

## תיאור התרגיל

### חלק "יבש"

קראו את המאמר [A Quick Look at QUIC](#) וענו בקצרה (בקובץ ה-PDF) בעברית על השאלות הבאות. בתשובתיכם, ניתן להדביק תמונות מתוך המאמר, או ממקורות אחרים, תוך ציון המקור, ולהסביר אותן מילולית.

1. תארו במלים שלכם 5 חסרונות/מגבלות של TCP.
2. ציינו 5 תפקידים שפרוטוקול תעבורה צריך למלא.
3. תארו את אופן פתיחת הקשר ("לחיצת ידיים") ב-Quic. כיצד הוא משפר חלק מהחסרונות של TCP שתארתם בסעיף 1?
4. תארו בקצרה את מבנה החבילה של QUIC. כיצד הוא משפר חלק מהחסרונות של TCP שתארתם בסעיף 1?
5. מה QUIC עושה כאשר חבילות מגיעות באיחור או לא מגיעות כלל?
6. תארו את בקרת העומס (congestion control) של QUIC.

### חלק "רטוב"

בתרגיל זה נממש באמצעות python גרסה מנוונת של פרוטוקול QUIC ונשתמש בה לשם תקשורת בין לקוח לשרת.

- כל קבוצת סטודנטים תעביר קבצים משרת ללקוח, תוך מימוש היבט מסוים של QUIC.
- אנחנו נפתח מסמך שבו כל קבוצה תרשום את הבחירה שלו למימוש היבט מסוים של QUIC ויקבל את אישורנו ליישום.

### להלן האפשרויות השונות למימוש של QUIC:

1) **ריבוי זרימות (flows):** יש לממש העברה של מספר זרימות (כשכל אחת מהן מעבירה קובץ יחיד) על גבי קשר QUIC יחיד, כפי שמתואר בפרק 4.2 במאמר. בכל זרימה יהיה גודל חבילות אחיד, שיש להגריל (פעם אחת, לפני תחילת משלוח החבילות) בהתפלגות אחידה מתוך התחום 1000 עד 2000 בתים (Bytes). בסוף הריצה יש להדפיס הודעה שכוללת את הסטטיסטיקה הבאה:

- a. מספר הבתים שעברו בסה"כ בכל זרימה.
- b. מספר החבילות שעברו בסה"כ בכל זרימה.
- c. קצבי הנתונים (בתים לשנייה) והחבילות (חבילות לשנייה) הממוצעים בכל זרימה.
- d. קצב הנתונים הכולל, כלומר: כמה בתים הגיעו ליעד בשנייה, בממוצע.
- e. קצב החבילות הכולל, כלומר: כמה חבילות הגיעו ליעד בשנייה, בממוצע.

הריצו ניסויים על מספר זרימות שמשתנה בין 1 ל-10. הציגו גרפים של  $d$  ושל  $e$  דלעיל, והסבירו בקצרה את המגמה ואת הסיבות לה. לדוגמא: "ניתן לראות שככל פעם שמגדילים את מס' הזרימות קצב הנתונים הכולל יורד, כי..."

**(2) אמינות:** השתמשו בזרימה יחידה. ממשו מנגנון לטיפול באובדן חבילות כמתואר בפרק 5.3 במאמר. בפרט, יש לממש את שתי הדרכים המצוינות שם לזיהוי של אובדן חבילות; וכן את מנגנון ההתאוששות מנפילות (recovery) המתואר שם. הריצו 3 סדרות ניסויים שבה כל חבילה וכל Ack עלול ליפול בהסתברות  $p$ , כאשר  $p = 0.00, 0.01, 0.02, \dots, 0.10$  בסדרת ניסויים אחת השתמשו רק בשיטת *packet number based* לזיהוי נפילות; בסדרה השנייה זהו נפילות בשיטת *time-based* בלבד; ובסדרה שלישית, השתמשו בשתי השיטות יחד. הריצו ניסויים מקדימים כדי למצוא ערכים רלבנטיים ("טובים") לפרמטרים (למשל, של *reordering ratio*), בכל ניסוי, יש להעביר קובץ יחיד, גדול (למשל, בגודל 10MB), ולמדוד את הזמן הכולל הנדרש להעברת הקובץ.

תארו בקצרה את הניסויים המקדימים.

תארו את תוצאות 3 סדרות הניסויים לעיל, תוך שימוש בגרף שיציג את התוצאות (ניתן להציג את כל התוצאות בשרטוט יחיד עם מספר קווים או במספר שרטוטים נפרדים – לבחירתכם). הסבירו ונתחו את התוצאות.

**(3) מדידת ה-RTT ובקרת עומס.** ממשו את מדידת ה-RTT, כפי שמתואר בפרק 5.1. בצעו ניסוי שבו תיצרו באופן מלאכותי (למשל, ע"י פקודות sleep/wait) שונות ב-RTT, והציגו גרף של ה-RTT הנמדד לעומת המוערך לאורך הניסוי.

ממשו גם את בקרת העומס, כפי שמתואר בפרק 5.2 ובנספח A. מותר למצוא באינטרנט מימוש קיים לאלגוריתם NewReno המתואר בנספח A ולהשתמש בו – אך במקרה כזה יש לציין את המקור שהשתמשתם בו. בנוס ייתן למימושים מעניינים אחרים שלמדנו.

בצעו ניסוי שבו חבילות מתעכבות לעתים זמן רב מאוד או אובדות. הציגו גרף עם המספרים הסידוריים של החבילות שנשלחות בכל רגע והסבירו מה קורה ובאיזה מצב (SS / CA / ) Recovery) מצוי אלגוריתם NewReno בכל רגע.

## דגשים:

- (1) כאשר מממשים אפשרות מסוימת, אין צורך להתייחס לבעיות שנובעות מהאפשרויות האחרות. למשל, אם מממשים ריבוי זרימות, ניתן להניח שחבילות לא אובדות ומותר לשלוח חבילות בקצב אחיד, ללא בקרת עומס; אם מממשים אמינות או בקרת עומס, מספיק להשתמש בזרימה אחת של חבילות בגודל קבוע. אם מממשים אמינות, אין צורך לממש בקרת עומס ולהיפך.
- (2) יש לממש את השדות הרלבנטיים לאפשרות שבחרתם מתוך מבנה החבילות המתואר בפרק 4.1. את השדות שאינם הכרחיים לצורך מימוש האפשרות שבחרתם לא חייבים לממש.
- (3) אם יש לכם רעיון לנושא דומה או להיבט אחר של QUIC שאתם מעוניינים לממש, פנו במייל לרכז הקורס לקבל אישור.

**בהצלחה!**