

# תרגול מס' 0 – השכבה הפייסית



# רואי' מתיכס

## □ סוג תוור שונים:

- זוג שזר
- כבל קוואקסיאלי
- סיב אופטי
- תוור חופשי (אוויר, ריק)

## □ זמנים:

- - זמן התפשנות (השהיה).
- - זמן שידור
- - זמן מחרוז (Round Trip)

## □ תרגילים לדוגמא.

# סוגי תור שוניים



# לְאַבְנָה (Twisted Pair)

- שני חוטי נחושת בקוטר 1 mm מצופים בבידוד ושוררים זה בזזה.



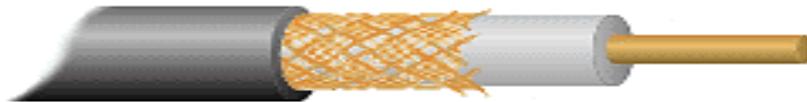
- תכונות:
  - זול!
  - רגיש יחסית לרעשים.
  - NEL<sup>+</sup> (נקודה לנקודה).
  - קצב שידור R:  $1 \rightarrow 100M(\text{bit/sec})$
  - מרחק בין מגדירים:  $M \rightarrow 10KM$

## שימושים:

- רשת טלפון מקומי (בין מנוי למרכזיה).
- רשתות מקומיות מודרניות (LAN-Local Area Network).

# כבל אסאקס (קואקסיאלי)

- ▢ גיד נחושת פנימי, בידוד, סיכור נחושת חיצוני, מעטפת בידוד



- ▢ **תכונות:**

- חסינות טובה לרעשים.
- מספר זרכניים יכולים להתחבר במקביל לאותו הcabל (bus).
- קצב שידור R: (bits/sec)  $500M$ .
- מרחק בין מגדרים:  $10KM \rightarrow 1$ .

- ▢ **שימושים:**

- רשת טלפונים בין מרכזיות.
- טלוויזיה בכבלים.
- רשתות תקשורת מקומיות – בדר"כ בין יחידות מיתוג.

# סיב אופטי (Optic Fiber)



- סיב אופטי מעביר מידע באמצעות קרן אור.
- בקצותו הסיב ישנו מתמיר מאנרגיה חשמלית לאור ולהיפר.
- גל האור מוחזר ונשאר בתוך הסיב, ההחזרה נובעת ממתקדי שירה שונים של ליבת הסיב והמעטפת.

## תכונות:

- חסינות גבוהה לרעשים.
- אמינות גבוהה.
- קשה מאוד לציתות.
- נל"ז (נקודה לנקודה) .
- קצב שידור R : 10G(bits/sec).
- מרחק בין מגברים: 10KM → 500KM.

## שימושים:

- רשתות תקשורת עירוניות וארציות (MAN,WAN).

# תוווק חילוי

- התווך החופשי משמש כתווך להעברת גלים אלקטромגנטיים (גלי רדיו). זהו תוווק כללי "פתוח".



- **תכונות:**
  - רגישות רבה לרעשים ולחסימות.
  - קל מאד לציטוט.
  - מספר צרכנים ניידים מסוגלים להשתמש בו במקביל.
  - משאב מוגבל – משלדים המשתמשים באותו איזור גאוגרפי באותו תדרים מפריעים זה לזה.
  - קצב שידור R: (bits/sec)  $\rightarrow$  1G(bits/sec)
  - מרחק בין מגברים:  $10K \rightarrow 50000KM$

- **שימושים:**
  - רדיו וטליזיה.
  - תקשורת לוויינים.
  - טלפונים אלחוטיים.
  - תקשורת סלולרית.

# זמינים



# לأن המתכוונים (ה传达性)

- לכל סוג תווור יש השהייה propagation delay
- מהירות התקדמות אות חשמלי בריק היא ( $C = 3 \times 10^8$  m/sec) שזו מהירות האור.
- בתווך נחותה התקדמות הגל היא איטית במעט ( $V = 2 \times 10^8$  m/sec).
- זמן התפשטות (propagation delay) תלוי במהירות ההתרפשות בתווך וכן במרחק בין המקור והיעד:

$$T_p = \frac{\text{מרחק פיזי } D [m]}{\text{מהירות הסיגנל } V \left[ \frac{m}{sec} \right]}$$

# לען איזור

---

- ▢ זמן השידור (transmission delay) תלוי באורך החבילה המשודרת ובקצב השידור.

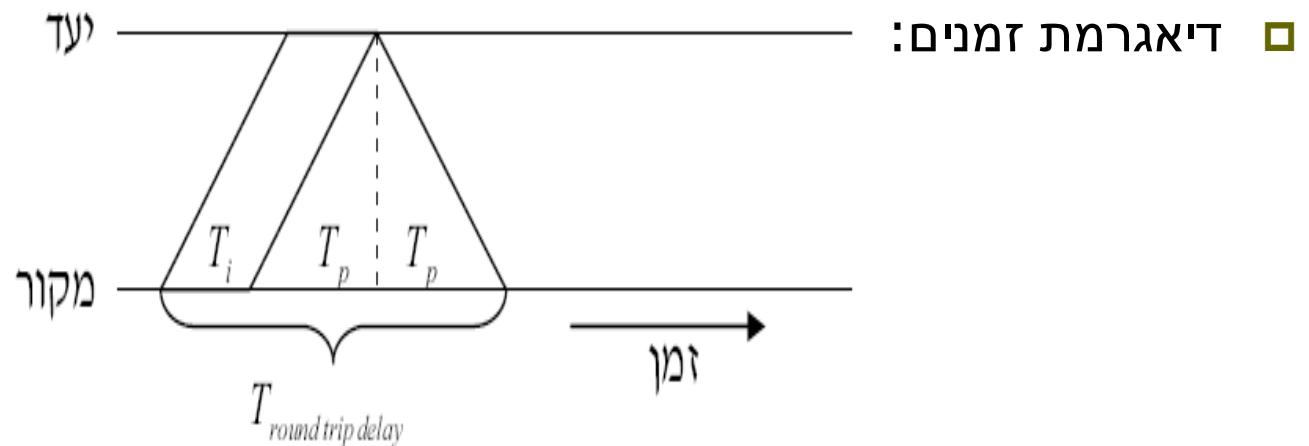
$$T_i = \frac{\text{אורך חבילה } L \left[ \text{bits} \right]}{\text{קצב השידור } R \left[ \frac{\text{bits}}{\text{sec}} \right]}$$

# (Round Trip) **זמן אמלוץ**

- ▢ הזמן העובר מתחילה שידור החבילה בצד השולח, ועד קבלת הבית האחרון של חבילת אישור (שנשלחת ע"י היעד עם סיום קליטת חבילת המידע):

$$T_{\text{round trip delay}} = T_i + 2 \cdot T_p$$

- ▢ בדרך"כ לא מתחשבים בו:
  - זמן עיבוד ההודעה ביעד.
  - זמן שידור ack (אישור).



# תרגולים לדוגמה



# מכסיף 1

$$a \equiv \frac{T_p}{T_i} = \frac{\text{זמן ההפניה בקשר}}{\text{זמן שידור}}$$

☐ נגידיר את היחס הבא:

☐ חשב את  $a$  עבור המקרים הבאים:

| סוג התווך         | מרחק בין מקור ויעד D | קצב השידור R ( $\frac{\text{bits}}{\text{sec}}$ ) |
|-------------------|----------------------|---|
| א. זוג שזר        | 100m                 | 10K   |
| ב. כבל קוואקסיאלי | 10km                 | 1M  |
| ג. לוין           | 70,000km             | 10M   |

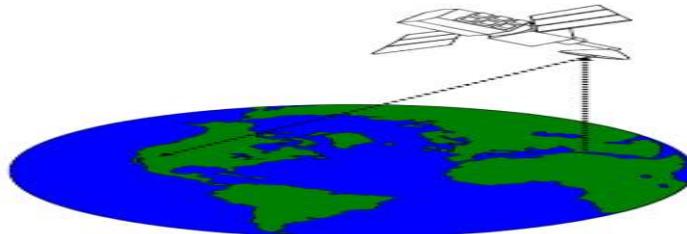
אורך חבילת נתונים:  $L=1000$  [bits].

# 1 מרכיבים

| $T_i = \frac{L}{R} [\text{sec}]$             | $T_p = \frac{D}{V} [\text{sec}]$                             | a   |    |
|--|--|---|----|
| $T_i = \frac{1000}{10 \cdot 10^3} = 0.1$     | $T_p = \frac{100}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-7}$           | $a = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{0.1} = 5 \cdot 10^{-6}$     | .א |
| $T_i = \frac{1000}{1 \cdot 10^6} = 10^{-3}$  | $T_p = \frac{10 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-5}$ | $a = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-2}$ | .ב |
| $T_i = \frac{1000}{10 \cdot 10^6} = 10^{-4}$ | $T_p = \frac{70,000 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 0.23$        | $a = \frac{0.23}{10^{-4}} = 2.3 \cdot 10^3$             | .ג |

- **מסקנות:**
- $T_i$  “T round trip delay”  $\leq a \ll 1$
  - $T_p$  “T round trip delay”  $\geq a \gg 1$

# מטכון מכם 1



הבהרה:

- ◻ עברו המקירה של הלוין, בו קיבלנו ערך מאד גדול של א נסתכל על מספר החבילות שנמצאות באוויר במקרה של שידור ממושך.

$$Nb_{its} = R \cdot T_p = 10^7 \cdot 0.23 = 2.3 \cdot 10^6 [bits]$$

- ◻ מספר הביטים באוויר (מקור→יעד):

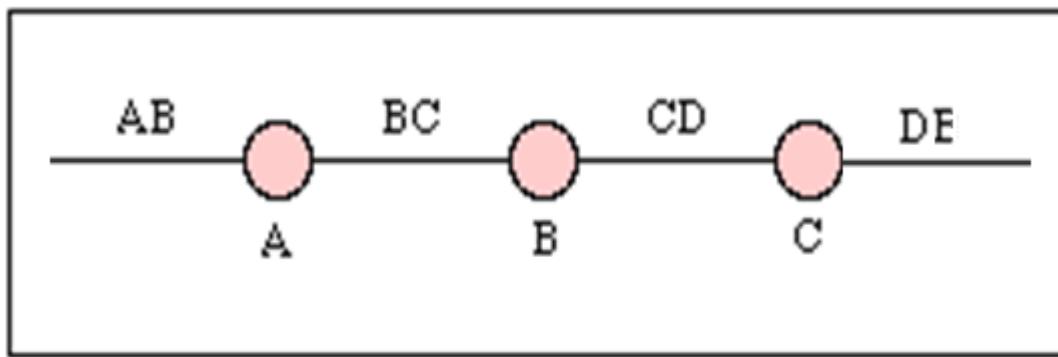
$$N_{packets} = \frac{Nb_{its}}{L} = \frac{2.3 \cdot 10^6}{1000} = 2.3 \cdot 10^3 = 2300$$

- ◻ מספר החבילות באוויר (מקור→יעד):

- ◻ לסיום : עברו שידור ממושך של חבילות , נמצאות בכל רגע נתון 2300 חבילות באוויר בין המקור ליעד.

## תכליף 2

ברשת תקשורת כלשהי משלדים מסגרת באורך  $L=1500$  bytes, ההודעה עוברת דרך 3 צמתים, כלומר ב-4 קוי תקשורת כאשר אורך כל קו תקשורת  $m=100$  m. רוחב הפס של הקו התקשרות הוא  $R=10Mbps$  והשהייה בכל צומת  $1\mu sec$ .



- מה זמן השהייה הכללי בין תחנות הקצה ?
- מה זמן שידור המסגרת ?

## 2 מרכיבים

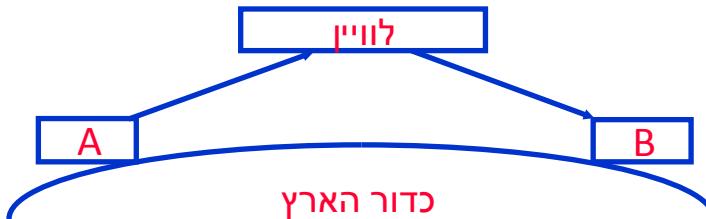
- ▢ זמן התפישות כולל – זמן הפשנות בקן + השהייה בצתמים.
- ▢ זמן התפישות בקן של  $100\text{m}$ :

$$T = 4 \cdot \frac{100(\text{m})}{2 \cdot 10^8 \left( \frac{\text{m}}{\text{sec}} \right)} + 3 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{sec} = 5 \mu\text{sec}$$

- ▢ גודל המסגרת  $8 \text{ bytes} * 1500$
- ▢ זמן שידור המסגרת:

$$T = \frac{1500 \cdot 8 \text{ (bits)}}{10^7 (\text{bits/sec})} = 1.2 \text{ msec}$$

# תרכיף 3



- ☒ נסתכל על תקשורת לוויינים:

☒ הלוויין מוצב בגובה 36,000 ק"מ מכדור הארץ. במרחק זה הוא מקיף את כדור הארץ כל 24 שעות, ולכן מיקומו ביחס לכדור הארץ אינו משתנה.

☒ זמן התפשטות בין כדור הארץ ללוויין (ולהיפר) נתון ע"י

$$T_p = \frac{36,000 \text{ km}}{3 \cdot 10^5 \text{ km/sec}} = 0.12 \text{ sec} = 120 \text{ msec}$$

כאשר  $\text{sec} = 3 \cdot 10^5 \text{ km/sec}$  היא מהירות האור.

1. נתון כי A משדר מסגרות בגודל  $1000 \text{ bits}$  כל אחת לעורץ תקשורת עם קצב  $R=50 \text{ kbps}$ .

■ מהו זמן שידור מסגרת (ב밀ישניות)?

■ כמה זמן (ב밀ישניות) עובר מהרגע בו A מתחילה לשדר מסגרת ועד שהמסגרת מגיעה ל-B ?

■ בהנחה שזמן שידור מסגרת ACK מ- B זמן, כמה זמן (ב밀ישניות) עובר מהרגע בו A מתחילה לשדר מסגרת ועד שמסגרת תגובה מגיעה בחזרה ל-A ?

2. מהי יכולת העורץ במקרה זה (בהנחה שאין שגיאות בקוו)?

# כטלוון מרכזים 3

סעיף א':

1) זמן שידור מסגרת:

$$T = L/R = 1000/50,000 = 0.02 \text{ sec} = \underline{20 \text{ msec}}$$

2) בזמן  $t=0$ , A מתחילה להכניס מסגרת עד  $t=20 \text{ msec}$ ,

■ לאחר התפשטות בקוו -  $120 \text{ msec} * 2 = 240 \text{ msec}$

■ היא מגיעה ל-B כלומר לאחר 260 msec.

3) אם זמן שידור ACK זניח אז סה"כ עד שוחזר ACK ל-A זה לוקח

$$260 \text{ msec} + 240 \text{ msec} = \underline{500 \text{ msec}}$$

סעיף ב': ניצולת זה מספר החבילות ששידרנו בפרק זמן השווה לשידור מסגרת אחת

(במקרה זה שדרנו רק מסגרת אחת), כאשר זמן שידור מסגרת  $20 \text{ msec}$  והזמן

הכפול למסגרת להישלח ולחזור הוא  $\frac{20}{500} = 4\%$  (500 msec) ביחס זהה נמוך מאוד !!

# תרכזים 4

---

- למדנו שני נסחים למציאת הקצב המרבי בערז:
- נסחת Nyquist ונסחת Shanon.
1. מדוע ישן שתי נסחים ולא אחת?
  2. בהינתן ערז של  $2\text{MHz}$  ויחס אות לרעש  $20\text{dB}$  מהו הקצב **המכוּםלי** שניתן להעיבר בערז?
  3. מהו מספר הביטים המכוּםלי הנitin לייצוג ע"י כל סימול שמשודר בהינתן הקצב שחוושב בסעיף ב'?

# כטלוון מצלים 4

.1. נוסחת Nyquist מייצגת חסם לקצב המכוון המלא, שnitן לקבל בערז **ללא רעש** לעומת זאת, נוסחת Shanon מייצגת חסם מכונן מלא, **לקצב בערז עם רעש**.

.2. ראשית נראה כי  $20\text{dB} = 10^2$  (נשותה בנוסחת דציבלים):  
$$x_{dB} = 10 \log_{10}(x)$$

$$20_{dB} = 10 \log_{10}(x) \rightarrow x = 10^2$$

לכן, למציאת הקצב המכונן מלא, נשותה בנוסחת Shanon (היות שיש רעש בערז) ונקבל:

$$C = 2000000 * \log_2(1 + 10^2) = 13.31\text{mb/s}$$

# 4. מטלות

.3. כוֹת נְצָרָךְ לַהֲשִׁמְתָּשׁ בְּנוּסָחֶת :Nyquist

$$D = 2 \cdot B \cdot \log_2 K \Rightarrow K = 2^{\left\lfloor \frac{D}{2B} \right\rfloor}$$

$$D = 13.31 \cdot 10^6, B = 2 \cdot 10^6 \Rightarrow \left\lfloor \frac{D}{2B} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{13.31 \cdot 10^6}{2 \cdot 2 \cdot 10^6} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{13.31}{4} \right\rfloor = 3$$

$$K = 2^3 = 8$$