

# מבוא לרשתות תקשורת – תרגיל 3

3 בינואר 2021

יש להגיש את התרגיל עד יום ראשון, 24/01/2021 דרך המודל. הגשה ביחידים.

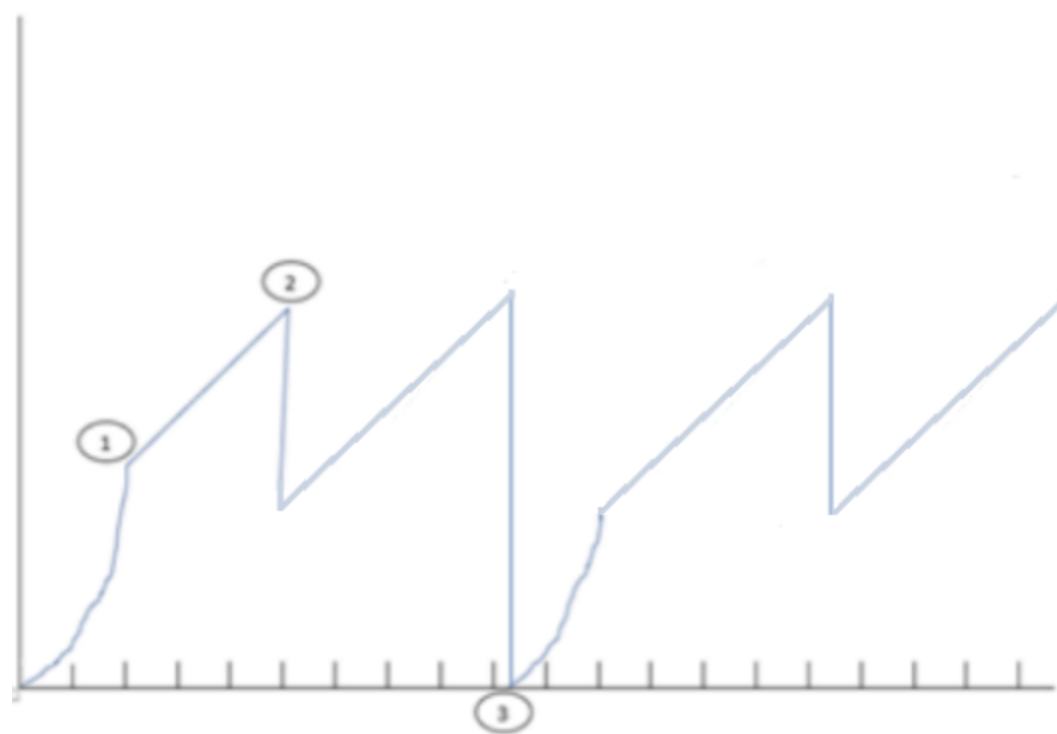
## 15 נק') שאלה 1 – תאוריה כללית והגדרות

בשאלה זו נוודא הבנה של ההגדרות והתאוריה הבסיסית שנלמדה בשיעורים ובתרגולים :

1. רשמו 3 הבדלים בין GBN ל-selective repeat.
2. רשמו 2 יתרונות ו2 חסרונות לשימוש בפרוטוקול UDP על פני TCP.
3. התאימו לכל אחת מהמשימות הבאות את הפרוטוקול המתאים לה (TCP או UDP). רשמו מה הפרוטוקול המתאים ומדוע.
  - א. קבלת IP מהרשת (DHCP).
  - ב. העברת שיעור פילאטיס ב live streaming.
  - ג. העלאה של סרטון לטיקטוק.
  - ד. טעינת אתר אינטרנט בדפדפן.
4. א. מהו מנגנון slow start? באילו מצבים נשתמש במנגנון זה?  
ב. מדוע משתמשים בslow start במצבים אלו ולא ב-congestion avoidance?
5. כתבו בקצרה מה הם fast retransmit ו-fast recovery.
6. חברה גדולה ששולטת ב AS החליטה שהיא רוצה לקבל אליה את כל התעבורה המיועדת לשרתי TikTok שכתובות ה IP שלהם הן הכתובות השייכות ל 111.222.0.0/16. הסבירו כיצד החברה יכולה לדאוג לכך שכל התעבורה המיועדת ל TikTok תגיע אליה.
7. התבוננו באיור שלמטה ועבור כל אחד מפרוטוקולי TCP שנלמדו בכיתה (Reno/Tahoe) ענו :

האם הפרוטוקול יכול להוביל לגרף כזה?

  - אם כן - הסבירו מה האירועים שגרמו לשינויים בנק' 1,2,3.
  - אם לא - הסבירו מדוע לא ייתכן שהפרוטוקול נראה כך.



## Go-Back-N & Selective Repeat – 2 שאלה (15 נק')

שתי יחידות קצה A ו B מתקשרות זו עם זו, A שולחת הודעות ו B מקבלת את ההודעות.

1. נניח כי:

- A מעוניינת לשלוח ל B 10 חבילות הממוספרות מ 1 עד 10.
  - גודל החלון הוא 3.
  - Ack ים ש B שולחת תמיד מגיעים ל-A, וגודלם זניח.
  - ה propagation time שווה לזמן שידור של חבילה אחת (מהסוג שנשלח ע"י A) ומשך ה timeout ב A שווה לזמן שידור של 2 חבילות (מהסוג שנשלח ע"י A).
  - כל חבילה חמישית נופלת (גם אם מדובר בשליחות חוזרות, למשל אם נשלחות 1-2-2-3-4, אז 4 תיפול).
- א. נניח כי יחידות הקצה מתקשרות ביניהן באמצעות פרוטוקול Go-Back-N. רשמו את מספרי החבילות שנשלחו מ A לפי הסדר בו הן נשלחו והסבירו.

ב. חזרו על סעיף א', הפעם כשיחידות הקצה מתקשרות באמצעות פרוטוקול Selective Repeat.

2. כעת הניחו ש A ו B מתקשרות ביניהן באמצעות פרוטוקול Go-Back-N.

- A מעוניינת לשלוח ל B 7 חבילות הממוספרות מ 1 עד 7.
  - גודל החלון הוא 5.
  - ה timeout של A שווה לזמן שידור של 4 חבילות (מהסוג שנשלח ע"י A).
  - כל חבילות ה ACK ש B שולחת מגיעות בהצלחה וגודלן זניח.
- נניח שבזמן שליחת ההודעות נפלו בסה"כ 8 חבילות כלשהן. נרצה לחשוב על מספר השידורים החוזרים שיכולים לקרות במצב זה. מס' השידורים החוזרים של פקטה הוא מס' הפעמים שהיא שודרה מלבד הפעם הראשונה. למשל אם שלחנו בסה"כ 4 פעמים את חבילה 2, 12 פעמים את חבילה 3 ואת היתר פעם אחת, אז בסה"כ ביצענו 14 שידורים חוזרים (3 של חבילה 2 ועוד 11 של חבילה 3).

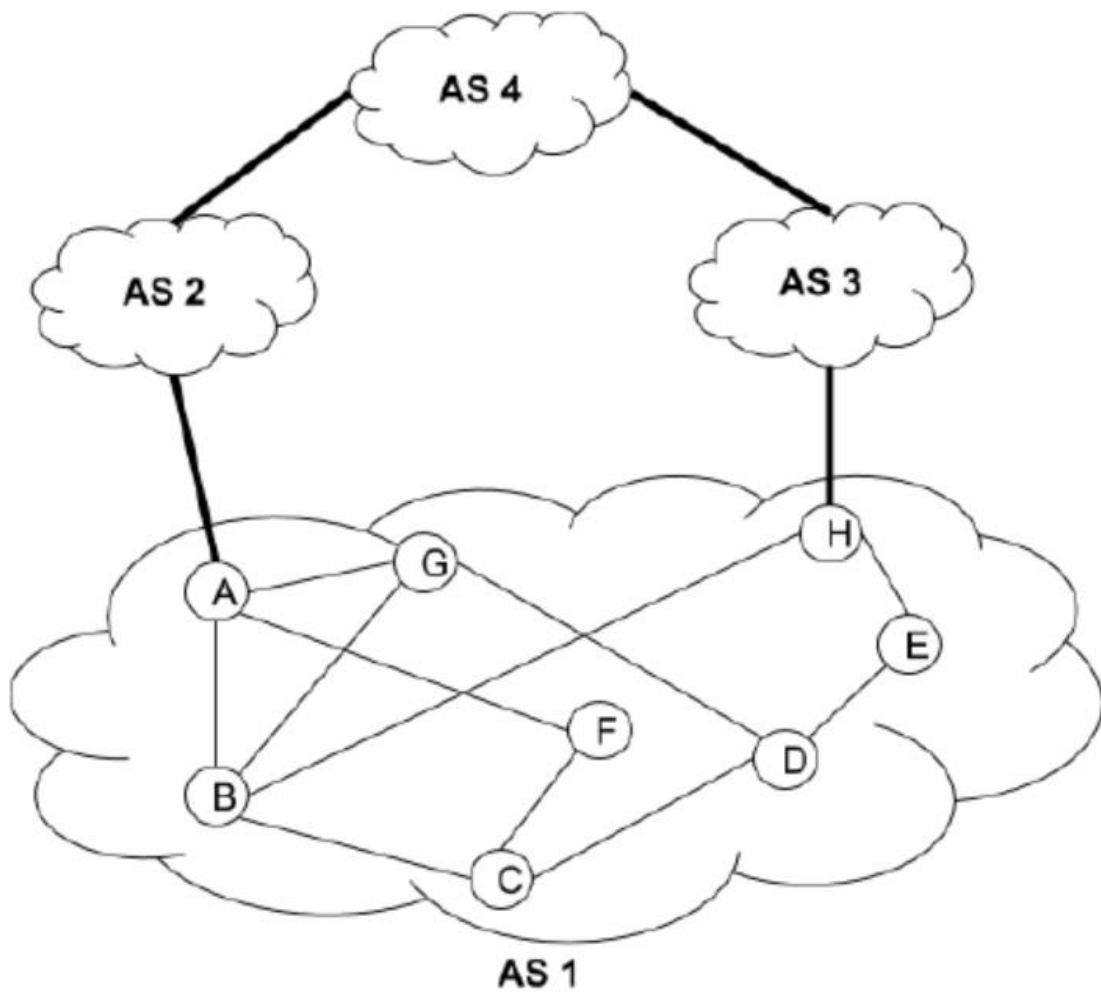
א. מהו המספר המינימלי של שידורים חוזרים שיכול להתבצע, תנו דוגמה למצב זה.

ב. מהו המספר המקסימלי של שידורים חוזרים שיכול להתבצע, תנו דוגמה למצב זה.

ג. נניח שיחידות הקצה עוברות להשתמש בפרוטוקול Selective Repeat. מה המספר המינימלי של שידורים חוזרים שיכול להתבצע? הסבירו.

ד. נניח עכשיו שבנוסף למעבר בשימוש בפרוטוקול Selective Repeat, גם הודעות ה-ACK יכולות ליפול. נניח בנוסף ש-8 החבילות שנפלו כוללות גם את נפילת הודעות ה-ACK. מה המספר המינימלי של שידורים חוזרים שיכול להתבצע? הסבירו.

20) נקי' שאלה 3 – BGP

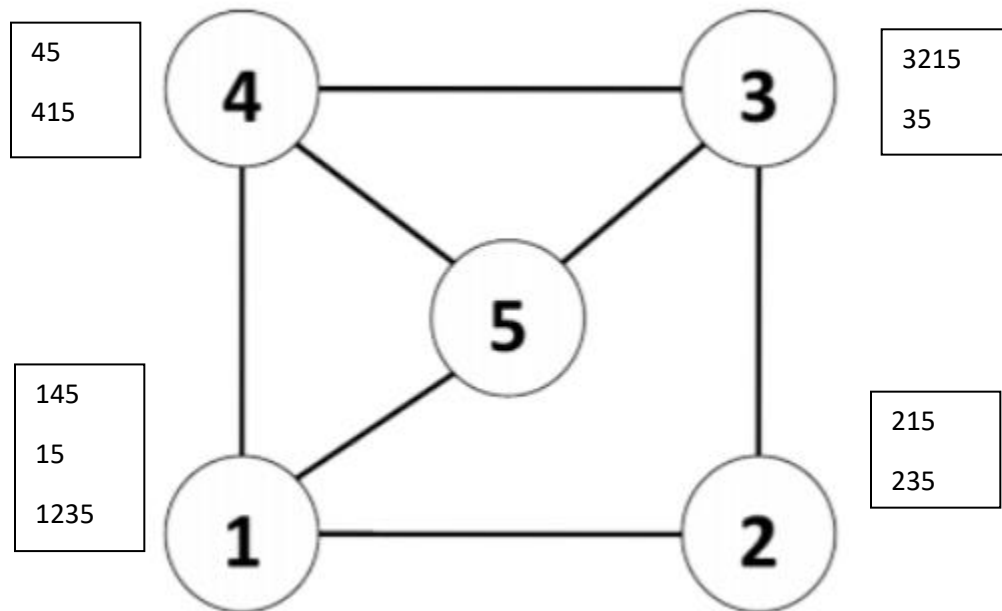


1. נתונה רשת התקשורת המפורטת לעיל. נניח כי :

- כל ענן מייצג AS, בין כל ה-AS ים המחוברים בקו מודגש פועל פרוטוקול BGP.
- העיגולים ב AS1 מייצגים נתבים. הקווים בתוך הענן של AS1 מייצגים חיבורים בין הנתבים.
- הנתבים A,H הם נקודות היציאה של AS1 לעבר AS2,AS3 בהתאמה.
- בתוך הרשת הפנימית של AS1 פועלים הפרוטוקולים OSPF ו- ECMP בלבד.
- משקלים הניתנים לקשתות יכולים להיות רק חיוביים או אינסוף.
- ב AS4 ישנן שתי תחנות קצה בעלות כתובות IP1=1.1.1.1 ו IP2=1.1.2.2

- א. בסעיף זה כל אחד מהנתבים רוצה לשלוח תעבורה ליחידת הקצה בעלת הכתובת IP1 הנמצאת ב AS4. האם כל התנאים הנ"ל יכולים להתקיים במקביל? אם כן, פרטו את ההגדרות ברשת הדרושות לקיום התנאים. אם לא, פרטו מדוע הדבר אינו אפשרי.
- תעבורה מהנתב A המיועדת לכתובת IP1 עוברת דרך המסלול (2,4).
  - תעבורה מהנתב H המיועדת לכתובת IP1 עוברת דרך המסלול (3,4).
  - חלק מהתעבורה היוצאת מהנתב F לעבר IP1 עוברת דרך המסלול (F,A), שאר התעבורה היוצאת מהנתב F לעבר IP1 עוברת דרך המסלול (F,C,B,A).
  - כל התעבורה היוצאת מהנתב G ל IP1 עוברת דרך המסלול (G,D,E,H).
- ב. בסעיף זה כל אחד מהנתבים רוצה לשלוח תעבורה ליחידת הקצה בעלת הכתובת IP1 הנמצאת ב AS4. האם כל התנאים הנ"ל יכולים להתקיים במקביל? אם כן, פרטו את ההגדרות ברשת הדרושות לקיום התנאים. אם לא, פרטו מדוע הדבר אינו אפשרי.
- תעבורה מהנתב A המיועדת לכתובת IP1 עוברת דרך המסלול (2,4).
  - תעבורה מהנתב H המיועדת לכתובת IP1 עוברת דרך המסלול (3,4).
  - חלק מהתעבורה היוצאת מהנתב B לעבר IP1 עוברת דרך המסלול (B,A), שאר התעבורה היוצאת מהנתב B לעבר IP1 עוברת דרך המסלול (B,G,A).
  - כל התעבורה היוצאת מהנתב C ל IP1 עוברת דרך המסלול (C,B,H).
- ג. בסעיף זה כל אחד מהנתבים רוצה לשלוח תעבורה לשתי יחידות הקצה בעלות הכתובות IP1 ו-IP2 הנמצאות ב AS4, ואין תעבורה נוספת. האם כל התנאים הנ"ל יכולים להתקיים במקביל? אם כן, פרטו את ההגדרות ברשת הדרושות לקיום התנאים. אם לא, פרטו מדוע הדבר אינו אפשרי.
- חלק מהתעבורה היוצאת מהנתב G עוברת דרך המסלול (G,A), שאר התעבורה היוצאת מהנתב G עוברת דרך המסלול (G,B,A).
  - חלק מהתעבורה היוצאת מהנתב C עוברת דרך המסלול (C,B,A), שאר התעבורה היוצאת מהנתב C עוברת דרך המסלול (C,D,E,H).
  - התעבורה המגיעה לנתב A מהנתבים C,G נשלחת במסלול (2,4), התעבורה המגיעה לנתב H מהנתב C נשלחת במסלול (3,4).

2. כל עיגול ברשת הבאה מייצג AS ובין כל שני ASים המחוברים בקו פועל פרוטוקול BGP. ליד כל אחד מה ASים מופיעה רשימת מסלולים ל IP prefix השייך ל AS לפי סדר ההעדפה שלהם, כאשר המסלול הראשון הוא בעל העדיפות הגדולה ביותר. למסלולים נוספים שאינם נמצאים ברשימה, יש עדיפות נמוכה יותר מאשר לאלו הנמצאים ברשימה.



א. האם יש פתרון יציב לבחירת מסלולים ע"י כל AS? אם כן, הציגו את הפתרון. אם לא, הסבירו.

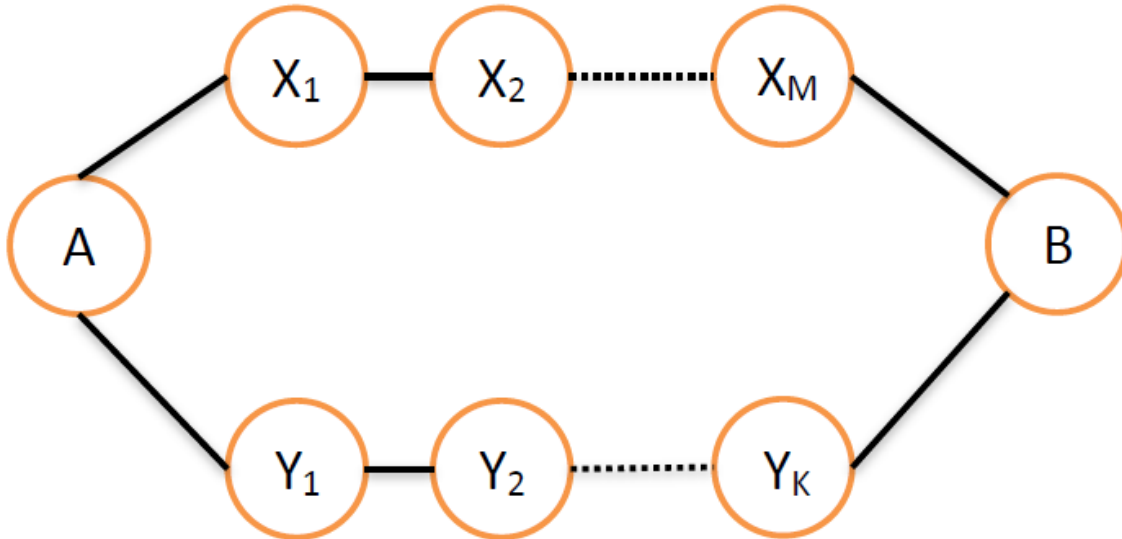
ב. האם הגרף מתאר רשת המקיימת BGP Safety? הוכיחו את תשובתכם.

3. הראו שאם מתקיימים כל תנאי Gao-Rexford פרט לתנאי ה- Export Condition לא מובטח BGP-safety. כלומר הראו דוגמה שבה מתקיימים התנאים האחרים אבל היא לא מקיימת את תכונת ה- BGP-safety. הסבירו מדוע התנאים מתקיימים ומדוע תכונת ה- BGP-safety לא מתקיימת.

4. הסבירו מהו תהליך count-to-infinity ומדוע הוא קורה. האם תופעה דומה עלולה לקרות במהלך הרצת פרוטוקול BGP? הסבירו.

## Stop&Wait – 4 שאלה (20 נק') שאלה 4

נתונה הרשת הבאה :



- יחידת הקצה A שולחת הודעות ליחידת הקצה B באמצעות פרוטוקול Stop&Wait
- התחנות ברשת,  $\{X_i\}_{i=1}^M$  ו  $\{Y_i\}_{i=1}^K$  הן תחנות מעבר. תחנות אלו מקבלות הודעות ולאחר קבלתן שולחות אותן הלאה. השליחה של הודעה מתבצעת רק לאחר שהתקבלה במלואה. הניחו שמתקיים  $K > M$ .
- הקווים השחורים הם לינקים המחוברים בין תחנות ליחידות קצה ולתחנות אחרות.
- כאשר A שולחת הודעה ל B, בהסתברות p ההודעה תשלח דרך המסלול  $A, X_1, X_2, \dots, B$  ובהסתברות  $1-p$  היא תשלח דרך המסלול  $A, Y_1, Y_2, \dots, B$ .
- הודעות ACK נשלחות בכיוון ההפוך על אותו המסלול שבו נשלחה ההודעה שעליה ניתן ה ACK.
- זמן שידור הודעה הוא  $T_{trans}$ , זמן שידור ACK הוא  $T_{ack}$  וזמן ההתפשטות בכל אחד מערוצי התקשורת (לינקים) הוא  $T_{prop}$ .
- ההסתברות לשגיאה בכל אחד מהלינקים במסלול  $A, X_1, X_2, \dots, B$  היא  $p_x$  וההסתברות לשגיאה בכל אחד מהלינקים במסלול  $A, Y_1, Y_2, \dots, B$  היא  $p_y$ .

1. מהו ה timeout שיחידת הקצה A צריכה לקבוע עבור הפרוטוקול?

2. מה ההסתברות שהודעה הנשלחת על ידי A תגיע ל B בהצלחה?

3. מה תוחלת מספר ההודעות שיש לשלוח עד להצלחה וקבלת ACK?

4. מה תוחלת הזמן שיעבור מרגע ש A מתחילה לשדר פקטה מסוימת בפעם הראשונה ועד שהיא תקבל עליה ACK?

**בסעיפים הבאים נניח שהלינק המחבר בין A לבין  $X_1$  נפל ושכעת A שולחת הודעות דרך המסלול  $A, Y_1, Y_2, \dots, B$  בהסתברות 1.**

5. מהו ה goodput של הלינק המחבר בין A לבין  $Y_1$ ?

**נניח כעת כי כל אחת מהתחנות  $A, Y_1, \dots, Y_k$  מממשת את פרוטוקול S&W מול התחנה שאחריה. לצורך כך, לכל אחת מהתחנות  $\{Y_i\}_{i=1}^k$  יש buffer בגודל אינסופי.**

6. כמה זמן יקח בממוצע להודעה הנשלחת מ A להגיע ל B?

7. מהו ה goodput של הלינק המחבר בין A לבין  $Y_1$ ?



## TCP – 5 שאלה (18 נק') TCP

ארבעה סטודנטים ניסו להעביר קובץ באמצעות TCP Reno בין שני מחשבים שנמצאים לבד ברשת וראו שהם מנצלים רק 75% מרוחב הפס. לאחר בדיקות שעשו, הגיעו למסקנה שהבעיה היא בשלב ה-Congestion Avoidance של הפרוטוקול.

- הניחו שתמיד מגלים נפילות באמצעות Duplicate ACKs (לא מגיעים ל Timeout).
  - בסעיפים המתייחסים ל throughput הניחו שיש TCP Session יחיד.
  - בסעיפים המתייחסים להוגנות (fairness) הניחו שיש מס' TCP Sessions המסונכרנים ביניהם באופן מלא (חווים loss באותם זמנים) וכולם מריצים את אותו הפרוטוקול. כשמתייחסים לשינויים נרצה לדעת האם הפרוטוקול הוגן (כלומר האם תהיה התכנסות לשליחה בקצב דומה), ובמידה והוגן, נרצה לדעת האם זמן/קצב ההתכנסות יגדל או יקטן.
  - השינויים בשאלה זו הם בשלב ה Congestion Avoidance בלבד.
1. סטודנט א' הציע לשנות את הפרוטוקול באופן הבא : בכל פעם שהפרוטוקול המקורי מגדיל את גודל החלון ב-  $x$  יחידות, הפרוטוקול החדש יגדיל את החלון ב-  $k \cdot x$  יחידות עבור  $k$  טבעי. הניחו כי גודל החלון המקסימלי עבור רוחב הפס מקיים  $WMAX = n \cdot k, n \gg k$ . הסבירו :
1. מה יהיה ה-throughput של הפרוטוקול החדש? (האם הוא יגדל/יקטן? ואם כן, בכמה?)
2. מה תהיה ההשפעה על ההוגנות?
2. סטודנט ב' הציע להשאיר את הגדלת החלון כמו בפרוטוקול המקורי, אבל בכל פעם שהפרוטוקול המקורי מקטין את החלון, הפרוטוקול החדש יקטין את החלון בגודל קבוע של  $k$  יחידות. הניחו כי גודל החלון המקסימלי עבור רוחב הפס מקיים  $WMAX \gg k$ . הסבירו :
1. מה יהיה ה-throughput של הפרוטוקול החדש? (האם הוא יגדל/יקטן? ואם כן, בכמה?)
2. מה תהיה ההשפעה על ההוגנות?
3. סטודנט ג' הציע שינוי אחר : בכל פעם שהפרוטוקול המקורי מגדיל את החלון ביחידה אחת, הפרוטוקול החדש יגדיל את החלון פי  $\sqrt{2}$  כך שאם גודל החלון הוא  $w$  אז אחרי שתי הגדלות גודלו יהיה  $2w$ ). הקטנת החלון נותרת ללא שינוי ביחס לפרוטוקול המקורי. הסבירו :
1. כיצד השינוי ישפיע על ה-throughput של הפרוטוקול? (רמז : שרטטו את הגרף והעזרו בסעיף 1). בסעיף זה מספיק להסביר האם ה-throughput יגדל או יקטן, ולמה.
2. מה תהיה ההשפעה על ההוגנות?

4. סטודנט ד' הציע שינוי אחר: בכל פעם שהפרוטוקול המקורי מקטין את החלון, הפרוטוקול

החדש יקטין אותו כך שגודלו יהיה  $\frac{cwnd}{\alpha}$ , עבור  $\alpha > 1$  ובנוסף לכך יעדכן את ssthresh

להיות  $\frac{cwnd}{\alpha}$  כך שממשיכים בשלב ה congestion avoidance.

חלקו למקרים (כתלות ב- $\alpha$ ) והסבירו:

1. כיצד השינוי ישפיע על ה throughput של הפרוטוקול? בסעיף זה מספיק להסביר

האם ה throughput יגדל או יקטן, ולמה.

2. מה תהיה ההשפעה על ההוגנות?

## TCP - 6 שאלה (נק' 12)

הבנק 'כסף גדול' מפתח פלטפורמה להעברת כספים בין משתמשים. על מנת להעביר כסף מחשבון א' לחשבון ב' צריך לשלוח לאפליקציית הבנק הודעה מהצורה (ID1, ID2, amount) כאשר ID1 הוא מספר חשבון א', ID2 הוא מספר חשבון ב', ו amount הוא סכום הכסף אותו רוצים להעביר. על מנת לוודא שהעברת הכספים מתבצעת כראוי, הבנק בנה רשימה הממפה כל אחד מהחשבונות לכתובת ה-IP השייכת לבעלים של החשבון. כשהאפליקציה מקבלת הודעה על בקשה להעברת כספים, היא מוודאת שה-IP ממנו התקבלה ההודעה אכן מתאים לID1, ואחרת מתעלמת ממנה. לצורך ביצוע ההעברה, הבנק פרסם שכתובת השרת אליו צריך לשלוח את ההודעה היא 192.0.2.1, ומספר הפורט הוא 8000. הבנק מתלבט באיזה פרוטוקול על האפליקציה להשתמש, אנא עזרו לו בהחלטה:

בשלושת הסעיפים:

- הניחו שהמשתמש הזדוני מכיר את כתובות ה-IP וה-ID של כל החשבונות, וכן את כתובת ה-IP של שרת הבנק והפורט המשמש להעברת כספים.
  - הניחו שלמשתמש הזדוני אין גישה למידע הנשלח לכתובת ה-IP של אף חשבון.
  - כתובות ה-IP המשויות לכל אחד מהחשבונות קבועות ושייכות לבעלים של החשבון.
  - למשתמש הזדוני יש שליטה מלאה על הפקטות שהוא שולח, כולל תוכן ה-headers.
  - חשבו את ההסתברות להצלחה עבור ניסיון יחיד להעברת הכספים.
1. אם הבנק יחליט להשתמש בפרוטוקול TCP, כאשר בכל פעם שמשתמש רוצה לבצע בקשה – הוא פותח חיבור חדש, שולח את הבקשה, וסוגר את החיבור.
- א. מהו מספר ההודעות שישלחו בכל העברה? פרטו את סוגי ההודעות.
- ב. האם משתמש זדוני עלול להצליח להעביר כספים מחשבון שלא שייך לו? אם כן, איך ובאיזו הסתברות?
- בסעיף זה הניחו שהמחשב בעל כתובת ה-IP ששייכת ללקוח שממנו התוקף רוצה להעביר את הכסף לא מחובר לאינטרנט, כך שכתובת ה-IP לא זמינה אבל עדיין שייכת ללקוח.
2. אם הבנק יחליט להשתמש בפרוטוקול UDP, כאשר בכל פעם שמשתמש רוצה לבצע בקשה – הוא שולח לפי פרוטוקול UDP הודעה אחת המכילה את הפרטים (ID1, ID2, amount).
- האם משתמש זדוני עלול להצליח להעביר כספים מחשבון שלא שייך לו? אם כן, איך ובאיזו הסתברות?
3. אם הבנק יחליט להשתמש בפרוטוקול TCP, ובנוסף במקום לפתוח חיבור חדש בכל בקשה, כל משתמש יפתח חיבור אחד קבוע עם הבנק וישאיר אותו פתוח. כשהמשתמש ירצה לבצע העברה, הוא ישלח הודעה המכילה את הפרטים (ID1, ID2, amount). הבנק מאפשר חיבור פתוח יחיד עם כל כתובת IP של לקוח.
- בהנחה שיש לבנק חיבור פתוח עם כל אחד מהלקוחות, האם משתמש זדוני עלול להצליח להעביר כספים מחשבון שלא שייך לו? אם כן, איך ובאיזו הסתברות?

בהצלחה !