

### תרגיל בית 3

1. נדרש לשדר וידאו ממוחשב A למוחשב B שמחוברים בעזרת לינק באורך 6 ק"מ. גודל פריים וידאו הוא 720 שורות על 1280 עמודות. לכל אחד משלושת הצלבים מוקדש בית אחד. הווידאו משודר בקצב של 30 פרמיים בשניה. הווידאו משודר בධיסה של 7% כלומר כל 100 בתים נדחסים ל-7 בתים. עבור לינק באורך 1 ק"מ וכרטיס הרשת שבממוחשב A, ניתן לשדרビחסאות לרעש של 40 dB. עבור אורך של 2 ק"מ ניתן לשדר ב- 35 dB, עבור אורך של 3 ק"מ ניתן לשדר ב- 30 dB, עבור אורך של 4.5 ק"מ ניתן לשדר ב- 25 dB, ועבור אורך של 6 ק"מ ניתן לשדר ב- 20 dB. רוחב הפס שבשימוש הוא 4 MHz.
- a. האם ניתן לשדר את הווידאו לפי הדרישות שצינו?  
b. digital repeater הוא מכשיר שעבוד בשכבה הלינק, מקבל חבילות, מפענה אותה דיגיטלית ומשדר אותה מחדש. כמה数字 repeater כדי לשדר את הווידאו?
2. קוובץ של F ביטים נשלח ממוחשב A למוחשב B. בין שני המוחשבים 3 לינקים ושני רואוטרים ביניהם. הרואוטרים אינם עמוסים כך שאפשר להניח שאין חבילות בטור כשביליה מגיע לרואוטר. הקוובץ נשלח על ידי שכבת האפליקציה ושכבות הטרנספורט מחלקת את הקוובץ לחלקים בגודל s לצורך השיליחה. לכל חלק כזו נוספים הדרמים של השכבות השונות והוא נשלח על ידי שכבת הלינק כפריים. לצורך השאלה סך גודל ההדרמים שנוספפים לכל חלק כזו הוא 80 ביטים, וכך שוגול כל frame שנשלח הוא  $s+80$  ביטים. הקצב של כל לינק הוא R בית לשניה. מצא את הזמןprocessing delay ו-propagation delay. עבור לפיה השלבים הבאים:
- a. חשב מה הוא delay של שליחת הפריים הראשון. שרטט גרף שמתאר את מקומ הביטים של החבילות לאורך הזמן, בדומה לגרפים שהוצעו בכיתה.  
b. שרטט גרף שמתאר את מקום הביטים לאורך הזמן של שליחת כל החבילות בקוובץ.  
c. חשב את ה delay-end to end של כל הקוובץ  
d. גזיר את הביטוי שקובלת-end to end delay והשווה ל-0.
3. כדי לחסוך בהודעות ARP נשמרת טבלת cach, שמאחסנת עבור כתובות קו' שכבר בוצע עבורן שימוש ב프וטוקול ARP, את כתובת MAC המתאימה. במערכות הפעלה מסוימות, נשמרות ב-cach השובות ARP מבלי לבדוק אם בקשה כזו נשלחה בכלל. איך לדעתך אפשר להשתמש בהתקנות זוatta כדי לבצע תקיפה?
4. יש להגשים רק שאלה אחת מבין השאלות מה מבחנים שבהמשך.

1. נדרש לשדר וידאו ממוחשב A למחשב B בעזרת לינק באורך 6 ק"מ.

גודל פריים וידאו הוא 720 שורות על 1280 עמודות.

לכל אחד משלשות הצלבים מוקדש בית אחד.

הוידאו משודר בקצב של 30 פרמיים בשניה.

הוידאו משודר בדוחיסה של 7% כלומר כל 100 בתים נדחסים ל-7 בתים.

עבור לינק באורך 1 ק"מ וקרטיס הרשת שבממוחשב A, ניתן לשדר ביחס אותן לרעש של 40 dB.

עבור אורך של 2 ק"מ ניתן לשדר ב - 35 dB

עבור אורך של 3 ק"מ ניתן לשדר ב - 30 dB

עבור אורך של 4.5 ק"מ ניתן לשדר ב - 25 dB

עבור אורך של 6 ק"מ ניתן לשדר ב - 20 dB.

רוחב הפס בשימוש הוא 4 MHz

a. האם ניתן לשדר את הוידאו לפי הדרישות שצינו?

b. digital repeater מקבל חבילת הילינק, מפענה אותה

דיגיטלית ומshedר אותה מחדש. כמה דרישים כדי לשדר את הוידאו?

$$\text{Frame} = 720 \cdot 1,280 \cdot 3 \cdot 8 \cdot \frac{1}{100} \text{ bits frame} = 1.55 \frac{\text{Mb}}{\text{frame}}$$

R - bit rate → 46.5 Mb/s

$$R = 30 \frac{\text{frame}}{\text{sec}} \cdot 1.55 \text{ Mb/s} = 46.5 \text{ Mb/s}$$

האם ניתן לשדר את הוידאו?

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$46.5 \text{ Mb/s} = 4 \text{ MHz} \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$46.5 < \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$\frac{S}{N} > 2^{11.6} - 1 = 3,100$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} = 10 \log_{10} 3,100 = 34.9 \text{ dB}$$

$$SNR_{dB} > 34.9 \text{ dB}$$

... וְאֶת־בְּנֵי־עֲמָקָם־הַזֶּה  
... וְאֶת־בְּנֵי־עֲמָקָם־הַזֶּה  
... וְאֶת־בְּנֵי־עֲמָקָם־הַזֶּה.

→ a repeater → find out more about it when we learn it later (2)  
 → 6 bits → 32 possibilities → 2<sup>6</sup> = 64 possibilities  
 e.g. 2 → take 17th 3-8 word which is 11101010 → digital repeater.

קובץ של F ביטים נשלח ממוחשב A למוחשב B. בין שני המוחשבים 3 לינקים ושני ראותרים ביניהם. הראותרים אינם עמוסים כך שאפשר להניח שאין חבילת תור כשabit להציגו. הקובץ נשלח על ידי שכבת האפליקציה ושכבות הטרנספורט מחלוקת את הקובץ לחלקיים בגודל S לצורך השיליחה. לכל חלק כזה נוספים הדרים של השכבות השונות והוא נשלח על ידי שכבת הלינק כפריים. לצורך השאלה סך גודל ההדרים שנוספים לכל חלק כזה הוא 80 ביטים, כך שגודל כל frame שנשלח הוא  $80 + S$  ביטים. הקצב של כל לינק הוא R בית לשניה. מצא את S כך שהזמן מתחילה השידור ועד הגעת הביט האחרון יהיה המינימלי? הזנה את ה- processing delay ו- propagation delay .  
עבוד לפי השלבים הבאים:

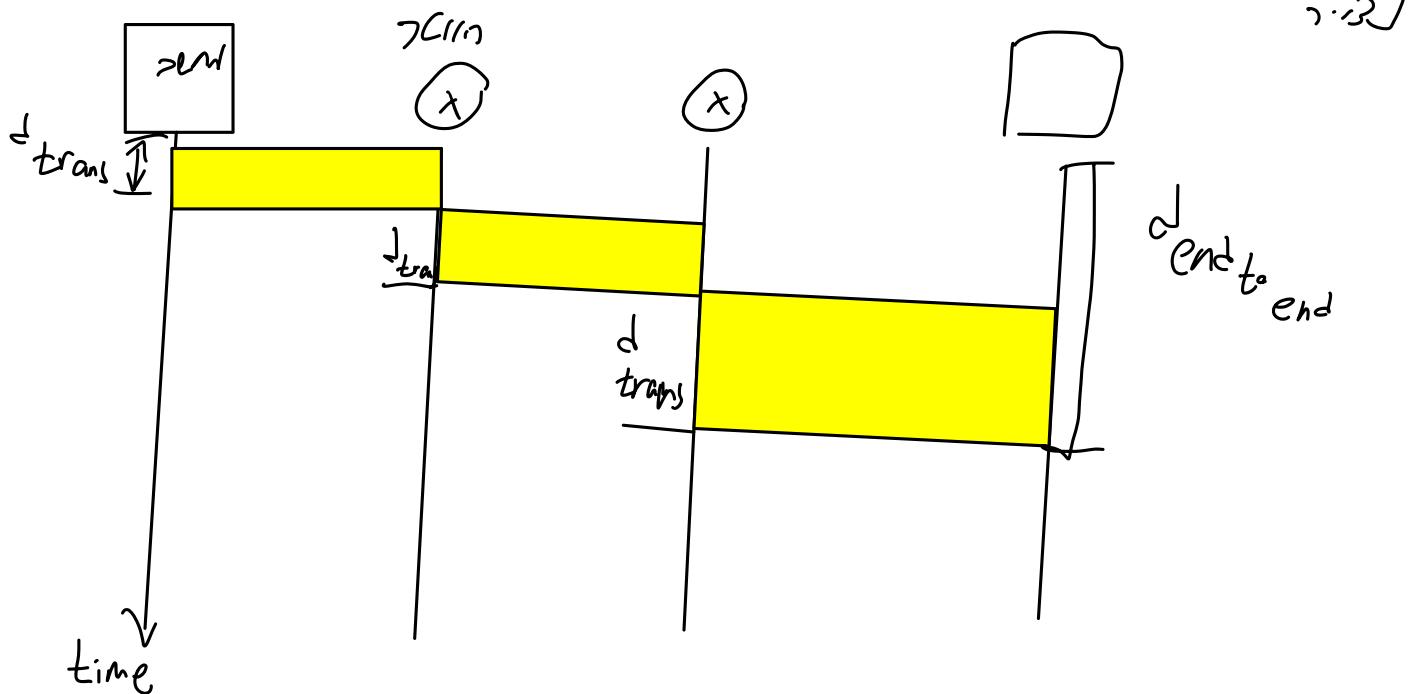
- a. חשב מה הוא ה-delay של שליחת הפניות הראשונות.شرط גرف שמתאר את מקום הביטים של החבילה לאורך הזמן, בדומה לגרפים שהוצעו בכיתה.

b. שרטט גرف שמתאר את מקום הביטים לאורך הזמן בשליחת כל החבילות בקובץ.

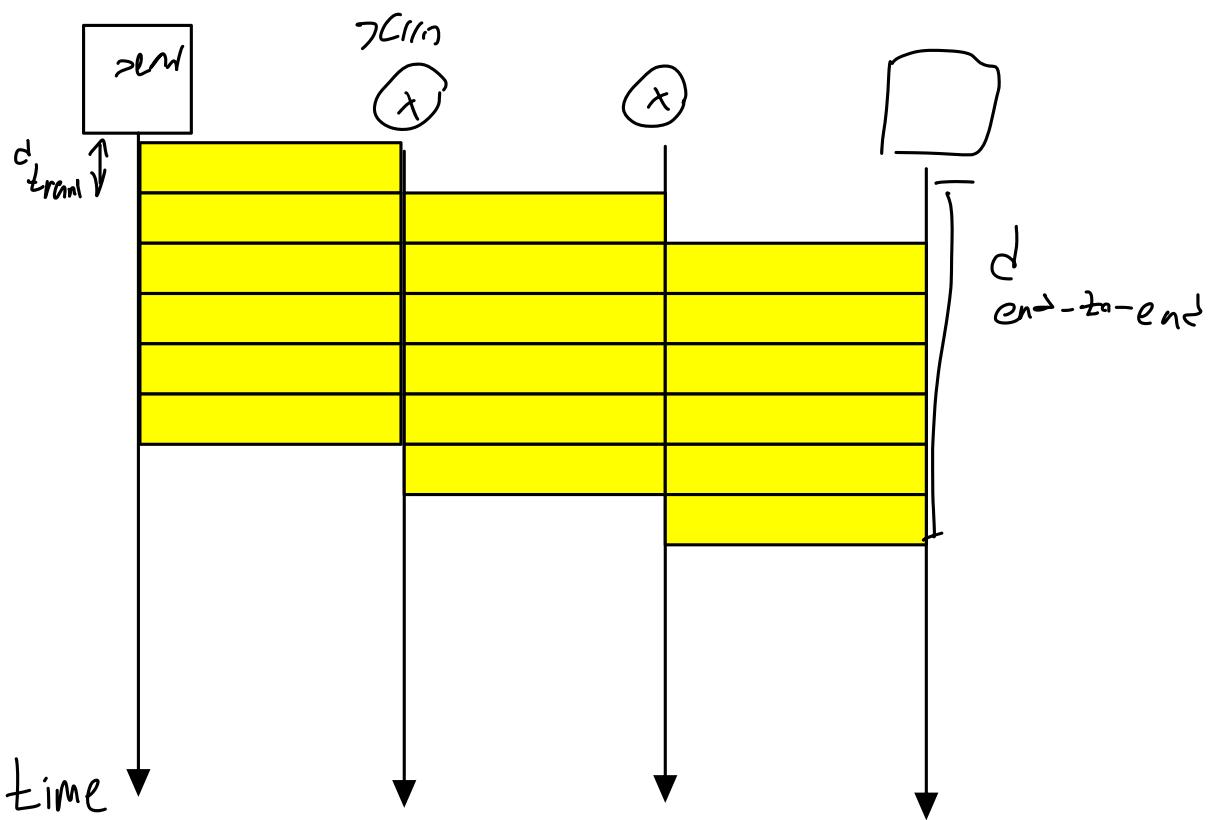
c. חשב את ה-delay end to end של כל הקובץ

d. גוזר את הביטוי שקיבלה ל-delay end to end והשווה ל-0.

$$d_{\text{end-to-end}} = 3 \cdot d_{\text{trans}} = \frac{3 \cdot S + 80}{R} \text{ sec}$$



single frame transmission



multiple frames transmission

$$d_{\text{end-to-end}} = (\text{FrameNo}_k + 2) \cdot d_{\text{trans}} = (\text{FrameNo}_k + 2) \cdot \frac{s+\tau}{R} \text{ sec}$$

$$d_{end-t_{end}} = \left( \frac{F}{S} + 2 \right) \cdot \frac{S+80}{R} \text{ sec} = \frac{2S}{R} + \frac{80F}{SR} + \frac{F+160}{R}$$

Frame No. =  $\frac{F}{S}$  \*

• 1.  $\int_{\text{exp} - t_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$

$$O = \frac{2}{R} - \frac{80F}{S^2 R}$$

$$S = \mathcal{T}'_{GF}$$

- כדי לחסוך בהודעות ARP נשמרת טבלת *cach*, שמאחסנת עבור כתובות IP שכבר בוצע עבורה שימוש בפרוטוקול ARP, את כתובת ה-MAC המתאימה.

(4)

1. שני מחשבים מחוברים זה עם זה בעזרתו לינק קווי.

נדרש לשדר בין המחשבים וידאו בקצב של 60 פרימיים בדקה.

גודל פרימים הוא  $480 \times 720 \times 3 \times 8 \times 10^3$ , לכל אחד משלושת הצלבים בפיקסל מוקdash בית אחד.

הוידאו משודר בדחיסה ממוצעת של 10-1 כולם כל 10 בתים ידחוסו לבית אחד. ← 102

בדיקה שבוצעה לאחרונה נמצא שיחס האות לרעש של הלינק הוא  $25 \text{ dB}$ .

מה צריך להיות רוחב הפס התדרי כדי לאפשר את השידור?

רעיון:  $R = P_{avg} (C/I) \cdot T_{frame}$ :

$$\text{FrameSize} = 480 \cdot 720 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{bits}}{\text{Frame}} \right] = 0.83 \left[ \frac{\text{Mbits}}{\text{Frame}} \right]$$

רעיון:  $R = C/I \cdot T_{frame}$ :

$$R = \frac{1}{\text{sec}} \left[ \frac{\text{Frame}}{\text{sec}} \cdot 0.83 \left[ \frac{\text{Mbits}}{\text{Frame}} \right] \right] = 0.83 \text{ Mbps}$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}}$$

$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{316.2}{10}} = 316.2$$

רעיון:  $R = C/I \cdot T_{frame}$ :

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow 0.83 \cdot 10^6 < B \log_2 (1 + 316.2)$$

$$B > \frac{0.83 \cdot 10^6}{\log_2 (1 + 316.2)} \approx 100 \text{ kHz}$$

רעיון:  $100 \text{ kHz} \sim 100 \text{ MHz}$



## פתרונות

.1

ראשית נחسب את גודל הפריים הדוחס: a.  
 $FrameSize = 720 \cdot 1280 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 7\% [bits / frame] = 1.55 [Mbits / frame]$

עכשו נחسب כמה ביטים משודרים לשניה:

$$R = 30 [frame / sec] \cdot FrameSize [bits / frame] = 30 \cdot 1.55 [Mbps] = 46.5 [Mbps]$$

נבדוק מה צריך להיות הרעש בשביל שנוכל לשלר בקצב זה:

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow 46.5 [Mbps] = 4 [MHz] \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow$$

$$11.6 [bit] < \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow \frac{S}{N} > 2^{11.6} - 1 = 3100$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} = 10 \log_{10} 3100 = 34.9 [dB]$$

$$SNR_{dB} > 34.9 [dB]$$

כלומר נדרש יחס לרעש טוב מ-34.9dB בשביל לשלר את הווידאו. לפ"ז  
 הנתונים נדרש שאורך הلينק יהיה באורך של כ-2 ק"מ ומטה לשם כך. כיון שנตอน  
 שאורך הリンק הוא 6 ק"מ אפשר לקבוע שלא ניתן לשלר את הווידאו לפי הדרישות  
 שצינו.

b. כיון שהיחסנו בסעיף הקודם שעל פי המגבילות הפיזיקליות האורך הכיוון רחוק של  
 לינק שנוכל לשלר בו את הווידאו הוא 2 ק"מ. וכיון שאנו נדרשים לשלר באורך  
 לינק של 6 ק"מ, אם נחלק את הリンק לפחותה חלקים שבניהם לפחותה שני  
 נוכל לשלר את הווידאו בדרישות שצינו. digital repeater

.2

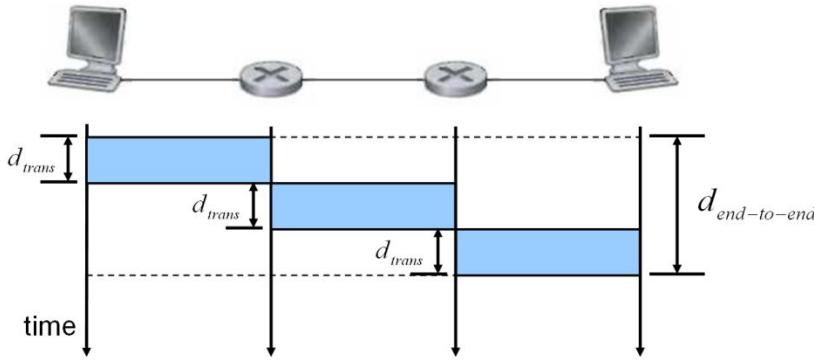
ראשית נחسب את ה-transmission delay. a.

$$d_{trans} = d_{trans}^1 = d_{trans}^2 = d_{trans}^3 = \frac{s + 80}{R} [\text{sec}]$$

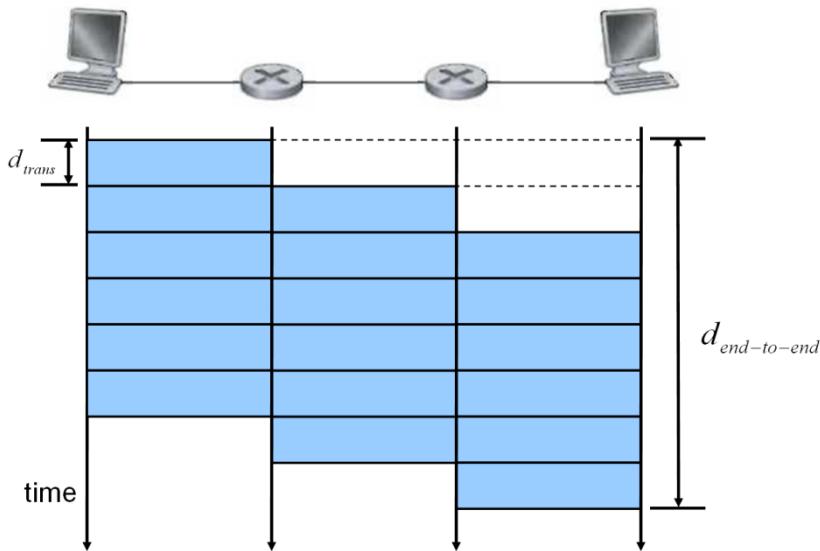
כיון אין תור או processing delay. לפי נתוני השאלה יש להזינה את  
 propagation delay ו-transmission delay. לכן ה- delay end to end delay של שליחת ה-frame הראשון הוא:

$$d_{end-to-end} = d_{trans}^1 + d_{trans}^2 + d_{trans}^3 = 3 \cdot d_{trans} = 3 \cdot \frac{s + 80}{R} [\text{sec}]$$

אפשר לראות זאת בגרף הבא:



.b. בדומה לגרף הקודם הגרף הבא מתאר את שליחת כל הקובץ, חבילה אחר חבילה:



.c. רואים שה end to end delay של כל הקובץ הוא:

$$d_{end-to-end} = (FrameNum + 2) \cdot d_{trans} = (FrameNum + 2) \cdot \frac{s + 80}{R} [\text{sec}]$$

כש-FrameNum הוא מספר הפריים בקובץ, כולל גודל הקובץ חלקו כמות הביטים ששמודרת בכל פריים::

$$FrameNum = \frac{F}{S}$$

ולכן:

$$d_{end-to-end} = (FrameNum + 2) \cdot \frac{s + 80}{R} [\text{sec}] = \left( \frac{F}{S} + 2 \right) \cdot \frac{s + 80}{R} [\text{sec}] =$$

$$= \frac{2S}{R} + \frac{80F}{S \cdot R} + \frac{F + 160}{R}$$

.d. נגזר את הביטוי ל- $S$  ונשווה לו-0, על מנת לקבל את ה- $S$  שיתן את ה- end to end delay המינימלי:

$$0 = \frac{\partial d_{end-to-end}}{\partial S} = \frac{\partial \frac{2S}{R} + \frac{80F}{S \cdot R} + \frac{F + 160}{R}}{\partial S} = \frac{2}{R} - \frac{80F}{S^2 \cdot R} \Rightarrow$$

$$\frac{2}{R} - \frac{80F}{S^2 \cdot R} = 0 \Rightarrow S = \sqrt{40F}$$

.3. פרוטוקול ה-ARP מרכיב מהודעת Request ששואלת "למי יש כתובת ip מסוימת?", ומהודעת reply, שבה בעל כתובת ה-ip המבוקשת עונה ומודיע מה כתובת ה-MAC שלו. כיוון שלא מתבצעת בדיקה אם בכלל נשלחה הודעת Request יכול התוקף לשולח הודעת Reply וכך לשנות את טבלת ה-cach של ARP. לדוגמה תוקף שימושי שכל התעבורה מחשב מסוים לאינטרנט תעבור דרכו, יכול לשולח למחשב זה הודעת Reply שבה הוא כותב את כתובת ה-ip של רואטר ה-gateway ואת ה-MAC שלו. כשהמחשב המותקף מקבל את הודעת ה-gateway הוא יעדכן את ה-cach כך שכוחבתה ה-MAC שמיוחסת לכתובת ה-ip של ה-gateway היא כוחבתת ה-MAC של התוקף. וכך כל חבילה שתשלוח מהמחשב המותקף לאינטרנט תשליח ל-MAC של ה-gateway כפי שהוא כתוב בטבלת ה-cach של ARP כלומר תישלח למחשב התוקף.

## שאלות מ מבחנים

1. שני מחשבים מחוברים זה עם זה בעזרת לינק קו. נדרש לשדר בין המחשבים וידאו בקצב של 60 פרמיים בדקה. גודל פרים הוא  $480 \cdot 720 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10\% [bits / frame] = 0.83 [Mbits / frame]$ . נידאו משודר בדיחסה ממוצעת של 10 ל-1 كلומר כל 10 בתים ידחוסו מוקדש בית אחד. בבדיקה שבוצעה לאחרונה נמצא שיחוס האות לרעש של הלינק הוא  $dB_{SNR} = 25$ . מה צריך להיות רוחב הפס התדרי כדי לאפשר את השידור?

ראשית נחשב את גודל הפרים הדחוס:

$$FrameSize = 480 \cdot 720 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10\% [bits / frame] = 0.83 [Mbits / frame]$$

עכשו נחשב כמה ביטים משודרים לשנייה:

$$R = 1 [frame / sec] \cdot FrameSize [bits / frame] = 1 \cdot 0.83 [Mbps] = 0.83 [Mbps]$$

נמיר תחילה מיחס אותן לרעש בסקל להוגריתמית לילינארית:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}}$$

$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{25}{10}} = 316.2$$

נבדוק מה צריך להיות רוחב הפס התדרי בשביל שנוכל לשדר בקצב זה:

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0.83 \cdot 10^6 < B \log_2 (1 + 316.2) \Rightarrow$$

$$B > \frac{0.83 \cdot 10^6}{\log_2 (1 + 316.2)} \approx 100 [KHz]$$

כלומר נדרש רוחב פס תדרי גדול מ- $100 KHz$ .

2. מחשב A מחובר למחשב C דרך הראטור B, המרחק בין A ל-B, בין B ל-C הוא L. רוחב הפס של שני הLINKים הוא B. A משדר ל-B בקצב  $R_1$ , B משדר ל-C בקצב  $R_2$ .

הראטור משרת מחשבים נוספים, ומਮתיינות בו בכל טור בין 0 ל-3 חבילות בגודל M. גודל החבילות ששולחים ממחשבים A ו-C הוא M.

הנחשה-processing delay זניחה, ושכיוון שגודל החבילה של ה-ACK הוא קטן אז זמן השידור שלה זניחה.

מה צריך להיות  $\text{timeout}$  המינימלי בשידור ARQ בין A ל-C, כך שלא יתכן מצב שבו ACK מגע לתחנה אחרי שפוג  $\text{timeout}$ ?

(מומלץ לציין גורם שמתאר מה קורה בשילחה של חבילה לאורך זמן) בשרטוט הבא רואים שידור של חבילה ממחשב A למחשב B, ושידור חוזרת של ACK.

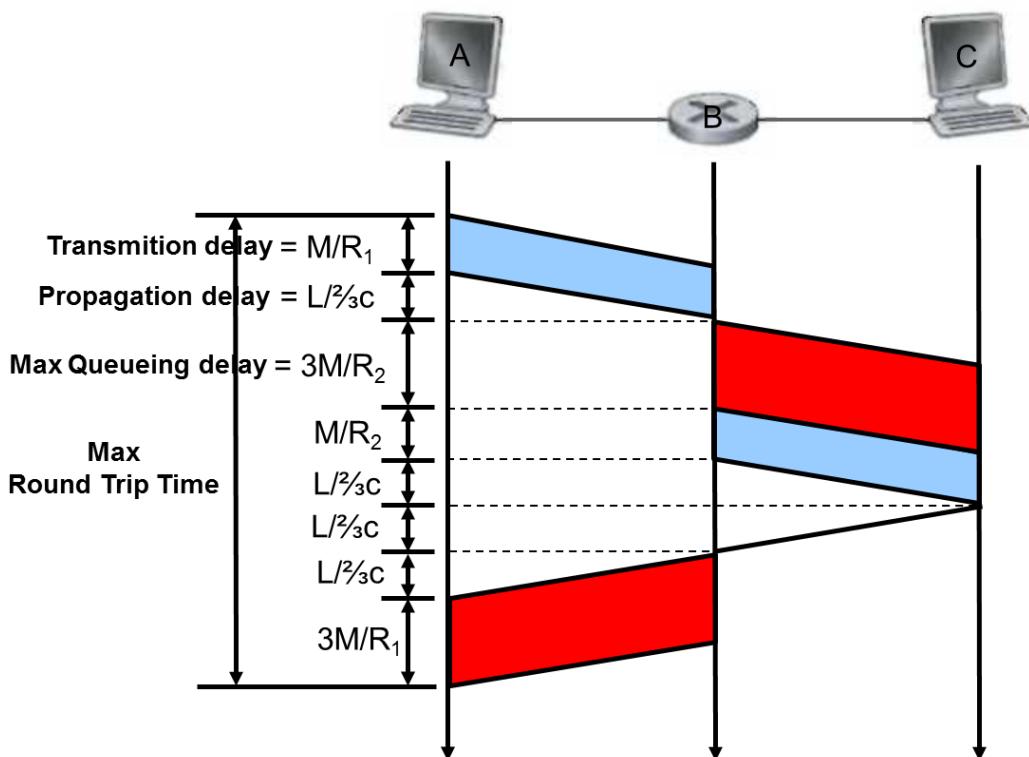
רואים שלפני שידור חבילה יש להמתין לשידור החבילות שבטור. גם הودעת ה-ACK צריכה לחכות בתור.

זהו מתקבל  $\text{timeout}$  מה-RTT (Round Trip Time)

כלומר:

$$\text{timeout} > RTT = \frac{M}{R_1} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} + \frac{3M}{R_2} + \frac{M}{R_2} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} + \frac{3M}{R_1} = \frac{4M}{R_1} + \frac{6L}{c} + \frac{4M}{R_2}$$

$$\text{timeout} > \frac{4M}{R_1} + \frac{6L}{c} + \frac{4M}{R_2}$$

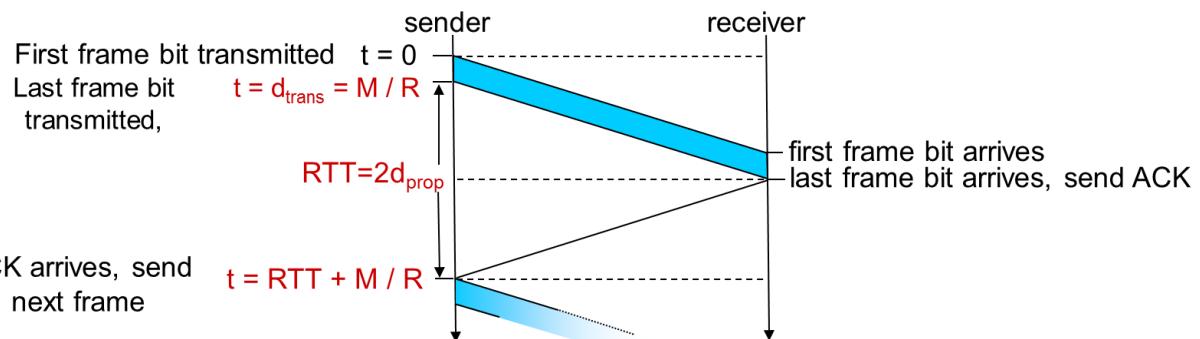


3. שני מחשבים מחוברים ישירות בעזרת ערוץ קוי עם קצב של  $100 \text{ Mbps}$ , ואורך  $6000 \text{ km}$ . נדרש להשתמש בפרוטוקול Stop-and-Wait על מנת לקבל תקשורת אמינה.

גודל כל פריים מידע הוא  $1000$  בתים, וגודל פריים ה-ACK זניח. כתוב כאן מה היעילות של הערוץ?

פרט את דרך הפתרון:

תשובה:



$$\begin{aligned} Utilization &= \frac{M/R}{2d_{prop} + M/R} = \frac{M}{2Rd_{prop} + M} = \frac{M}{2R \frac{L}{2/3c} + M} = \\ &= \frac{1000[\text{byte}]}{2 \cdot 100[\text{Mbps}] \cdot \frac{6000[\text{km}]}{\frac{2}{3}300,000[\text{km/sec}]} + 1000[\text{byte}]} = \\ &= \frac{1000 \cdot 8[\text{bit}]}{2 \cdot 100 \cdot 10^6[\text{bit/sec}] \cdot \frac{6}{200}[\text{sec}] + 1000 \cdot 8[\text{bit}]} = 0.13\% \end{aligned}$$

ראינו בהרצאה שעבור  $M \ll 2Rd_{prop}$  Stop-And-Wait מתקיים גם:

$$Utilization = \frac{M}{2Rd_{prop} + M} \approx \frac{M}{2Rd_{prop}}$$

.4

a. למדנו שכל כרטיס רשת מכיל כתובת MAC ייחודית.

כתוב כאן כמה כתובות MAC כאלה יכולות להיות?

הסבר:

תשובה:

בפרוטוקול Ethernet מוקדים 6 בתים לכטובה ה-MAC, ולכן יכולים  $2^{6*8}$  אפשרויות לכטובות MAC.

b. מדוע שאלת ARP נשלחת ב广播 ? broadcast

תשובה:

שאילתת ARP נשלחת ב广播 כדי שהמחשב ששולח את השאלתא ידוע רק את כתובת ה-קן ולא ידוע את כתובת ה-MAC של מחשב היעד.

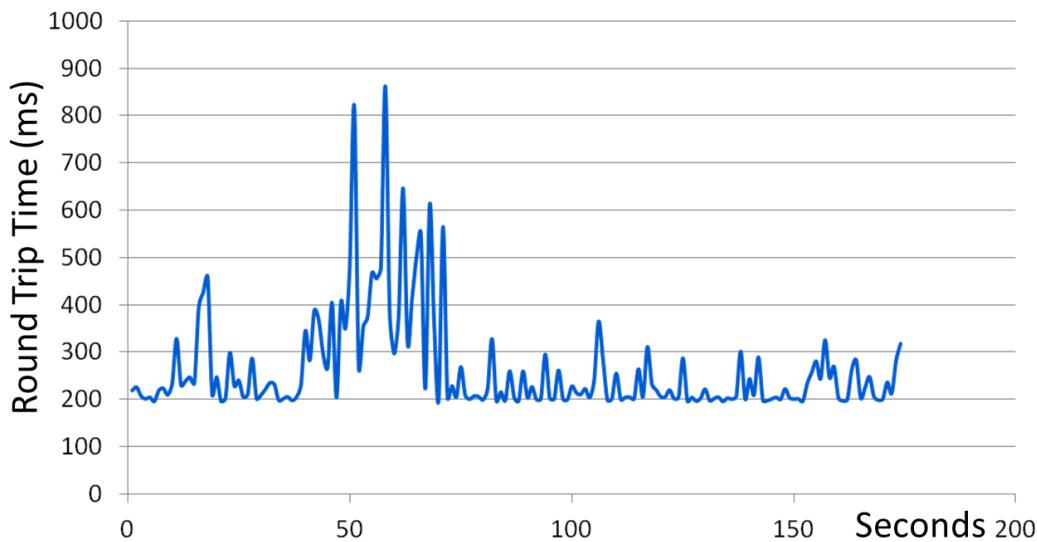
השאלתא משודרת ב广播 על גבי שכבת ה-link, כולם מקבלים אותה, והמחשב שכתובת ה-קן שלו היא הכתובת שבסאלתא עונה.

מדוע התשובה נשלחת בunicast ? unicast

תשובה:

המחשב שעונה ל答复 כבר ידוע את כתובת ה-MAC של שולח השאלתא, כיון שהיא בהודעה שקיבל, ולכן אין צורך לשלוח ב广播 ו"התריד" את כל המחשבים, אלא אפשר לשלוח לשולח השאלתא שירות בunicast.

5. הגרף הבא מתאר ביצוע של ping-ים רבים מחשב A למחשב B, לאורך זמן. ציר x מתאר את הזמן, וציר y מתאר את ה-Round Trip Time שנמדד ע"י ביצוע ה-ping. תן הערכה למרחק בין מחשב A למחשב B. הסבר.



כתוב כאן הערכה למרחק בין מחשב A למחשב B  
פרט את דרך הפתרון:

פתרון:

ה-RTT מורכב מ-4 חלקים:  $d_{nodal} = d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}$   
עבור  $d_{queue}$  כיוון שההוודה קצרה הדינית.  
עבור חבילת זמן העיבוד שלה היה קטן ושיהיא לא עמדה בטורות בשרתים, נקבל  
 $d_{proc} + d_{queue}$  יהיו מאוד קטנים.  
רק  $d_{prop}$  הוא פחות או יותר קבוע ותלוי במרחק שעוברת החבילת בין A ל-B וחזרה.  
המרחק זהה משתנה מעט אם המסלול משתנה, אבל הוא ד"י קבוע והוא דומה  
 למרחק הפיזי בין A ל-B.

כלומר שאם נקח את המינימום של ה-RTT שהוא בקרוב 200 מיל, נוכל להעריך את  
המרחק הפיזי בין A ל-B, בעזרת החישוב הבא:

$$2 \cdot d_{prop} = 200 \text{ [mili sec]} \Rightarrow d_{prop} = 100 \text{ [mili sec]}$$

$$d_{prop} = \frac{L}{\frac{2}{3}c} = 100 \text{ [mili sec]} \Rightarrow L = 20,000 \text{ [km]}$$

6. אחרי שצילמת במשר שעות את אחיניך עליו להעביר את הסרט לאימך שנמצא במרחק של 15 קילומטר ממרק. ברשותך קו תקשורת עם יחס אות לרעש של  $db$  40 ורוחב פס תדרי של  $MHz$  0.5. האם תעודיף לשולח את המידע דרך קו התקשרות או בעזרת כבלן המאולץ שיכל לשאת עד 2 DVD ? כל DVD יכול להכיל עד 4 GigaByte של מידע. מהירות הcab היא  $km/hr$  10. הנה שהסרט שצילמת נכנס בבדיקה ב-2 DVD.

הקף את התשובה הנכונה: עדיף להשתמש בקו התקשרות / עדיף להשתמש בשירותי cab

תשובה:

נבדוק תחילה את קצב העוזץ הקוי: נמיר מיחס אות לרעש בסקללה לוגריתמית לינארית:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}}$$

$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{40}{10}} = 10,000$$

עכשו נחשב את קצב העוזץ המקסימלי:

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) = 0.5 \cdot 10^6 \log_2 (1 + 10000) \approx 6.6 Mbps$$

אורע הסרט:

$$2[DVD] \cdot 4[GigaByte] / DVD = 8[GigaByte]$$

נבדוק כמה זמן יקח להעביר בעזרתו העוזץ:

$$d_{trans} = \frac{M}{R} = \frac{8[GigaByte]}{6.6[Mbps]} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^9 [bit]}{6.6 \cdot 10^6 [bit/sec]} \approx 9700[sec] = 2.7[hour]$$

ה-time propagation delay ולכן זמן העברת דרכו העוזץ הקוי יהיה בערך 2.7 שעות.

עכשו נבדוק את קצב העברה של הcab:

$$15[km] / 10[km/hour] = 1.5[hour]$$

ולכן אפילו במקרה שבו העוזץ מושך היבט כך שקצב העוזץ קרוב לגבול העליון תיאורתי, עדיף יהיה להעביר את הסרט בעזרתו השירותים של הcab.

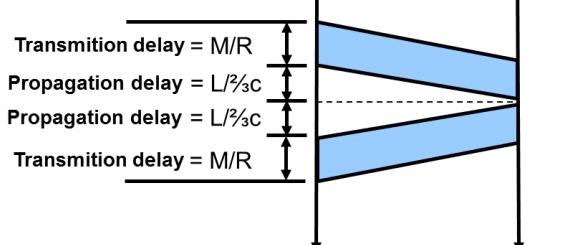
7. מחשב A מחובר למחשב B בעזרת לינק קוי באורך L, ובעל קצב R.  
הנח שזמן העיבוד של המחשבים זניח.

- a. חשב מה יהיה ה-RTT (Round Trip Time) ש-ping יחזיר בביטוי מ-A ל-B.  
ב. אל תניח שגודל פרויים ה-ping קטן, הנח שגודל הפרויים שנשלח הלוך וחזור הוא M.

$$RTT = 2 \cdot \left( \frac{M}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right)$$

השלם את תשובתה:  
פרט את חישובך.

**תשובה:**  
**בشرطוט הבא רואים את שליחת הפינג וקבלת התשובה.**



**נחשב את ה-RTT:**

$$RTT = 2 \cdot (d_{trans} + d_{prop}) = 2 \cdot \left( \frac{M}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right)$$

- b. שתי מדידות של פינג בוצעו מ-A ל-B. פעם אחת גודל הפרויים שנשלח הלוך וחזור היה 64 בתים וה-RTT שנמדד היה 1 ms. בפעם השנייה גודל הפרויים שנשלח הלוך וחזור היה 1500 בתים וה-RTT שנמדד היה 3 ms. חשב את R, L, ו-RTT.

$R = 11.5 \text{ [Mbps]}$	$100 \text{ [km]} = L$	מלא כאן את תוצאות החישוב:
---------------------------	------------------------	---------------------------

**תשובה:**

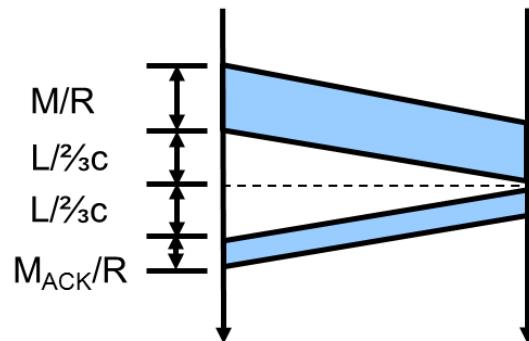
$$RTT(M = 64\text{byte}) = 1[\text{ms}] = 2 \cdot \left( \frac{64[\text{Byte}]}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right), RTT(M = 1500\text{byte}) = 3[\text{ms}] = 2 \cdot \left( \frac{1500[\text{Byte}]}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right)$$

**נפחית בין שתי המשוואות**

$$\begin{aligned} 3[\text{ms}] - 1[\text{ms}] &= 2 \cdot \left( \frac{1500[\text{Byte}]}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right) - 2 \cdot \left( \frac{64[\text{Byte}]}{R} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow R &= 2 \cdot \frac{(1500 - 64[\text{Byte}])}{2[\text{ms}]} \approx 11.5[\text{Mbps}] \\ 3[\text{ms}] &= 2 \cdot \left( \frac{1500[\text{Byte}]}{11.5[\text{Mbps}]} + \frac{L}{\frac{2}{3}c} \right) \Rightarrow L \approx 100[\text{km}] \end{aligned}$$

8. שני מחשבים מחוברים ביניהם בקו תקשורת, מעריכים שאורך קו התקשרות בין שני המחשבים הוא בין 1 ק"מ ל-5 ק"מ. כמו כן, גודל פריים המידע הוא בין 2000 בית ל-4000 בית, גודל פריים ה-ACK הוא בין 50 ל-100 בית, קצב השידור יכול להשתנות בין 1 Mbps ל-2 Mbps. שני המחשבים משתמשים ב-timeout, stop and wait, כך שלא יוכל מצב בו ACK מגיע למחשב אחר שפוג ה-timeout.  
כתוב כאן מהו ה-timeout המינימלי?

הסבר:



$$timeout > \frac{M + M_{ACK}}{R} + \frac{3L}{c}$$

$$timeout > \frac{\max\{M\} + \max\{M_{ACK}\}}{\min\{R\}} + \frac{3 \max\{L\}}{c}$$

$$timeout > \frac{4000[\text{bit}] + 100[\text{bit}]}{1 \cdot 10^6 [\text{bit/sec}]} + \frac{3 \cdot 5[\text{km}]}{300,000 [\text{km/sec}]} = 4.1[\text{mili sec}] + 50[\text{micro sec}] = 4.15[\text{mili sec}]$$

9. סטודנט התחליל לעובד בחברה גזולה. המנהל שלו הסביר לו שכט העובדים בחברה הם מושלמים, והזבר היה שמדובר את הביצועים שלהם, ושל המוצרים שהם יוצרים, הם המגבילות הפיזיקליות של הטבע.

המנהל הראה לעובד קו תקשורת שעובדיו יצרו שמחבר בין הסניף המרכזי שבו עבדו, לסניף באנטארקטיקה. המנהל התפרק בתוכנותיו של קו התקשרות. רוחב הפס 40MHz, קווטר הקובל הוא 20 מ"מ, אורך הקובל 6,000km, הפרש הגבהים בין הסניפים 333 מ', ייחס אותה לרעש 40dB, טמפרטורת הקובל נשמרת קבועה ל-30 מעלות צלינוס.

המנהל סיפר שלפני 35 ملي-שניות הוא התחליל לשולח תמונה בקו התקשרות בגודל של 1MB. כתוב כאן באיזה מרחק מהסניף הראשי נמצא הבית הראשון של התמונה ברגע בו סיפר המנהל על משולח התמונה? 6000 ק"מ

4000 ק"מ באיזה מרחק נמצא הבית האחרון בתמונה?

תשובה:

נמיר תחיליה מיחס אותה לרעש בסקללה לוגריתמית לילינארית:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}}$$

$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{40}{10}} = 10,000$$

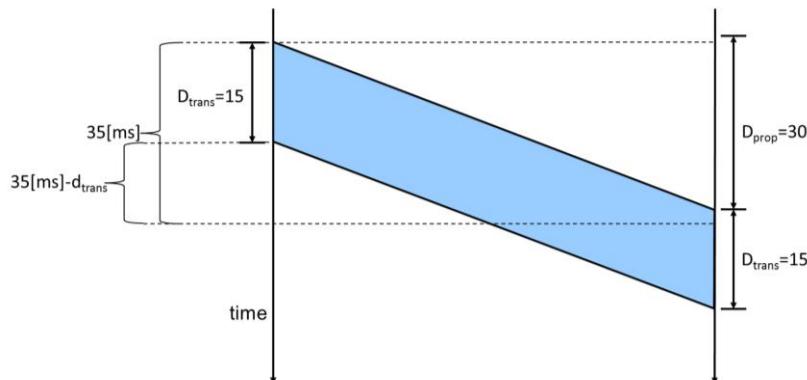
עכשו נחשב את קצב הערוץ המקורי:

$$R < B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) = 40 \cdot 10^6 \log_2 (1 + 10,000) = 531 \cdot 10^6 [bps] = 66.4 [MB/sec]$$

נחשב את  $d_{prop}$ -ו  $d_{trans}$ :

$$d_{trans} = \frac{M}{R} = \frac{1[MB]}{66.4[MBps]} = 15[ms]$$

$$d_{prop} = \frac{L}{\frac{2}{3}c} = \frac{6000[km]}{2 \cdot 10^8[m/sec]} = \frac{6 \cdot 10^6[m]}{2 \cdot 10^8[m/sec]} = 30[ms]$$



רואים שאחרי 35 ملي-שניות תחילת השידור הבית האחרון הגיעו לאנטארקטיקה, ולכן היה במרחק של 6000 ק"מ מהסניף הראשי.

הבית האחרון נשלח אחרי 15 ملي-שניות מהתחלת השידור, כך שהוא לו  $35 - 15 = 20$  ملي-להתקדם מהסניף הראשי לסניף באנטארקטיקה. בזמן זה הוא התקדם ב מהירות  $c/2/3$ , ולכן יתקדם:

$$v \cdot t = \frac{2}{3}c \cdot 20[ms] = 2 \cdot 10^8[m/sec] \cdot 20[ms] = 4000[km]$$

ולכן יהיה במרחק של 4000 ק"מ מהסניף הראשי.