

רשתות תקשורת - מטלה 3:

עיקרי המטלה:

במטלתנו, עיקרי העשייה היו לממש את מבנה שרת לקוח בפרוטוקול תעבורה TCP בשפת C, ולבדוק את חשיבות הבחירה בפרוטוקול בקרת עומסים: במקרה שלנו, בחירה בין האלגוריתמים Reno ו-Cubic.

הסבר על קבצי המטלה:

Sender.c:

תכנית זו מהווה סימולציה לשרת בתקשורת שמנהלת ע"י פרוטוקול TCP.

בתכנית זו השרת פותח socket מאזין ומקשר אותו לפורט ו-IP של השרת בסימולציה, ולאחר מכן מקבל חבילת connect מהלקוח (ה – Receiver) ופותח עבורו socket שמשמש עד לסוף התקשורת איתו.

תחילה,

השרת שולח ללקוח את גודל הקובץ אותו הוא מעוניין להעביר אליו, וכאשר הוא מתקבל השרת מגדיר עבור התנועה היוצאת דרך הסוקט שאלגוריתם השליטה בעומס יהיה reno. לאחר מכן, מתחילה שליחת החצי הראשון של הקובץ.

כשהשרת יודע שהלקוח קיבל את החצי הראשון במלואו, הוא מבקש מהלקוח מפתח מיוחד (עם הודעת "SEND KEY") ששניהם מחשבים. במידה והמפתח תואם למפתח של השרת, הוא שולח הודעת OK, ומשנה עכשיו את אלגוריתם השליטה בעומס התנועה ל-cubic.

לאחר מכן, מתחילה שליחת החלק השני של הקובץ. כאשר היא מסתיימת, השרת מיידע את הלקוח שהשליחה הסתיימה במלואה, וכעת נתונה בפני השרת בחירה:

(א) במידה והשרת מעוניין לשלוח שוב את הקובץ, הוא מיידע את הלקוח כדי שיהיה מוכן לקבל את הקובץ בשנית וחוזר על התהליך הנ"ל חלילה החל מהגדרת אלגוריתם עומס התעבורה חזרה ל reno.

(ב) במידה והשרת לא מעוניין לשלוח שוב את הקובץ, הוא מבקש מהלקוח לסגור איתו את החיבור, ומצפה לקבל גם מהלקוח בקשה לסגור את החיבור. כששני הצדדים מקבלים ACK, הם סוגרים את החיבור.

וכעת, השרת מחכה לחיבור חדש, עבורו הוא יתחיל שוב את התהליך הנ"ל החל מקבלה של בקשת connect.

Receiver.c:

תכנית זו מהווה סימולציה ללקוח בתקשורת שמנוהלת ע"י פרוטוקול TCP.

בתכנית זו הלקוח פותח socket ושולח בקשת connect לשרת (ה – Sender). תחילה, הלקוח מצפה לקבל מהשרת את גודל הקובץ. ברגע שהוא מתקבל, הלקוח נכנס ל-2 לולאות שמתמשכות עד סיום התקשורת.

! השרת מאתחל מערך שלאורך התוכנית אוגר זמני ריצה של התכנית, והוא עושה זאת למול ספירה של מספר הבייטים שהוא כבר קיבל:

- החל מתחילת קבלת הקובץ ועד קבלת חצי ממנו – מתבצעת מדידת זמן ראשונה.
- החל מתחילת קבלת החצי השני ועד סיומו – מתבצעת מדידת זמן שנייה.

כעת תכנית הלקוח נכנסת לשתי לולאות – לולאה חיצונית (נגדיר כלולאה 1) ולולאה פנימית (נגדיר כלולאה 2), כשפתיחתן מתחילה יחד.

כעת בתוך לולאה 2, הלקוח מקבל מידע (עד 1024 בייטים), ולאחר קבלת מידע זה הוא שואל את עצמו את השאלות הבאות:

א) האם המידע שקיבלתי הוא הודעת "SEND KEY"? במידה וכן, הלקוח יודע שהגיע אליו חצי מהקובץ הרצוי. לאחר מכן, הוא מחשב ערך מפתח ושולח אותו לשרת. הלקוח יקבל הודעת OK במידה והמפתח תואם. לאחר מכן, אלגוריתם בקרת העומס משתנה ל-cubic, והלקוח יעבור לקבל את המידע הבא.

ב) האם המידע שקיבלתי הוא הודעת "FIN"? (כלומר, השרת סיים לשלוח את הקובץ) במידה וכן, הלקוח מתעד את זמן סיום קבלת חצי הקובץ השני בתוך מערך הזמנים. הלקוח שולח ACK לשרת ויוצא מלולאה 2.

ג) במידה וא' וב' לא קרו, הרי שהלקוח מקבל חלק מהקובץ אותו הוא מעוניין לקבל, מתחיל / ממשיך ליצור אותו מהחלקים שהתקבלו (שכבת האפליקציה דואגת שהקובץ ירשם בצורה אמינה וע"פ סדר חלקי הקובץ המתקבלים).

מאחר ותמיד נגיע בסוף לשלב ב' המצוין לעיל, וכעת אנו מסתכלים על לולאה 1, הלקוח כעת שואל את עצמו 2 שאלות נוספות:

א) האם השרת מעוניין לשלוח פעם נוספת את הקובץ? במידה וכן, הוא מוחק את הקובץ שהוא קיבל ומתכוון לקבלת הקובץ מחדש – ויבצע את כל התהליך הנ"ל מחדש (למעט שמירת הזמנים שהיא מצטברת עבור כל קבלה מחדש של הקובץ).

ב) במידה ולא, ז"א השרת שלח הודעת "END", והלקוח גם הוא ישלח הודעה כזו חזרה ובכך שני הצדדים לאחר קבלת ACK אחד מהשני יסגרו את ה- sockets.

לאחר מכן, הלקוח ידפיס את הזמנים בכל איטרציה של קבלת חצי קובץ שהתקבל, ובסיום ממוצע של כל החצאים שהתקבלו באלגוריתם עומס תעבורה מסוים.

קבצים נוספים:

- **הקלטות Wireshark** – מצורפות כקבצי pcapng, שכל אחת מתעדת את תפיסת הפאקטות במהלך כל אחת מסימולציות איבוד הפאקטות (ניתן לזהות לפי שם הקובץ באיזו סימולציה השתמשנו).
- **קובץ Makefile** – עליו מפורט בהמשך העמוד.

פרטים טכניים ובחירותינו במימוש הקבצים:

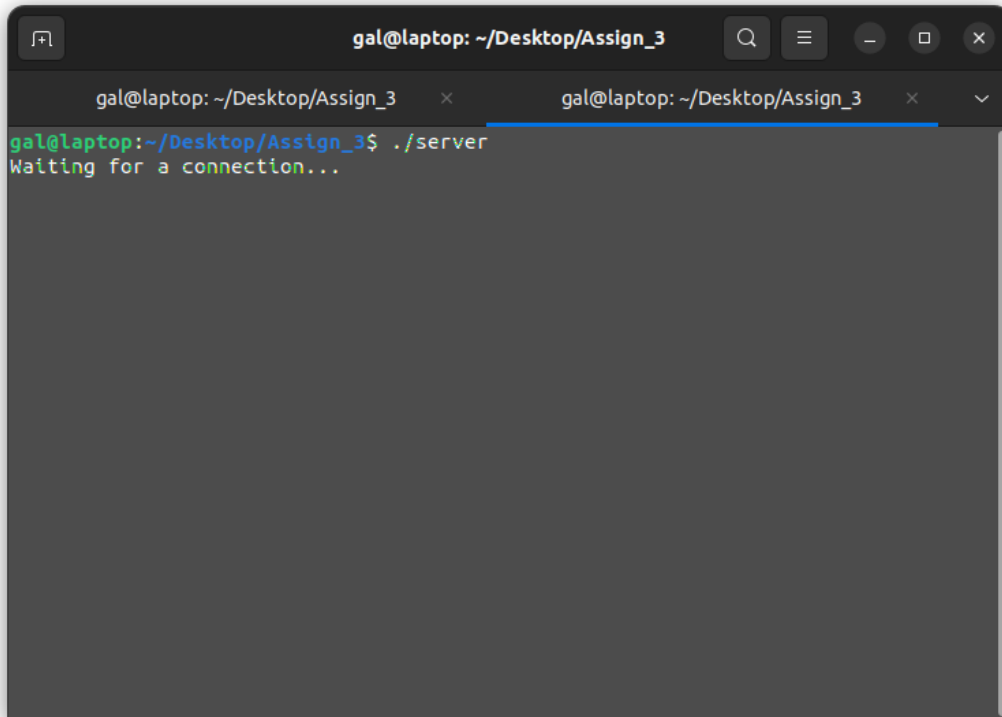
- **מערך הזמנים** – את המערך שמתעד את הזמנים בחרנו להיות סופי, ללא הקצאה דינאמית.
- **הבאפר** – כלומר, המערך (גם של ה Sender וגם של ה Receiver) שאחראי על שליחה וקבלת חלקי הקובץ הוא בגודל 1024 בייטים. ישנם באפרים נוספים בהם נעזרנו עליהם יש פירוט בקובץ.
- **הקובץ** – הקובץ המועבר הינו קובץ txt שגודלו 2MB.
- **הסברים מפורטים** – רשמנו לאורך כל קבצי הקוד הסברים שמפרטים על כל הפעולות בmain והפונקציות שמימשנו לצורך ביצוע הנדרש. (ההסברים מופיעים כהערות // ליד שורות הקוד).
- **הפורט של ה- Sender** – הוגדר להיות 5060.

הפעלת הקבצים:

- לצורך יצירת קבצי exe שאותם ניתן להריץ, יצרנו קובץ Makefile שאותו נדרש להריץ:
לאחר פתיחת התיקייה המכילה של הקבצים בטרמינל: כדי ליצור את קבצי ה exe, יש להשתמש בפקודת make all.
- כדי למחוק את כל הקבצים שנוצרו, יש להשתמש בפקודת make clean.
- הקובץ Sender.c מומר לקובץ exe בשם server, והקובץ Receiver.c מומר לקובץ exe בשם client.
- את קבצים אלו יש להריץ כל אחד בטרמינל נפרד ע"י ./server ו - ./client .
- יש לשים לב, בעת הרצת server ולאחר שליחה של הקובץ במלואו, מועמדת בפניכם בחירה – לכתוב 'y' אם ברצונכם לשלוח שוב את הקובץ, או לכתוב כל אות אחרת במטרה לסיים את התקשורת.

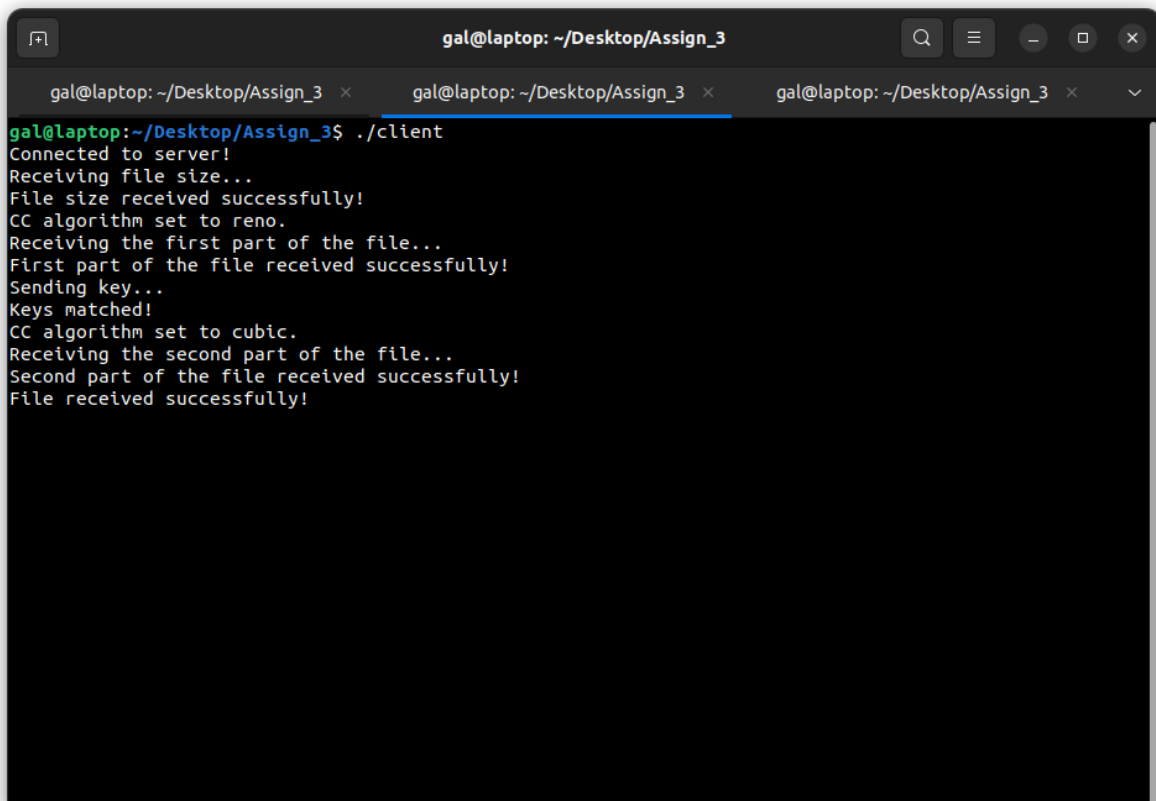
הצגה של הפעלת הקבצים:

תחילה, נפעיל את קובץ ה-server שממתין לקבלת בקשה לחיבור מלקוח כלשהו.

A terminal window titled 'gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3' with three tabs. The active tab shows the command './server' being executed, followed by the output 'Waiting for a connection...'.

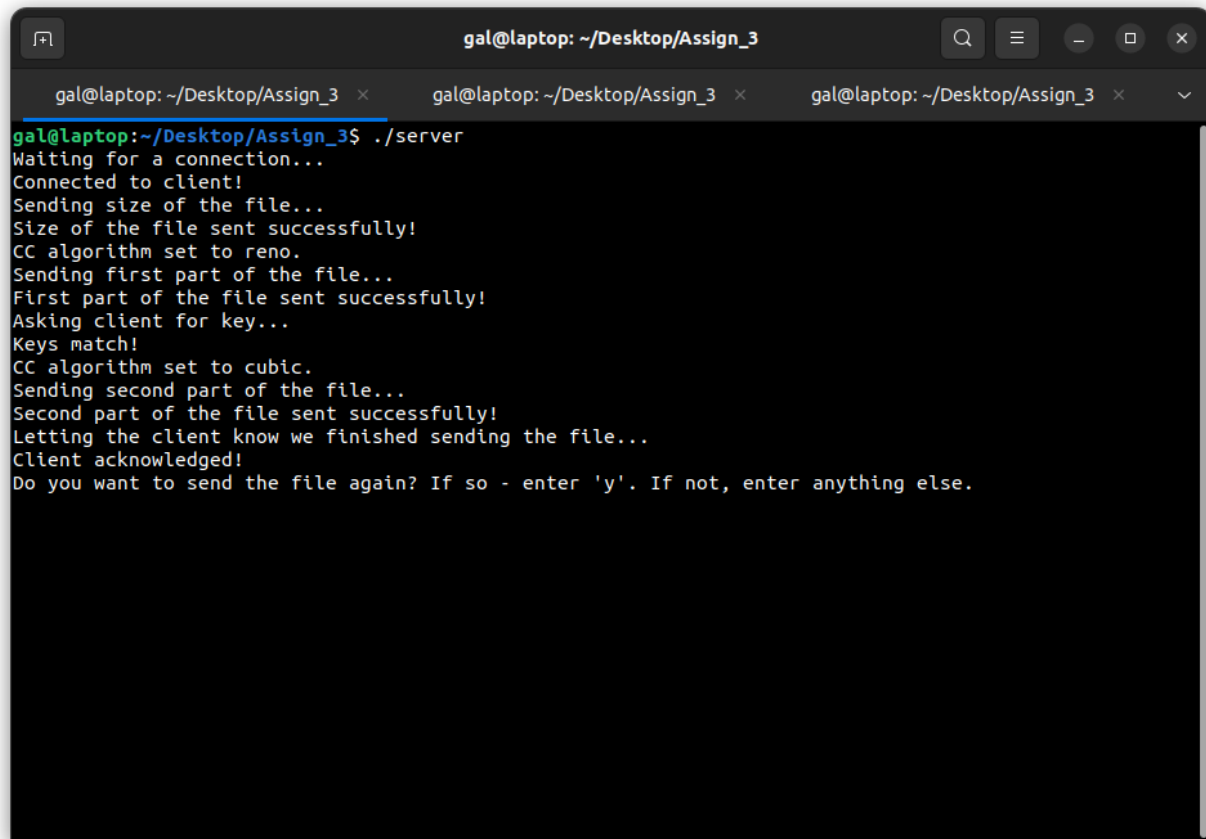
```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3$ ./server
Waiting for a connection...
```

כעת, נפעיל את קובץ ה-client, שמקבל את הקובץ לראשונה.

A terminal window titled 'gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3' with three tabs. The active tab shows the command './client' being executed, followed by a series of status messages indicating a successful connection and file reception.

```
gal@laptop:~/Desktop/Assign_3$ ./client
Connected to server!
Receiving file size...
File size received successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
```

כשאנו מסתכלים על השרת, לאחר שהקובץ נשלח בפעם הראשונה – התוכנית שואלת אותנו האם אנו רוצים לשלוח ללקוח את הקובץ שוב.



```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3 x gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3 x gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3 x
gal@laptop:~/Desktop/Assign_3$ ./server
Waiting for a connection...
Connected to client!
Sending size of the file...
Size of the file sent successfully!
CC algorithm set to reno.
Sending first part of the file...
First part of the file sent successfully!
Asking client for key...
Keys match!
CC algorithm set to cubic.
Sending second part of the file...
Second part of the file sent successfully!
Letting the client know we finished sending the file...
Client acknowledged!
Do you want to send the file again? If so - enter 'y'. If not, enter anything else.
```

כעת, המסכים הנ"ל יחזרו על עצמם עד שנחליט לסיים את שליחת הקובץ. אצל השרת התקשורת תסתיים ולא יודפסו עוד פרטים חשובים בטרמינל, לעומת זאת, אצל הלקוח נראה הדפסות של זמני הקבלה של חצאי הקבצים באלגוריתמי בקרת עומס התנועה השונים.

בהמשך המסמך, אנו נציג פלטים לטרמינל וגם צילום מסך אקראי מהקלטות ה-wireshark שנעשו במקבל להרצת התוכניות שמציגים מצבים שונים של איבוד פאקטות לאורך התקשורת:

מצב 1 - 0% איבוד פאקטות:

```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to end the connection, sending END message and closing the socket...
Socket closed, goodbye!

Time it took to receive each iteration of 1st half of the file (ln reno cc protocol):
Iteration 1: 0.012549 seconds.
Iteration 2: 2.395673 seconds.
Iteration 3: 0.257863 seconds.
Iteration 4: 0.245299 seconds.
Iteration 5: 0.244094 seconds.
Iteration 6: 0.237220 seconds.
Iteration 7: 0.233774 seconds.
Iteration 8: 0.274079 seconds.
Iteration 9: 0.313283 seconds.

Average time for reno cc protocol: 0.470337 seconds.

Time it took to receive each iteration of the 2nd half of the file (ln cubic cc protocol):
Iteration 1: 0.058734 seconds.
Iteration 2: 0.051385 seconds.
Iteration 3: 0.051397 seconds.
Iteration 4: 0.055622 seconds.
Iteration 5: 0.054810 seconds.
Iteration 6: 0.054900 seconds.
Iteration 7: 0.061244 seconds.
Iteration 8: 0.055648 seconds.
Iteration 9: 0.057879 seconds.

Average time for cubic cc protocol: 0.055637 seconds.

gal@laptop:~/Desktop/Assign_3$
```

כמצופה, לא ניתן לזהות איבוד פאקטות ללא סימולציה של איבוד.

Lost_0%.pcapng

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3972	0.75225227	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7920 Ack=2027539 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3970	0.75223317	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7922 Ack=2026515 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3969	0.752223456	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2025491 Ack=7922 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3968	0.752213979	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7918 Ack=2025491 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3966	0.752194442	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7914 Ack=2024467 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3965	0.752176205	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2023443 Ack=7914 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3964	0.752165471	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7910 Ack=2023443 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3962	0.752146531	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7906 Ack=2022419 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3961	0.752136953	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2021395 Ack=7906 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3960	0.752127531	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7902 Ack=2021395 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3958	0.752108692	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7898 Ack=2020371 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3957	0.752096921	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2019347 Ack=7898 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3956	0.752080138	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7894 Ack=2019347 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3954	0.752060579	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7890 Ack=2018323 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3953	0.752050505	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2017299 Ack=7890 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3952	0.752040845	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7886 Ack=2017299 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3950	0.752021091	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7882 Ack=2016275 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3949	0.752000783	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2015251 Ack=7882 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3948	0.751989910	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7878 Ack=2015251 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3946	0.751970564	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7874 Ack=2014227 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3945	0.751960939	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2013203 Ack=7874 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3944	0.751950729	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7870 Ack=2013203 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3942	0.751921911	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7866 Ack=2012179 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3941	0.751904393	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2011155 Ack=7866 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3940	0.751893824	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7862 Ack=2011155 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3938	0.751875029	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7858 Ack=2010131 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3937	0.751865638	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2009107 Ack=7858 Win=512 Len=1024 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3936	0.751846212	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7854 Ack=2008107 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561692 [TCP segment of a reassembled P...
3934	0.751836655	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7850 Ack=2008083 Win=16881 Len=4 TSval=1056561692 TSecr=1056561691 [TCP segment of a reassembled P...
3933	0.751817625	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 -> 39606 [PSH, ACK] Seq=2007059 Ack=7850 Win=512 Len=1024 TSval=1056561691 TSecr=1056561691 [TCP segment of a reassembled P...
3932	0.751792988	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7846 Ack=2007059 Win=16881 Len=4 TSval=1056561691 TSecr=1056561691 [TCP segment of a reassembled P...
3930	0.751772887	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 -> 5060 [PSH, ACK] Seq=7842 Ack=2006035 Win=16881 Len=4 TSval=1056561691 TSecr=1056561691 [TCP segment of a reassembled P...

[Conversation completeness: Incomplete (12)]

[TCP Segment Len: 1024]

Sequence Number: 2025491 (relative sequence number)

Sequence Number (raw): 2127273192

[Next Sequence Number: 2026515 (relative sequence number)]

Acknowledgment Number: 7922 (relative ack number)

Acknowledgment number (raw): 2331636382

1000 ... = Header Length: 32 bytes (8)

Flags: 0x810 (PSH, ACK)

Window: 512

[Calculated window size: 512]

[Window size scaling factor: -1 (unknown)]

Checksum: 0x0229 [unverified]

[Checksum Status: Unverified]

Urgent Pointer (tcp.urgent_pointer), 2 bytes

Packets: 4120 - Displayed: 4106 (99.7%) - Marked: 3 (0.1%) Profile: Default

מצב 2 - 10% איבוד פאקטות:

```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to end the connection, sending END message and closing the socket...
Socket closed, goodbye!

Time it took to receive each iteration of 1st half of the file (in reno cc protocol):
Iteration 1: 52.311023 seconds.
Iteration 2: 56.583022 seconds.
Iteration 3: 57.471975 seconds.
Iteration 4: 65.136468 seconds.
Iteration 5: 56.556219 seconds.
Average time for reno cc protocol: 57.611741 seconds.

Time it took to receive each iteration of the 2nd half of the file (in cubic cc protocol):
Iteration 1: 43.180249 seconds.
Iteration 2: 60.112346 seconds.
Iteration 3: 61.055627 seconds.
Iteration 4: 48.013963 seconds.
Iteration 5: 56.935218 seconds.
Average time for cubic cc protocol: 53.843081 seconds.

gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
```

ניתן לזהות ב-Wireshark כי יש חבילות המודיעות על קבלת ACK על פאקטות שלא באמת התקבלו ("Previous segment not captured") – זו תוצאה של סימולציית איבוד הפאקטות. בנוסף, מתקיימת שליחה מחדש ("Retransmission") לאחר timeout של שליחת פאקטה כלשהי מסעם אחד הצדדים.

tcp					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
6	10.688435392	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	72 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=512 Len=6 TSval=1051209169 TSecr=1051193093 [TCP segment of a reassembled PDU]
7	11.303048359	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	72 [TCP Retransmission] 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=512 Len=6 TSval=1051209584 TSecr=1051193093
8	11.303081857	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	78 39606 → 59606 [ACK] Seq=5 Ack=7 Win=512 Len=0 TSval=1051209584 TSecr=1051209584 SLE=7
9	11.479391455	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 [TCP Retransmission] 59606 → 39606 [PSH, ACK] Seq=5 Ack=7 Win=512 Len=0 TSval=1051210028 TSecr=1051209584
10	11.479391455	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 59606 → 39606 [ACK] Seq=7 Ack=5 Win=512 Len=0 TSval=1051210028 TSecr=1051210028 [TCP segment of a reassembled PDU]
11	11.955039845	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=7 Ack=5 Win=512 Len=1024 TSval=1051210236 TSecr=1051210028 [TCP segment of a reassembled PDU]
12	11.955069725	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 39606 → 59606 [ACK] Seq=5 Ack=1031 Win=504 Len=0 TSval=1051210236 TSecr=1051210236
13	11.955229769	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=5 Ack=1031 Win=512 Len=4 TSval=1051210236 TSecr=1051210236 [TCP segment of a reassembled PDU]
14	11.955252804	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=1031 Ack=9 Win=512 Len=1024 TSval=1051210236 TSecr=1051210236 [TCP segment of a reassembled PDU]
15	11.955415714	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=9 Ack=2055 Win=512 Len=4 TSval=1051210236 TSecr=1051210236 [TCP segment of a reassembled PDU]
16	11.955504393	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=2055 Ack=13 Win=512 Len=1024 TSval=1051210236 TSecr=1051210236 [TCP segment of a reassembled PDU]
17	12.363951748	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 [TCP Retransmission] 59606 → 39606 [PSH, ACK] Seq=2055 Ack=13 Win=512 Len=1024 TSval=1051210444 TSecr=1051210236
18	12.363982468	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 [TCP Previous segment not captured] 39606 → 59606 [ACK] Seq=17 Ack=3079 Win=512 Len=0 TSval=1051210444 TSecr=1051210444 SLE=205
19	12.168991267	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 [TCP Retransmission] 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=13 Ack=3079 Win=512 Len=4 TSval=1051210448 TSecr=1051210444
20	12.167145303	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090 Continuation
21	12.167166699	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66 39606 → 59606 [ACK] Seq=17 Ack=4103 Win=504 Len=0 TSval=1051210448 TSecr=1051210448
22	12.167255334	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=17 Ack=4103 Win=512 Len=4 TSval=1051210448 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
23	12.167356222	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=4103 Ack=21 Win=512 Len=1024 TSval=1051210448 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
24	12.167525840	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=21 Ack=5127 Win=512 Len=4 TSval=1051210448 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
25	12.167680895	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090 Continuation
26	12.167728446	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=25 Ack=6151 Win=512 Len=4 TSval=1051210448 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
27	12.167788955	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=6151 Ack=29 Win=512 Len=1024 TSval=1051210448 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
28	12.167828763	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=29 Ack=7175 Win=512 Len=4 TSval=1051210449 TSecr=1051210448 [TCP segment of a reassembled PDU]
29	12.167862130	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090 Continuation
30	12.167962400	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=33 Ack=8199 Win=512 Len=4 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
31	12.168050736	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=8199 Ack=37 Win=512 Len=1024 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
32	12.168169785	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=37 Ack=9223 Win=512 Len=4 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
33	12.168303016	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090 Continuation
34	12.168367319	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=41 Ack=10247 Win=512 Len=4 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
35	12.168447863	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090 5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=10247 Ack=45 Win=512 Len=1024 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
36	12.168473744	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=45 Ack=11271 Win=512 Len=4 TSval=1051210449 TSecr=1051210449 [TCP segment of a reassembled PDU]
37	12.374521677	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70 [TCP Retransmission] 39606 → 59606 [PSH, ACK] Seq=45 Ack=11271 Win=512 Len=4 TSval=1051210556 TSecr=1051210449
[Conversation completeness: Incomplete (12)]					
[TCP Segment Len: 1024]					
Sequence Number: 2955 (relative sequence number)					
Sequence Number (raw): 2114763806					
[Next Sequence Number: 3079 (relative sequence number)]					
Acknowledgment Number: 13 (relative ack number)					
Acknowledgment number (raw): 2331587368					
1000 ... = Header Length: 32 bytes (8)					
Flags: 0x018 (PSH, ACK)					
Window: 512					
[Calculated window size: 512]					
[Window size scaling factor: -1 (unknown)]					
Checksum: 0x0229 [unverified]					
[Checksum Status: Unverified]					
Urgent Pointer: 0					
Options: (19 bytes) No-Operation (NOP), No-Operation (NOP), Timestamp					
Urgent Pointer (tcp.urgent_pointer), 2 bytes					
Packets: 4775 - Displayed: 4692 (98.3%)					
Profile: Default					

מצב 3 - 15% איבוד פאקטות:

```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3

Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to end the connection, sending END message and closing the socket...
Socket closed, goodbye!

Time it took to receive each iteration of 1st half of the file (in reno cc protocol):
Iteration 1: 107.522863 seconds.
Iteration 2: 105.932069 seconds.
Iteration 3: 114.982711 seconds.
Iteration 4: 106.987711 seconds.
Iteration 5: 133.884321 seconds.
Average time for reno cc protocol: 112.667723 seconds.

Time it took to receive each iteration of the 2nd half of the file (in cubic cc protocol):
Iteration 1: 105.287729 seconds.
Iteration 2: 106.332116 seconds.
Iteration 3: 88.932324 seconds.
Iteration 4: 99.308875 seconds.
Iteration 5: 102.543451 seconds.
Average time for cubic cc protocol: 98.696759 seconds.

gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
```

ניתן כאן לזהות כפי שתיארנו במצב הקודם, כי יש איבוד פאקטות. הפעם, בתדירות גבוהה יותר – דבר שניתן לזהות בקבצי ה-pcapng.

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help
Lost_15%_pcapng

tcp
[Icons]

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
294	19.227767524	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1099	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=130655 Ack=513 Win=512 Len=1024 TSval=1054212605 TSecr=1054212605 [TCP segment of a reassembled PD...
295	19.227859234	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=513 Ack=131079 Win=512 Len=4 TSval=1054212605 TSecr=1054212605 [TCP segment of a reassembled PD...
296	19.227894843	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090	Continuation
297	19.434323927	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	[TCP Retransmission] 5600 → 39606 [PSH, ACK] Seq=131079 Ack=517 Win=512 Len=1024 TSval=1054212812 TSecr=1054212605
298	19.434281496	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	78	[TCP Previous segment not captured] 39606 → 5600 [ACK] Seq=521 Ack=13103 Win=512 Len=0 TSval=1054212812 TSecr=1054212812 SLE=...
299	19.435026094	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Retransmission] 39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=517 Ack=13103 Win=512 Len=4 TSval=1054212812 TSecr=1054212812
300	19.433011556	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=132183 Ack=521 Win=512 Len=1024 TSval=1054212816 TSecr=1054212816 [TCP segment of a reassembled PD...
301	19.433874433	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	5960 → 5600 [ACK] Seq=521 Ack=133127 Win=594 Len=0 TSval=1054212816 TSecr=1054212816
302	19.438457771	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=521 Ack=133127 Win=512 Len=4 TSval=1054212816 TSecr=1054212816 [TCP segment of a reassembled PD...
303	19.438527496	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1896	Continuation
304	19.438605835	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=525 Ack=134151 Win=512 Len=4 TSval=1054212816 TSecr=1054212816 [TCP segment of a reassembled PD...
305	19.646292836	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Dup ACK 39061] 5600 → 39606 [ACK] Seq=134151 Ack=529 Win=512 Len=0 TSval=1054213024 TSecr=1054212816
306	19.646292836	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=134151 Ack=529 Win=512 Len=1024 TSval=1054213024 TSecr=1054212816 [TCP segment of a reassembled PD...
307	19.646312852	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	78	[TCP Dup ACK 39061] 5600 → 39606 [ACK] Seq=135175 Ack=529 Win=512 Len=0 TSval=1054213024 TSecr=1054213024 SLE=525 SRC=529
308	19.646471457	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=529 Ack=135175 Win=512 Len=4 TSval=1054213024 TSecr=1054213024 [TCP segment of a reassembled PD...
309	19.646485439	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	5960 → 39606 [ACK] Seq=135175 Ack=533 Win=512 Len=0 TSval=1054213024 TSecr=1054213024
310	19.646505636	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090	Continuation
311	19.646742283	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=533 Ack=136199 Win=512 Len=4 TSval=1054213024 TSecr=1054213024 [TCP segment of a reassembled PD...
312	19.646828145	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=136199 Ack=537 Win=512 Len=1024 TSval=1054213024 TSecr=1054213024 [TCP segment of a reassembled PD...
313	19.646939941	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=537 Ack=137223 Win=512 Len=4 TSval=1054213024 TSecr=1054213024 [TCP segment of a reassembled PD...
314	19.647035377	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090	Continuation
315	19.647122935	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=541 Ack=138247 Win=512 Len=4 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...
316	19.647228169	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=138247 Ack=545 Win=512 Len=1024 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...
317	19.647325349	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=545 Ack=139271 Win=512 Len=4 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...
318	19.647417684	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090	Continuation
319	19.647553176	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=549 Ack=140295 Win=512 Len=4 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...
320	19.64753176	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	140	5960 → 39606 [PSH, ACK] Seq=140295 Ack=553 Win=512 Len=1024 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...
321	19.64770362	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5600 [PSH, ACK] Seq=553 Ack=141319 Win=512 Len=4 TSval=1054213025 TSecr=1054213025 [TCP segment of a reassembled PD...

מצב 4 - 20% איבוד פאקטות

```
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3

Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to send the file again, deleting the file and preparing to receive it again...
File deleted successfully!
CC algorithm set to reno.
Receiving the first part of the file...
First part of the file received successfully!
Sending key...
Keys matched!
CC algorithm set to cubic.
Receiving the second part of the file...
Second part of the file received successfully!
File received successfully!
Server wishes to end the connection, sending END message and closing the socket...
Socket closed, goodbye!

Time it took to receive each iteration of 1st half of the file (in reno cc protocol):
Iteration 1: 152.968212 seconds.
Iteration 2: 159.523759 seconds.
Iteration 3: 321.912037 seconds.
Iteration 4: 390.584276 seconds.
Iteration 5: 241.563797 seconds.

Average time for reno cc protocol: 253.308816 seconds.

Time it took to receive each iteration of the 2nd half of the file (in cubic cc protocol):
Iteration 1: 152.715282 seconds.
Iteration 2: 163.663788 seconds.
Iteration 3: 168.431925 seconds.
Iteration 4: 161.987840 seconds.
Iteration 5: 175.231911 seconds.

Average time for cubic cc protocol: 164.406181 seconds.

gal@laptop: ~/Desktop/Assign_3
```

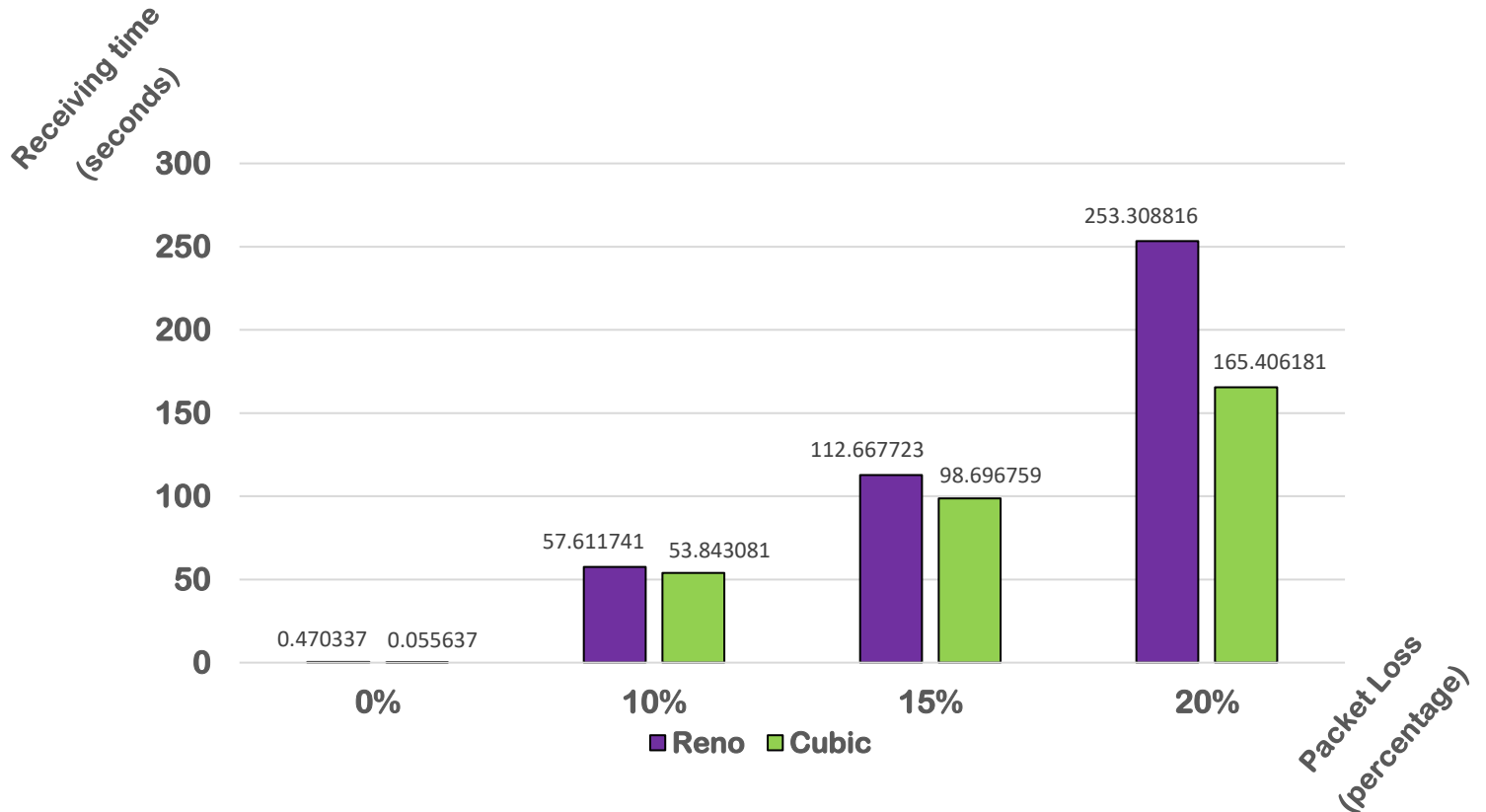
כעת, ניתן לשים לב להרבה יותר פאקטות שנאבדו (מן הסתם).

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help
Lost 20% pcapng

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
118	0.550746372	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=185 ACK=47111 Win=512 Len=4 TSval=1054481664 TSecr=1054481664 [TCP segment of a reassembled PDU]
119	0.60431329	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Retransmission] 39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=185 ACK=47111 Win=512 Len=4 TSval=1054482028 TSecr=1054481664
120	0.91543280	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Previous segment not captured] 5060 → 39606 [ACK] Seq=48135 ACK=189 Win=512 Len=0 TSval=1054482028 TSecr=1054482028 SLE=1
121	0.974389820	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	[TCP Retransmission] 5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=47111 Ack=189 Win=512 Len=1024 TSval=1054482088 TSecr=1054482028
122	0.974523199	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=189 Ack=48135 Win=512 Len=4 TSval=1054482088 TSecr=1054482088 [TCP segment of a reassembled PDU]
123	0.974543046	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	5060 → 39606 [ACK] Seq=48135 Ack=193 Win=512 Len=0 TSval=1054482088 TSecr=1054482088
124	0.974608462	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=48135 Ack=193 Win=512 Len=1024 TSval=1054482088 TSecr=1054482088 [TCP segment of a reassembled PDU]
125	1.186391025	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	[TCP Retransmission] 5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=48135 Ack=193 Win=512 Len=1024 TSval=1054482300 TSecr=1054482088
126	1.186539224	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Previous segment not captured] 39606 → 5060 [ACK] Seq=197 Ack=49159 Win=512 Len=0 TSval=1054482300 TSecr=1054482300 SLE=4
127	1.205043127	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	[TCP Retransmission] 39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=193 Ack=49159 Win=512 Len=4 TSval=1054482412 TSecr=1054482300
128	1.208043509	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	Continuation
129	1.289056502	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	66	39606 → 5060 [ACK] Seq=197 Ack=50183 Win=504 Len=0 TSval=1054482412 TSecr=1054482412
130	1.298087168	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=197 Ack=50183 Win=512 Len=4 TSval=1054482412 TSecr=1054482412 [TCP segment of a reassembled PDU]
131	1.298891848	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=50183 Ack=201 Win=512 Len=1024 TSval=1054482412 TSecr=1054482412 [TCP segment of a reassembled PDU]
132	1.586085825	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=201 Ack=51207 Win=512 Len=4 TSval=1054482700 TSecr=1054482412 [TCP segment of a reassembled PDU]
133	1.586094085	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	Continuation
134	1.586795235	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=205 Ack=52231 Win=512 Len=4 TSval=1054482700 TSecr=1054482700 [TCP segment of a reassembled PDU]
135	1.586804407	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=52231 Ack=209 Win=512 Len=1024 TSval=1054482700 TSecr=1054482700 [TCP segment of a reassembled PDU]
136	1.586979636	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=209 Ack=53255 Win=512 Len=4 TSval=1054482700 TSecr=1054482700 [TCP segment of a reassembled PDU]
137	1.587897885	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	Continuation
138	1.587237875	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=213 Ack=54279 Win=512 Len=4 TSval=1054482700 TSecr=1054482700 [TCP segment of a reassembled PDU]
139	1.587336134	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=54279 Ack=217 Win=512 Len=1024 TSval=1054482701 TSecr=1054482700 [TCP segment of a reassembled PDU]
140	1.587374991	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=217 Ack=55303 Win=512 Len=4 TSval=1054482701 TSecr=1054482701 [TCP segment of a reassembled PDU]
141	1.587405797	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	1090	Continuation
142	1.587444394	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	39606 → 5060 [PSH, ACK] Seq=221 Ack=56327 Win=512 Len=4 TSval=1054482701 TSecr=1054482701 [TCP segment of a reassembled PDU]
143	1.834517586	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	1090	5060 → 39606 [PSH, ACK] Seq=56327 Ack=225 Win=512 Len=1024 TSval=1054482948 TSecr=1054482701 [TCP segment of a reassembled PDU]
144	1.834529054	127.0.0.1	127.0.0.1	TCP	70	

סיכום הנתונים בטבלה:

להלן טבלה שמסכמת את זמני הריצה הממוצעים של קבלת חלקי הקובץ בחלוקה לאחוזי איבוד פאקטות עבור כל פרוטוקול בקרת עומסים בו השתמשנו:



ניתן לזהות מגמה נשנית – אלגוריתם cubic מוכח כאן כיעיל יותר בזמנים מאלגוריתם reno. ככל שאחוז הפאקטות הנאבדות במהלך התקשורת גדל, כך גם הפרש הזמנים בהם מתקבלים הקבצים בין reno ו-cubic גדל.

כפי שלמדנו בהרצאות, בעוד ש-reno קובע שעליית קצב שליחת הפאקטות לאחר קבלת ACK 3 נשנים יהיה לינארי, ב-cubic הוא עולה בצורה יותר "אסימפטוטית" לכיוון ה threshold, דבר שתיאורטית אמור לשפר את זמני הביצוע של התכנית שלנו.

ואכן, אנו רואים כי יש שיפור ניכר בזמני הביצוע, ושיש תעדוף בבחירה ב-Cubic למול Reno.