תרגיל 3:

שאלה 1:

$$A \overleftrightarrow{1500B} R_1 \overleftrightarrow{1500B} R_2 \overleftrightarrow{660B} B$$

גודל מידע: $1980B$, תחילית UDP: $10B$, תחילית TCP: $20B$, תחילית IP: $20B$

<u>כאשר המידע יישלח על ידי UDP:</u>

נוסיף למידע תחילית UDP בגודל $10B$ ונקבל חבילה בגודל $1990B$.

נוסיף לחבילה תחילית IP עם הדגלים:

$$ID = x, \quad length = 2010B, \quad MF = 0, \quad DF = 0, \quad Offset = 0$$

מאחר והחבילה לא יכולה לעבור, נבצע פרגמנטציה:

נוריד את תחילת הIP, ונחלק את החבילה (בגודל $1990B$) לשתי חבילות בגדלים $1480B, 510B$ ונוסיף לשניהם תחיליות IP:

$$ID = x, \quad Length = 1500B, \quad MF = 1, \quad DF = 0, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 530B, \quad MF = 0, \quad DF = 0, \quad Offset = 185$$

שני החבילות יעברו בלי בעיה עד R_2, אבל בR_2 החבילה הראשונה לא תוכל לעבור, ולכן תעבור פעם נוספת פרגמנטציה:

נוריד את תחילת הIP, ונחלק את החבילה (בגודל $1480B$) לשלושה חבילות בגדלים $640B, 640B, 200B$ עם הדגלים:

$$ID = x, \quad Length = 660B, \quad MF = 1, \quad DF = 0, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 660B, \quad MF = 1, \quad DF = 0, \quad Offset = 80$$
$$ID = x, \quad Legnth = 220B, \quad MF = 1, \quad DF = 0, \quad Offset = 160$$

והחבילה השנייה תעבור בלי בעיה מאחר והיא עומדת בגודל הMTU.

$$ID = x, \quad Length = 530B, \quad MF = 0, \quad DF = 0, \quad Offset = 185$$

לבסוף כל 4 החבילות יגיעו לB, ושכבת הרשת תאחד אותם לחבילה אחת.

<u>כאשר המידע יישלח בTCP:</u>

מאחר ואנו יודעים את הMTU עבור החיבור הקרוב אלינו, נתחיל בכך שנבצע סגמנטציה לחבילה. החבילה תחולק לשני חבילות בגדלים $1440, 540$, ועל כל אחד מהם נוסיף תחילית TCP עם מספר $Sequence$ מתאים ותחילית IP, בצורה הבאה:

$$ID = x, \quad Length = 1500B, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 580, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$

נשלח את החבילה הראשונה, שתגיע בלי בעיה לR_2, אך מאחר והMTU בחיבור בין R_2 לB קטן מגודל החבילה, $DF = 1$, אז R_2 יזרוק את החבילה ויחזיר הודעת שגיאה בעזרת פרוטוקול $ICMP$ עם גודל הMTU. A עכשיו יודע שהחבילה הראשונה גדולה מידי, יחלק את המידע מחדש, הפעם לארבעה חבילות בגדלים $620B, 620B, 620B, 120B$, יוסיף לכל אחד מהם תחילית TCP עם מספר $Sequence$ מתאים ויוסיף להם תחיליות IP הבאות:

$$ID = x, \quad Length = 660B, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 660B, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 660B, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$
$$ID = x, \quad Length = 160B, \quad MF = 0, \quad DF = 1, \quad Offset = 0$$

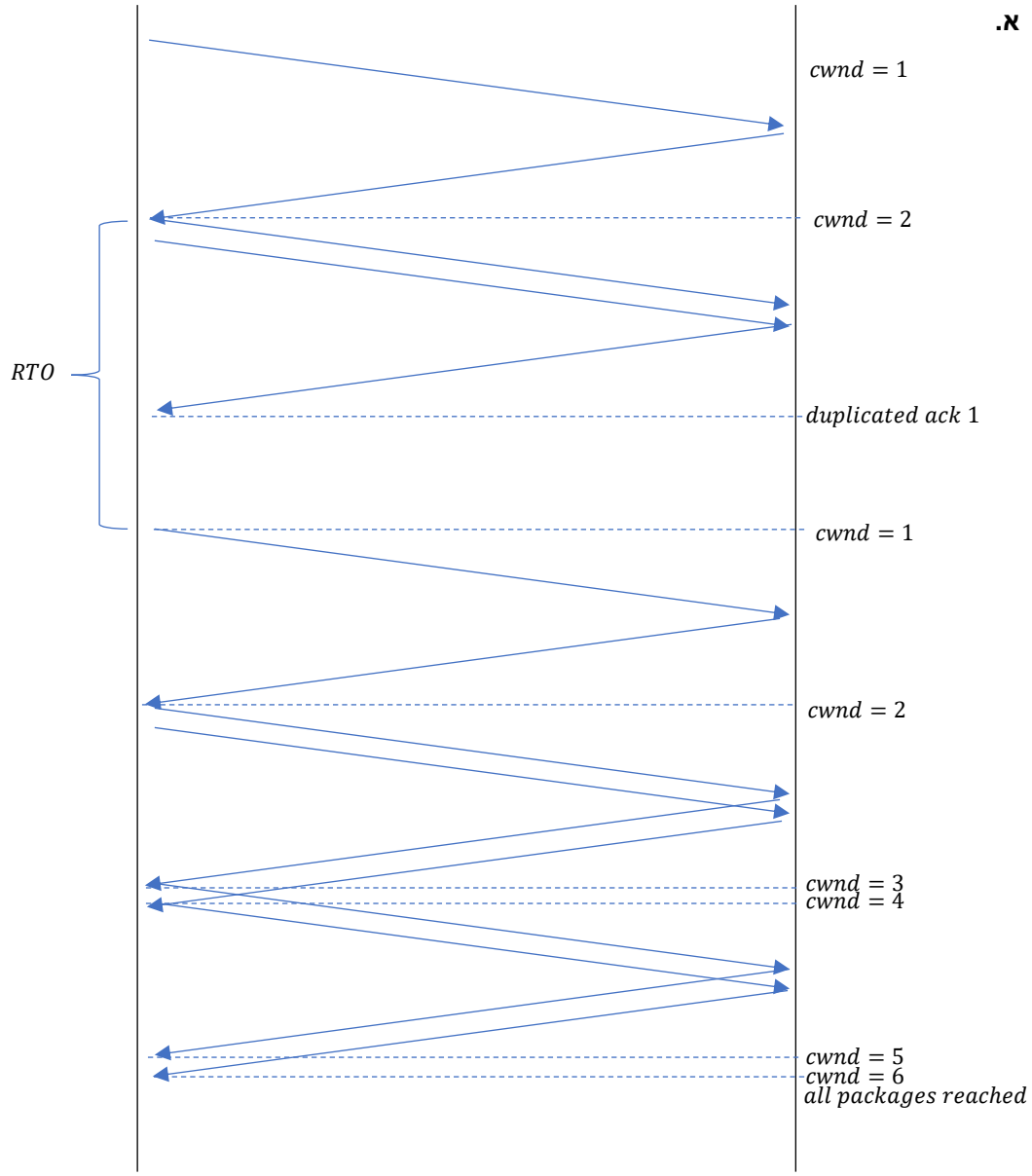
ומאחר וכולן קטנות מספיק בשביל לעבור בחיבור בין R_2 לB הם יגיעו לB, ושכבת התעבורה תחבר אותן מחדש לחבילה אחת.

שאלה 2:

נתונים:

חיבור TCP, $fast\ retransmit$, $fast\ recovery$, לאחר $handshake$, 7 חבילות
$threshold$ התחלתי: 10 חבילות, השהיית התפשטות: d_p, זמן $timeout$: RTO, להתעלם משאר ההשהיות

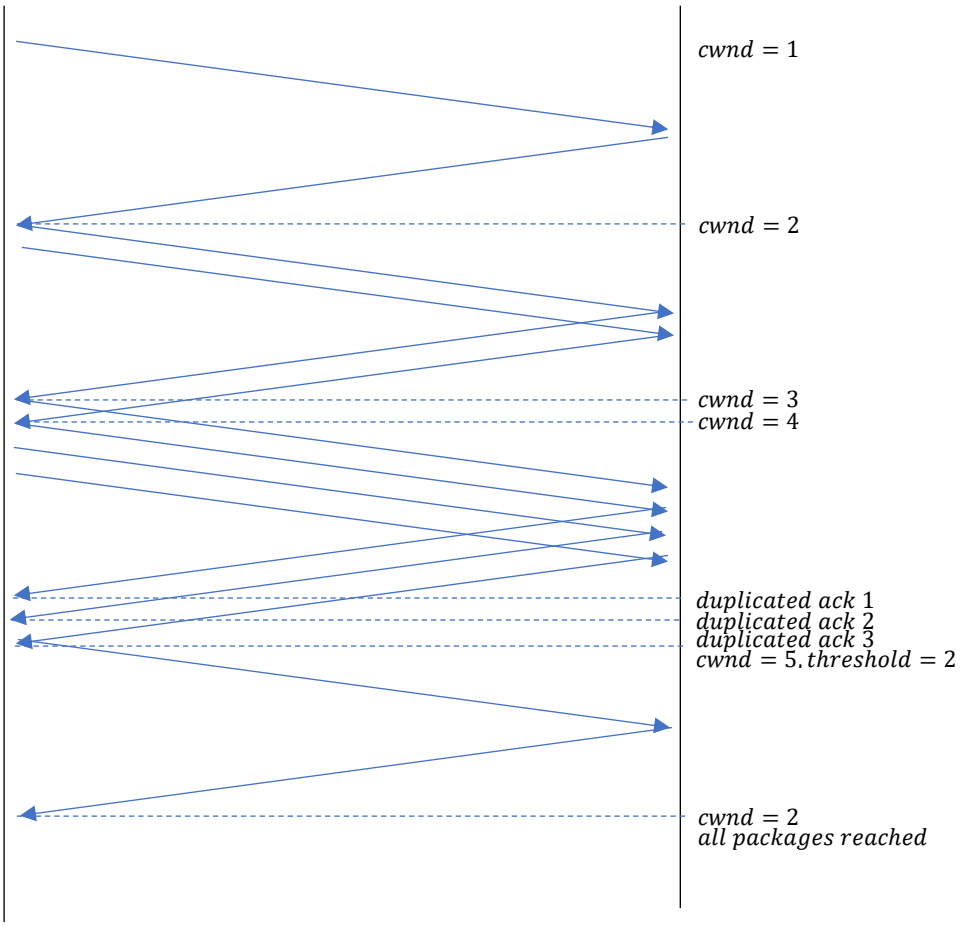
א.



מאחר והשהיית השידור זניחה, נספור רק את השהיות ההתפשטות של החבילה האחרונה בכל RTT, ושל הack הראשון של כל RTT (הack האחרון יוצא כהשהיית שידור לאחר הack הראשון של הRTT האחרון, ולכן בשבילנו הם יצאו ביחד).
השולח יודע שכל החבילות הגיעו למקבל לאחר:

$$2d_p + RTO + 2d_p + 2d_p + 2d_p = 8d_p + RTO$$

ב.



השולח יודע שכל החבילות התקבלו אחרי

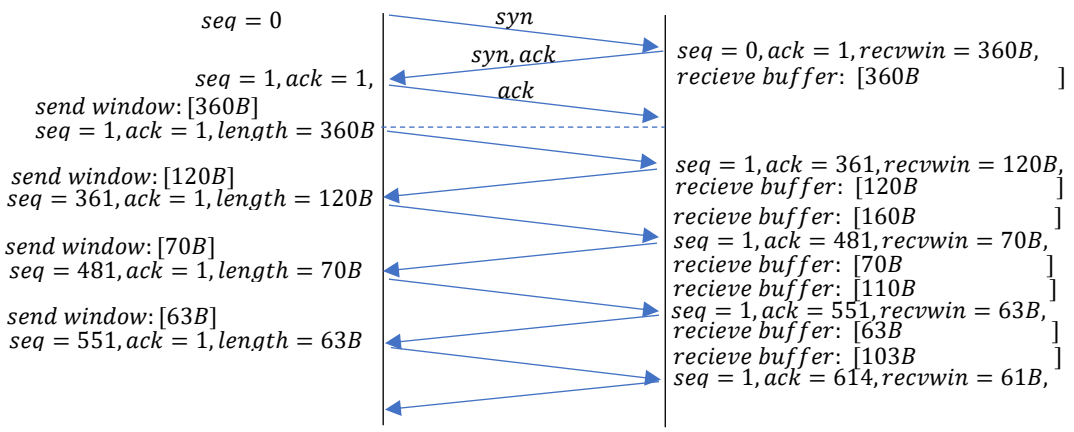
$$2d_p + 2d_p + 2d_p + 2d_p = 8d_p$$

מתחילת הקשר.

שאלה 3:

באפר: $360B$
מספר seq מתחיל ב-0.
MSS: $360B$
אין $delayed\ acks$
אפליקציה קוראת מידע בקצב:
בזמן קבלת מידע: בית אחד על כל 3 בתים
בזמן שמחכה לחבילה הבאה: 40 בתים
אין שימוש במנגנונים להתמודדות עם $Silly\ Window\ Syndrome$.

א.



ב. בעיית ה*Silly window Syndrome* מתבטאת בכך שחלון הקבלה של השרת יורד בכל קבלה, לגדלים כל כך קטנים, כך שרוב החבילה שמתקבלת היא רק תחיליות.
נשים לב שבכל קבלה ה$recvwin$ ממשיך לרדת.
על מנת למנוע זאת, נוכל למנוע מהשרת לפרסם חלון קבלה שקטן מהMSS, כלומר כל עוד אין לו 360 בתים פנויים בבאפר, אזי יפרסם חלון קבלה של 0. דבר זה ימנע מהלקוח לשלוח חבילות קטנות מידי, וייתן לאפליקציה מספיק זמן לקרוא מהבאפר.

שאלה 4: נתונים:
לקוח A מעלה $40KB$ לS על TCP
לקוח B מעלה $20KB$ לS על UDP
בזמן 0 לקוח A פונה לשרת
בזמן $0.2 = 200ms$ לקוח B פונה לשרת
התור בנתב: $55KB$
הבאפר בS: $100KB$
הMSS: $4KB$ כלומר $4000B$
אין $delayed\ ack$
קצב שידור של A, S והנתב: $400KBps$ כלומר זמן השידור של MSS הוא $0.01s = 10ms$.
קצב שידור של B: $1MBps$ כלומר זמן השידור של MSS הוא $0.004s = 4ms$
$timeout$: $0.1s = 100ms$
השהיית התפשטות: $0.01s = 10ms$
התעלמו מ$headers$ ומהשהיות שידור של ACK.

$ts(ms)$	A	B	$\leftrightarrow$	R	$\leftrightarrow$	S
0	$40KB$	$20KB$	$A \rightarrow S: syn$			
10	$40KB$	$20KB$			$A \rightarrow S: syn$ $A \leftarrow S: syn, ack$	
20	$40KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: syn, ack$			
30	$40KB$	$20KB$	$A \rightarrow S: ack$			
40	$36KB$	$20KB$	$A \rightarrow S: 4KB$		$A \rightarrow S: ack$	
50	$36kB$	$20KB$			$A \rightarrow S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
60	$36KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: ack$			
70	$32KB$	$20KB$	$A \rightarrow S: 4KB$			
80	$32KB$	$20KB$			$A \rightarrow S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
90	$32KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: ack$			

100	$28KB$	$20KB$	$A \to S: 4KB$			
110	$28KB$	$20KB$			$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
120	$28KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: ack$			
130	$24KB$	$20KB$	$A \to S: 4KB$			
140	$24KB$	$20KB$			$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: 4KB$	
150	$24KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: ack$			
160	$20KB$	$20KB$	$A \to S: 4KB$			
170	$20KB$	$20KB$			$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
180	$20KB$	$20KB$	$A \leftarrow S: ack$			
190	$16KB$	$20KB$	$A \to S: 4KB$			
200	$16KB$	$16KB$	$B \to S: 4KB$		$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
204	$16KB$	$12KB$	$B \to S: 4KB$	$B \to S: 4KB$		
208	$16KB$	$8KB$	$B \to S: 4KB$	$B \to S: 8KB$		
210	$16KB$	$8KB$	$A \leftarrow S: ack$	$B \to S: 4KB$	$B \to S: 4KB$	
212	$16KB$	$4KB$	$B \to S: 4KB$	$B \to S: 8KB$		
216	$16KB$	0	$B \to S: 4KB$	$B \to S: 12KB$		
220	$12KB$		$A \to S: 4KB$	$B \to S: 8KB$	$B \to S: 4KB$	
230	$12KB$			$B \to S: 4KB$ $A \to S: 4KB$	$B \to S: 4KB$	
240	$12KB$			$A \to S: 4KB$	$B \to S: 4KB$	
250	$12KB$				$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
260	$12KB$		$A \leftarrow S: ack$			
270	$8KB$		$A \to S: 4KB$			
280	$8KB$				$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
290	$8KB$		$A \leftarrow S: ack$			
300	$4KB$		$A \to S: 4KB$			
310	$4KB$				$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
320	$4KB$		$A \leftarrow S: ack$			
330	0		$A \to S: 4KB$			
340					$A \to S: 4KB$ $A \leftarrow S: ack$	
350			$A \leftarrow S: ack$			

כלומר רק ב350 מילישניות מתחילת השליחה, A ידע בוודאות שכל הקובץ הגיע לשרת.

שאלה 5: נתונים:
קצב שידור בכל הערוצים: $1MBps = 1000KBps = 1{,}000{,}000Bps$
כלומר זמן שליחה של MSS הוא 2 מילישניות
מהירות התפשטות: 250,000 ק"מ לשניה, כלומר 250 ק"מ במילישנייה.
מרחק בין C לR: 250 ק"מ כלומר זמן התפשטות ביניהם $1ms$
מרחק בין S לR: 750 ק"מ כלומר זמן התפשטות ביניהם $3ms$
MSS: $2KB$ (להתעלם מתחיליות, ושליחת ack מתבצע תמיד בסוף קבלת ההודעה)
זמן שידור של ack זניח
תור ב-R: $4KB$
גודל ה$buffer$ בC: $7KB = 7000B$
קצב קריאה מה$buffer$ בC: $0.5MBps = 500KBps = 500{,}000Bps = 500Bpms$

$ts(ms)$	C	$\leftrightarrow$	R	$\leftrightarrow$	S
0	$file: 0KB$	$\rightarrow$ syn $recvwin: 7KB$ $seq\#: 30000$			$file: 16KB$
1			$\rightarrow syn$	$\rightarrow$ $syn,$ $recvwin: 7KB$ $seq\#: 30000$	
4				$\leftarrow$ $syn.ack$ $seq\#: 20000$ $ack\#: 30001$	$\rightarrow syn$
7		$\leftarrow$ $syn.ack$ $seq\#: 20000$ $ack\#: 30001$	$\leftarrow syn, ack$		
8	$\leftarrow syn, ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 7KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 20001$ $length: 0$ $data: Request$			
9			$\rightarrow Request$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 7KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 20001$ $length: 0$ $data: Request$	
12					$\rightarrow Request$
14				$\leftarrow$ ack $seq\#: 20001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
17			$\leftarrow data: 2KB$		
19		$\leftarrow$ ack $seq\#: 20001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: 2KB$			
20	$\leftarrow data: file$ $buffer: 2KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 22001$			
21	$buffer: 1.5KB$ $file: 0.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 22001$	
24	$file: 2KB$				$\rightarrow ack$ $file: 14KB$
26				$\leftarrow$ ack $seq\#: 22001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	

29			$\leftarrow data: 2KB$		
31		$\leftarrow$ ack $seq\#: 22001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
32	$\leftarrow data$ $buffer: 2KB$ $file: 2KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 24001$			
33	$buffer: 1.5KB$ $file: 2.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 24001$	
36	$file: 4KB$				$\rightarrow ack$ $file: 12KB$
38				$\leftarrow$ ack $seq\#: 24001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
41			$\leftarrow data: 2KB$		
43		$\leftarrow$ ack $seq\#: 24001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
44	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 4KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 26001$			
45	$buffer: 1.5KB$ $file: 4.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 26001$	
48	$file: 6KB$				$\rightarrow ack$ $file: 10KB$
50				$\leftarrow$ ack $seq\#: 26001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
53			$\leftarrow data: 2KB$		
55		$\leftarrow$ ack $seq\#: 26001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
56	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 6KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 28001$			
57	$buffer: 1.5KB$ $file: 6.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$	

				$seq\#: 30001$ $ack\#: 28001$	
60	$file: 8KB$				$\rightarrow ack$ $file: 8KB$
62				$\leftarrow$ ack $seq\#: 28001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
65			$\leftarrow data: 2KB$		
67		$\leftarrow$ ack $seq\#: 28001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
68	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 8KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 30001$			
69	$buffer: 1.5KB$ $file: 8.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 30001$	
72	$file: 10KB$				$\rightarrow ack$ $file: 6KB$
74				$\leftarrow$ ack $seq\#: 30001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
77			$\leftarrow data: 2KB$		
79		$\leftarrow$ ack $seq\#: 30001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
80	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 10KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 32001$			
81	$buffer: 1.5KB$ $file: 10.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 32001$	
84	$file: 12KB$				$\rightarrow ack$ $file: 4KB$
86				$\leftarrow$ ack $seq\#: 32001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
89			$\leftarrow data: 2KB$		
91		$\leftarrow$ ack $seq\#: 32001$ $ack\#: 30001$			

		$length: 2KB$ $data: file$			
92	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 12KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 34001$			
93	$buffer: 1.5KB$ $file: 12.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 34001$	
96	$file: 14KB$				$\rightarrow ack$ $file: 2KB$
98				$\leftarrow$ ack $seq\#: 34001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$	
101			$\leftarrow data: 2KB$		
103		$\leftarrow$ ack $seq\#: 34001$ $ack\#: 30001$ $length: 2KB$ $data: file$			
104	$\leftarrow data: 2KB$ $buffer: 2KB$ $file: 14KB$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 36001$			
105	$buffer: 1.5KB$ $file: 14.5KB$		$\rightarrow ack$	$\rightarrow$ ack $recvwin: 5KB$ $seq\#: 30001$ $ack\#: 36001$	
108	$file: 16KB$				$\rightarrow ack$ $file: 0KB$

כלומר הקובץ יגיע במלואו לאפליקציה ב108 ms.