהעביר מנות דרך שידורי רדיו
- תקן מחברת Xerox, Intel, DEC : שנת 1978 במהירות 10Mbps
- תקן 802.3 פתוח מתוך זה
- מימושים פיזיים :
 - 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF, 100BaseT, 1000BaseT...
 - מהירות: 10Mbps, 100Mbps, 1000Mbps, ...

Name	Cable	Max Seg. Length	Nodes per Seg.	Advantages
10Base5	Thick coaxial	500 m	100	Original cable; obsolete
10Base2	Thin coaxial	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings, secure

חיבורים פיזיים לאתרנט המקורי



- מקורי 10Base5 “Thick-net”

 - $10 = 10Mbps$

 - $5 =$ מספר המקטעים של 500 מטרים המרבי

 - עד 4 מגבירים בין מחשבים = 2500 מטרים

- יותר נפוץ: 10BaseT

 - $10 = 10Mbps$

 - $T =$ זוג שזור (כבל Cat-5)

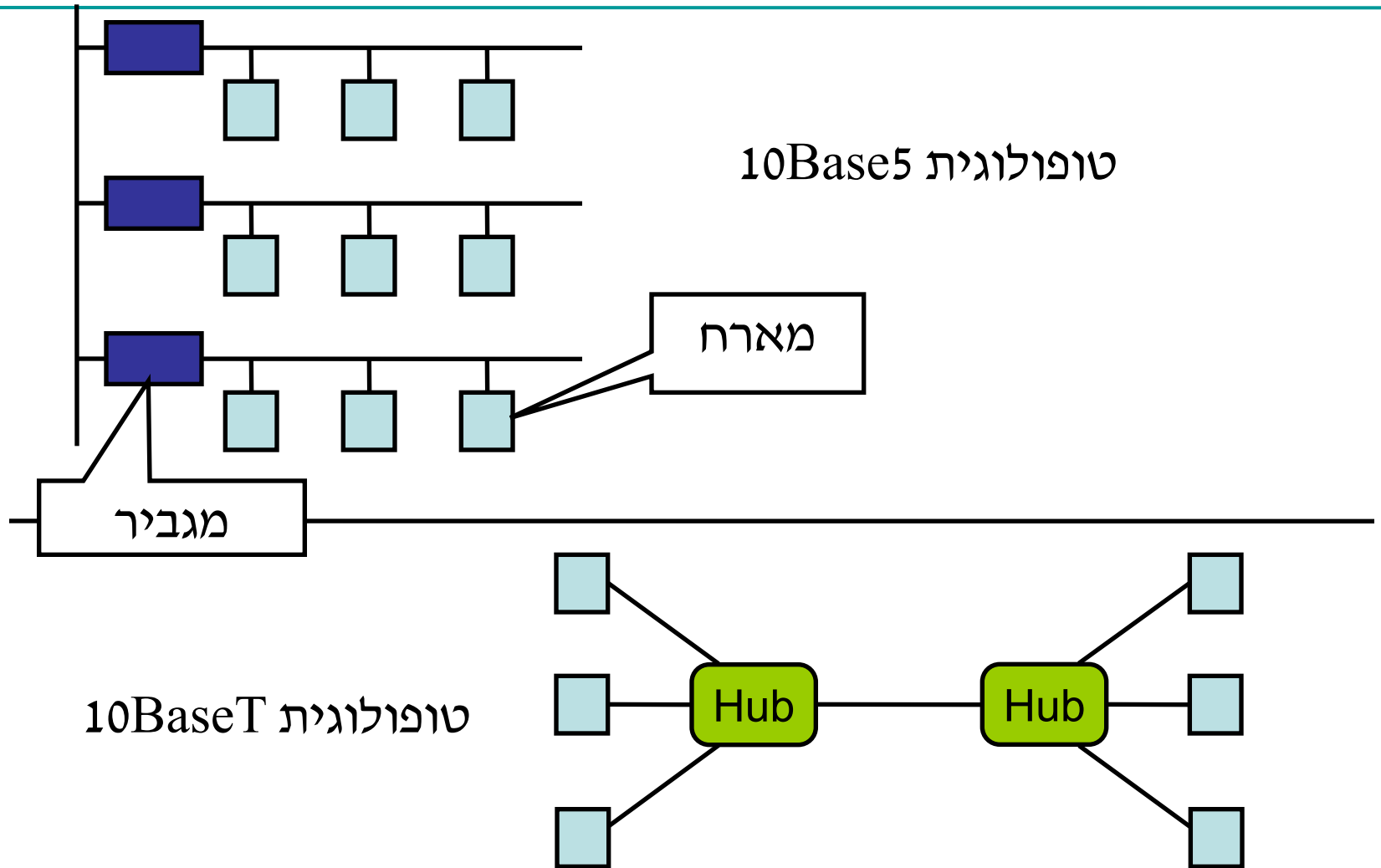
 - מקטע מרבי – 100 מטרים

 - מחובר דרך רכזות Hubs עדיין 2500 מטרים מרבי

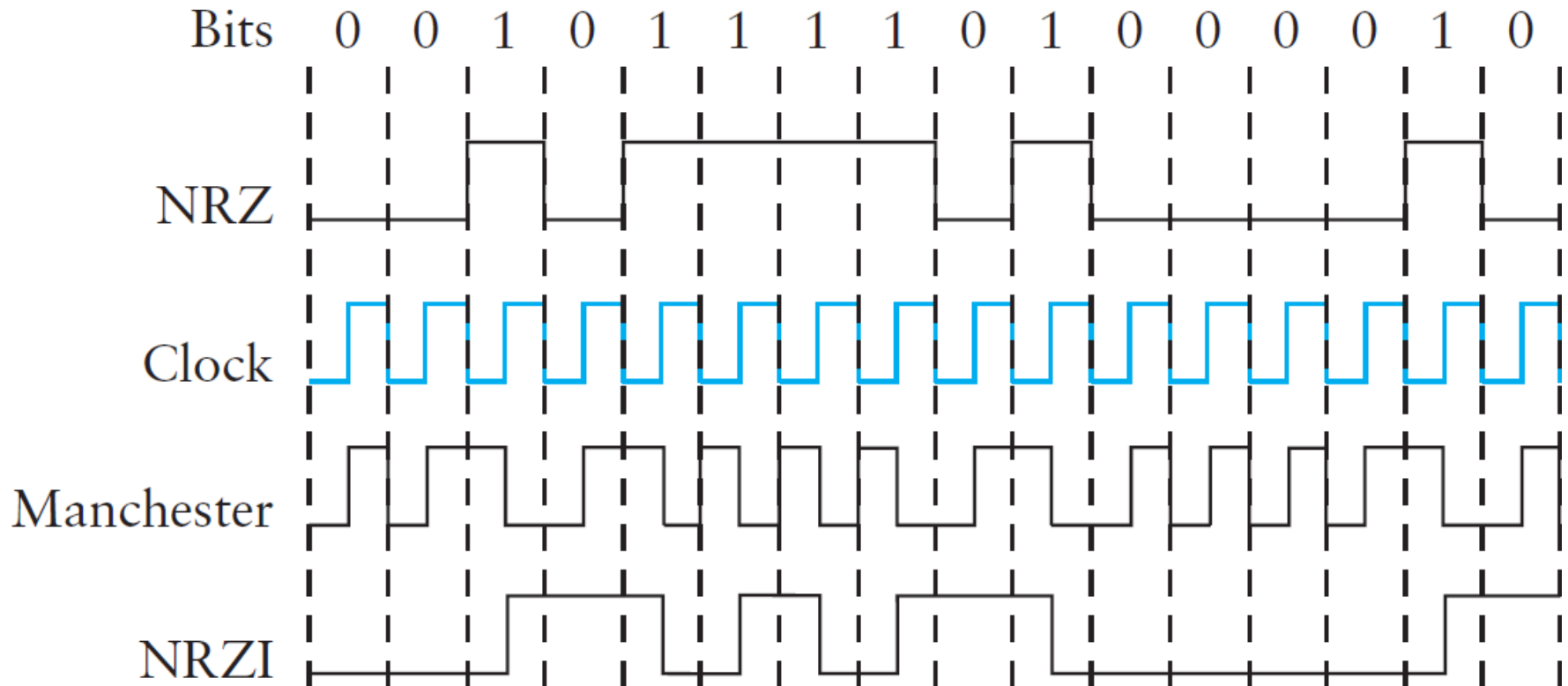
 - תקנים מודרניים: 100BaseT, 1000BaseT



טופולוגיות אתרנט



קידוד אתרנט : מנצ'סטר



עקרונות אתרנט

מארחים
שמתחרים על
אותו חיבור
נמצאים באותו
אזור התנגשות
**collision
domain**

שיטת התפעול
CSMA/CD

- Carrier Sense,
Multiple Access,
with Collision
Detection
- חש התווד, גישה מרובה
עם גילוי התנגשויות

חיבור אתרנט
משותף

- אות ממארח
אחד מגיע
לכולם

Media Access
Control
(MAC)

חדשות רעות : חייבים
חוקי שליטה על התווד

חדשות טובות :
קל להפיץ מידע



כתובות אתרנט

- כל מתאם אתרנט שנוצר מקבל כתובת סידורית ייחודית

דוגמאות

- 00-40-50-B1-39-69
- 8: 0: 2b: e4: b1: 2

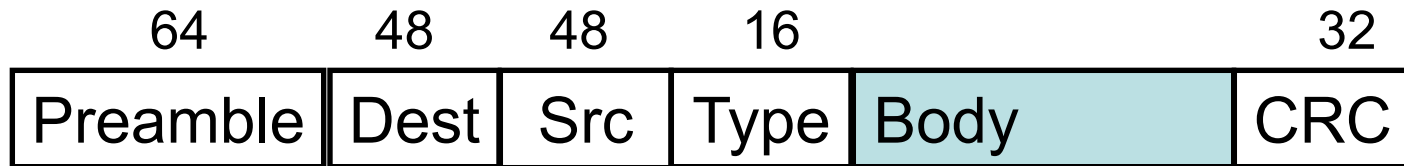
6 בתים (48 סיביות)
נכתב בבסיס 16 בד"כ

היצרן מבטיח
שמתאמים יקבלו
סיומות ייחודיות

<https://www.wireshark.org/tools/oui-lookup.html> •

כל יצרן קיבל קידומת
של 24 סיביות

מבנה המסגרת של אתרנט



- קידומת – תבנית חוזרת של 1-ים ו-0-ים
 - המקבל מסנכרן על האות
- במנצ'סטר, זה אות מרובע בתדר 10MHz למשך $6.4 \mu s$
- כתובות יעד ומקור – כתובות אתרנט
- סוג – מפתח פענוח ריבוב
 - מזהה את הפרוטוקול שיש בפנים
- תוכן – הנתונים לשלוח
 - גודל מינימלי: 46 בתים
 - גודל מרבי: 1500 בתים

כתובות במסגרת אתרנט

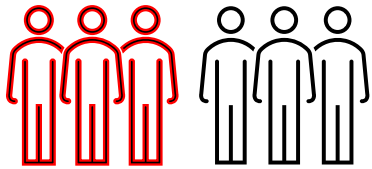
סיבית ראשונה = 1
אומר שזו כתובת
multicast קבוצתית
address

- נשלח לקבוצת מקבלים

סיבית ראשונה = 0
אומר שזו כתובת
unicast יחידנית
address



- נשלח למקבל אחד



כל הסיביות = 1 הינה
כתובת שידור לכולם
broadcast address

- נשלח לכל המתאמים
- 

אלגוריתם קבלה למתאם אתרנט

אם קיבל הנחייה

- מנות שנשלחו לכתובת
שליחה מרובה

תמיד קולט

- מסגרות שנשלחו
לכתובת שידור לכולם
- מסגרות שנשלחו
לכתובת שלו

כל המסגרות

- אם המתאם בתצורת
promiscuous

אלגוריתם שידור של אתרנט

אם החיבור פנוי
שולחים מיד

- גודל מרבי של מסגרות
גורם לכך שאין אחד
שייקח את כל החיבור

- חלון הזזה
- אתרנט