

תירגול מס' ו – השכבה הפיסית



נושאי התיירות

□ סוגי תווך שונים:

- זוג שזור
- כבל קואקסיאלי
- סיב אופטי
- תווך חופשי (אוויר, ריק)

□ זמנים:

- - זמן התפשטות (השהייה).
- - זמן שידור
- - זמן מחזור (Round Trip)

□ תרגילים לדוגמא.

סוגי תווך שונים



זוג שזור (Twisted Pair)

■ שני חוטי נחושת בקוטר 1 mm מצופים בבידוד ושזורים זה בזה.

■ תכונות:

■ זול!

■ רגיש יחסית לרעשים.

■ נל"ן (נקודה לנקודה).

■ קצב שידור R: 100M(bit/sec) → 1

■ מרחק בין מגברים: 10KM → 1

■ שימושים:

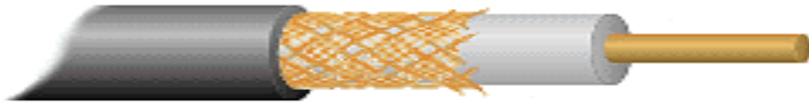
■ רשת טלפונים מקומית (בין מנוי למרכזיה) .

■ רשתות מקומיות מודרניות (LAN-Local Area Network).



כבל אסוכק (קואקסיאלי)

□ גיד נחושת פנימי, בידוד, סיכוך נחושת חיצוני, מעטפת בידוד



□ תכונות:

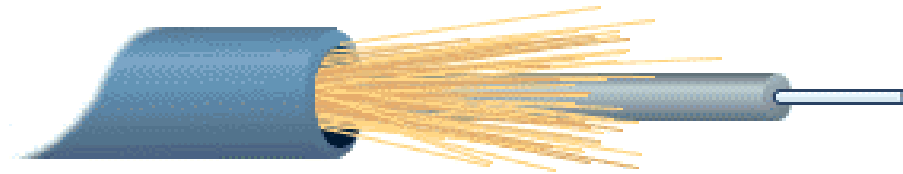
- חסינות טובה לרעשים.
- מספר צרכנים יכולים להתחבר במקביל לאותו הכבל (bus).
- קצב שידור R: 500M(bits/sec).
- מרחק בין מגברים: 10KM → 1.

□ שימושים:

- רשת טלפונים בין מרכזיות.
- טלויזיה בכבלים.
- רשתות תקשורת מקומיות – בדור"כ בין יחידות מיתוג.

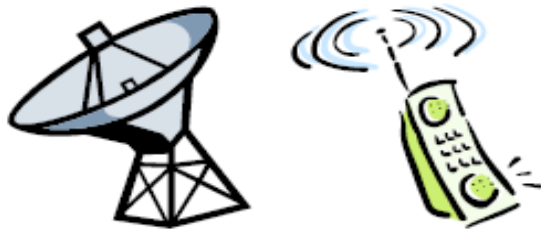
סיב אופטי (Optic Fiber)

- סיב אופטי מעביר מידע בעזרת קרן אור.
- בקצוות הסיב ישנם מתמרים מאנרגיה חשמלית לאור ולהיפך.
- גל האור מוחזר ונשאר בתוך הסיב, ההחזרה נובעת ממקדמי שבירה שונים של ליבת הסיב והמעטפת.
- תכונות:
 - חסינות מעולה לרעשים.
 - אמינות גבוהה.
 - קשה מאוד לציתות.
 - נל"ן (נקודה לנקודה) .
 - קצב שידור R: 10G(bits/sec).
 - מרחק בין מגברים: 500KM → 10.
- שימושים:
 - רשתות תקשורת עירוניות וארציות (MAN, WAN).



תווק חופשי

- התווק החופשי משמש כתווק להעברת גלים אלקטרומגנטיים (גלי רדיו). זהו תווק כללי "פתוח".



□ תכונות:

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

□ שימושים:

- רדיו וטלויזיה.
- תקשורת לווינים.
- טלפונים אלחוטיים.
- תקשורת סלולרית.

זמנים



זמן התפשטות (השהייה)

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

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

זמן שידור

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

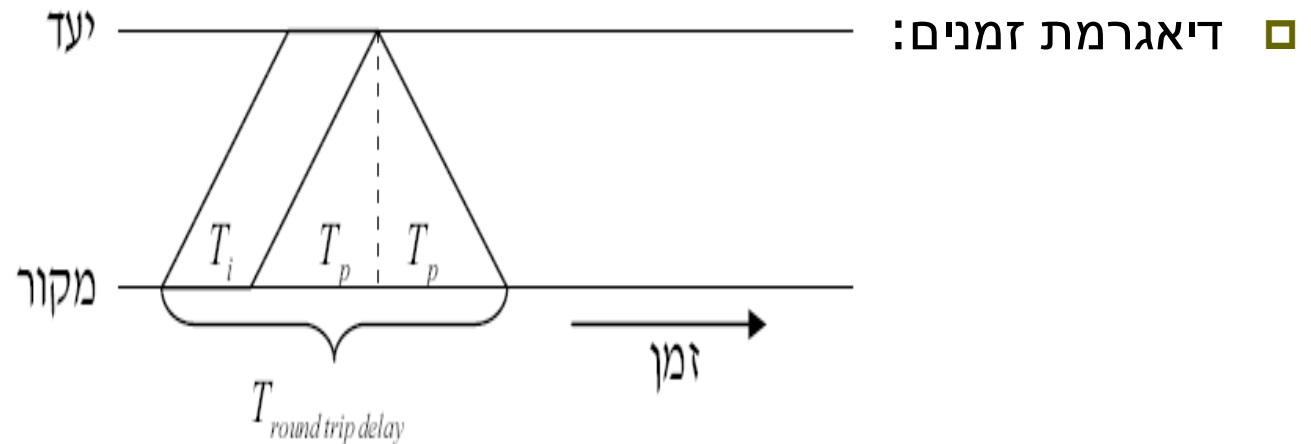
$$T_i = \frac{L \text{ אורך החבילה } [bits]}{R \text{ קצב השידור } \left[\frac{bits}{sec} \right]}$$

זמן מחזור (Round Trip)

- הזמן העובר מתחילת שידור החבילה בצד השולח, ועד קבלת הביט האחרון של חבילת האישור (שנשלחת ע"י היעד עם סיום קליטת חבילת המידע):

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

- בדר"כ לא מתחשבים ב: - זמן עיבוד ההודעה ביעד.
- זמן שידור ack (אישור).



תרגילים לדוגמא



תרגיל 1

□ נגדיר את היחס הבא:

$$a \equiv \frac{T_p}{T_i} = \frac{\text{זמן ההשהייה בקו}}{\text{זמן שידור}}$$

□ חשב את a עבור המקרים הבאים:

	סוג התווד	מרחק בין מקור ויעד D	קצב השידור R ($\frac{\text{bits}}{\text{sec}}$)
א.	זוג שזור	100m	10K
ב.	כבל קואקסיאלי	10km	1M
ג.	לווין	70,000km	10M

אורך חבילה: $L=1000$ [bits].

פתרון תרגיל 1

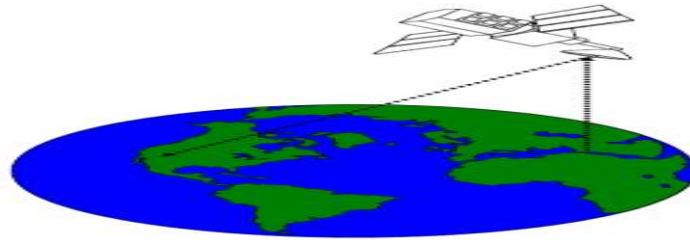
$T_i = \frac{L}{R} [\text{sec}]$	$T_p = \frac{D}{V} [\text{sec}]$	a	
$T_i = \frac{1000}{10 \cdot 10^3} = 0.1$	$T_p = \frac{100}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-7}$	$a = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{0.1} = 5 \cdot 10^{-6}$	א.
$T_i = \frac{1000}{1 \cdot 10^6} = 10^{-3}$	$T_p = \frac{10 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-5}$	$a = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-2}$	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: $a \ll 1$ "T round trip delay" מושפע בעיקר מ- T_i .

$a \gg 1$ "T round trip delay" מושפע בעיקר מ- T_p .

פתרון תרגיל 1

הבהרה:



□ עבור המקרה של הלווין, בו קיבלנו ערך מאוד גדול של a נסתכל על מספר החבילות שנמצאות באוויר במקרה של שידור ממוש.

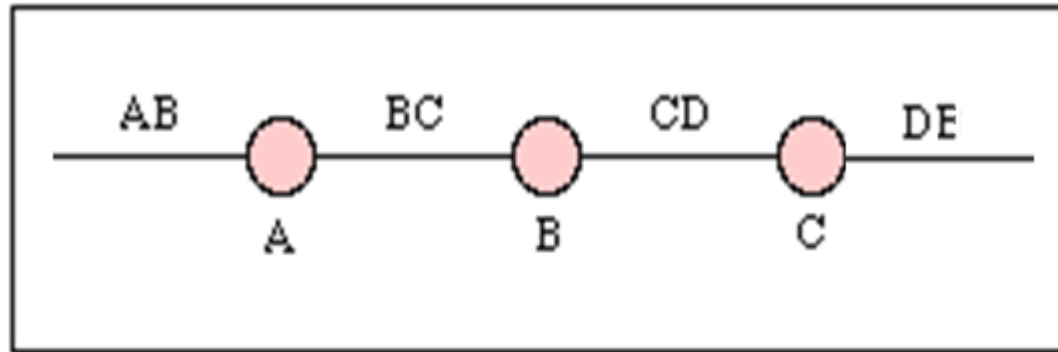
□ מספר הביטים באוויר (מקור ← יעד): $N_{bits} = R \cdot T_p = 10^7 \cdot 0.23 = 2.3 \cdot 10^6 [bits]$

□ מספר החבילות באוויר (מקור ← יעד): $N_{packets} = \frac{N_{bits}}{L} = \frac{2.3 \cdot 10^6}{1000} = 2.3 \cdot 10^3 = 2300$

□ לסיכום: עבור שידור ממושך של חבילות, נמצאות בכל רגע נתון 2300 חבילות באוויר בין המקור ליעד.

תרגיל 2

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



■ מה זמן השהייה הכולל בין תחנות הקצה ?

■ מה זמן שידור המסגרת ?

פתרון תרגיל 2

□ זמן התפשטות כולל – זמן הפשטות בקו + השהייה בצמתים.

□ זמן התפשטות בקו של 100m:

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

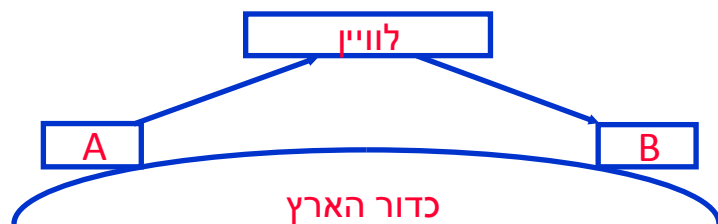
□ גודל המסגרת 8 * 1500 bytes

□ זמן שידור המסגרת:

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

תרגיל 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 לפני כדור הארץ אינו משתנה.

□ זמן ההתפשטות בין כדור הארץ ללוויין (ולהיפך) 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 $3 \cdot 10^5 \text{ km/sec}$ היא מהירות האור.

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

■ מהו זמן שידור מסגרת (במילישניות)?

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

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

2. מהי ניצולת הערוץ במקרה זה (בהנחה שאין שגיאות בקו)?

פתרון תרגיל 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 מתחיל להכין מסגרת עד $t=20\text{msec}$,

■ לאחר התפשטות בקו – $120\text{msec} * 2 = 240\text{msec}$

■ היא מגיעה ל-B כלומר לאחר 260msec.

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

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

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

(במקרה זה שדרנו רק מסגרת אחת, כאשר זמן שידור מסגרת 20msec והזמן

הכולל למסגרת להישלח ולחזור הוא 500 msec) $\frac{20}{500} = 4\%$ בחר שזה נמוך מאוד !!

תרגיל 4

□ למדנו שתי נוסחאות למציאת הקצב המרבי בערוץ:

נוסחת Shannon ונוסחת Nyquist.

1. מדוע ישנן שתי נוסחאות ולא אחת?

2. בהנתן ערוץ של 2MHz ויחס אות לרעש 20dB מהוא

הקצב המכסימלי שניתן להעביר בערוץ?

3. מהוא מספר הביטים המכסימלי הניתן לייצוג ע"י כל

סימבול שמשודר בהנתן הקצב שחושב בסעיף ב'?

פתרון תרגיל 4

1. נוסחת Nyquist מייצגת חסם לקצב המכסימלי שניתן לקבל בערוץ **ללא רעש** לעומת זאת, נוסחת Shannon מייצגת חסם מכסימלי לקצב בערוץ **עם רעש**.

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

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

לכן, למציאת הקצב המכסימלי, נשתמש בנוסחת Shannon (היות ויש רעש בערוץ) ונקבל:

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

פתרון תרגיל 4

3. כעת נצטרך להשתמש בנוסחת Nyquist:

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

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

$$K = 2^3 = 8$$