

אוניברסיטת תל-אביב

מדעי המחשב

תשס"ח

**מבחן ברשתות תקשורת מחשבים 0368.3030.01**

**מועד ב 31.10.2008**

פרופ' יהודה אפק

מוטי סוראני

- זמן הבחינה 3 שעות.
- מותר השימוש בכל חומר עזר
- במבחן 5 שאלות
- את התשובות לענות על גבי הטופס עצמו – המחברות ישמשו לטיוטה בלבד.
- במבחן זה 10 עמודים כולל עמוד זה.

**מ.ס. ת.ז.:**

**ניקוד :**

שאלה	ציון
1	/20
2	/25
3	/10
4	/25
5	/20
סה"כ	/100

**שאלה 1: משפחת פרוטוקולי Aloha (20 נקודות)**

השיבו על ארבעת הסעיפים הבאים.

A ו-B הן שתי רשתות אלחוטיות מסוג Pure Aloha, עם הפרמטרים הבאים:

- מספר אינסופי של תחנות.
- משך זמן השידור של חבילה הוא שניה אחת

בשל אילוצים טכניים, כאשר תחנה מרשת A משדרת חבילה היא יוצרת הפרעה בערוץ של רשת B. משך ההפרעה הוא שתי שניות, כאשר ההפרעה מתקיימת לכל אורך השידור של תחנה מ-A, ושניה נוספת אחריו.

כמו תמיד, הגעת החבילות (חדשות וישנות) לכל אחת מהרשתות A ו-B מפולגת פואסון עם ממוצע  $G_A$  ו- $G_B$  חבילות לשניה, בהתאמה. ההגעות לרשת A בלתי-תלויות בהגעות לרשת B, ולהיפך.

א. מהי נצילות רשת B? (שימו לב: מדובר בתוחלת מספר השידורים המוצלחים לחריץ, עבור תחנות רשת B)

בסעיפים הבאים מנסים לשפר את נצילות הרשת ע"י שינויים בפרוטוקולים. שימו לב שבכל המקרים אותה ההפרעה של רשת A לרשת B עדיין מתקיימת.

שרגא מציע לשפר את נצילות רשת B ע"י הפיכת רשת A לרשת Slotted-Aloha, עם חריצי זמן (timeslots) באורך 1 שניה. רשת B נותרת כפי שהיתה.

ב. מהי כעת נצילות רשת B?

האם אכן שיפר שרגא את הנצילות של רשת B? - אם כן הסבר מה בדיוק גרם לכך.

ראובן מציע דרך משלו לשפר את נצילות רשת B. הוא מציע כי רשת A תישאר רשת Pure Aloha, בעוד רשת B תהפוך לרשת Slotted-Aloha, עם חריצי זמן (timeslots) באורך 1 שניה.

ג. מהי כעת נצילות רשת B? האם אכן שיפר ראובן את הנצילות של רשת B? - אם כן הסבר מה בדיוק גרם לכך.

שיפרה מציעה דרך משלה לשפר את נצילות רשת B. היא מציעה כי שתי הרשתות יהיו רשתות Slotted Aloha עם משך חריץ של 2 שניות. שני השעונים מסונכרנים. משך שידור חבילה הוא שניה אחת. קצב הגעת החבילות ישאר כפי שהיה. רשת A תשדר בתחילת החריץ (אבל תפריע לרשת B לאורך כל החריץ). רשת B משדרת ממחצית החריץ ועד סופו (משך של שניה אחת).

ד. מהי הנצילות של רשת B? האם אכן שיפרה שיפרה את הנצילות של רשת B? - נמק.

**שאלה 2: ARQ (25 נקודות)**

תחנה A משדרת לתחנה B, לפי פרוטוקול Go-Back-N.

נתון כי:

- ACK-ים לא הולכים לאיבוד, ולא נופלות בהן שגיאות.
- זמן השידור של ACK-ים מ-B ל-A זניח.
- לתחנה המשדרת A יש כל הזמן חבילות לשדר לתחנה B.
- זמן ההתפשטות מ-A ל-B ומ-B ל-A הוא  $T_p$
- גודל חלון השליחה הוא N.
- זמן שידור של חבילה הוא  $T_i$
- ההסתברות לשגיאה/איבוד של חבילת מידע היא p, בלתי תלוי בשידורים אחרים או פרמטרים אחרים של המערכת.
- חבילות המידע וה-ACK ממוספרות באמצעות מספר סידורי. אורך שדה המספור הוא כזה המאפשר לייצג מספרים שגדולים מאד מהמספר N.

א. מהו משך ה- $T_{out}$  הקטן ביותר אשר עדיין מאפשר פעילות תקינה של הפרוטוקול (כלומר יאפשר בסופו של דבר להעביר חבילות מידע מתחנה A לתחנה B, בהתעלמות מהיעילות).

ב. מהו ה- $T_{out}$  המביא את נצילות הפרוטוקול למקסימום?

ג. מחליטים להפעיל את הפרוטוקול עם ה- $T_{out}$  שמצאתם בסעיף ב', אולם חלון השליחה הוגדל להיות  $2N$ .

עליך לציין אילו מהטענות הבאות נכונה, הסבר את תשובתך!!:

- a. הפרוטוקול לא יעבוד.
- b. נצילות הפרוטוקול תרד.
- c. נצילות הפרוטוקול לא תשתנה.
- d. נצילות הפרוטוקול תעלה.
- e. יש להגדיל את מספר החוצצים במקלט.

שרגא מציע להפעיל פרוטוקול אחר, המכונה Crazy Go-Back-N (ובקיצור CGBN) תיאור הפרוטוקול:

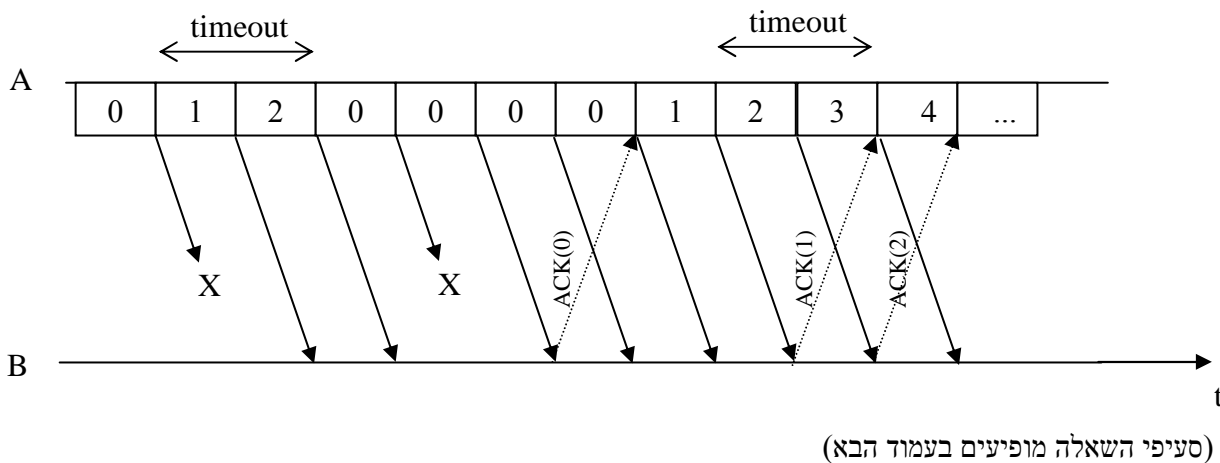
- המשדר פועל לפי פרוטוקול Go-Back-N, כל עוד לא אירע timeout.
- בכל פעם שמתרחש אירוע timeout המצריך שידור חוזר של חבילה מסוימת, המשדר עובר לשדר ברצף עותקים של החבילה הזו. כל העותקים נושאים את אותו מספר סידורי. השידור של החבילה ממשיך ברצף עד אשר מתקבל ACK עבור החבילה.
- לאחר שמתקבל ACK – המשדר חוזר לעבוד לפי פרוטוקול Go-Back-N הסטנדרטי, כלומר עובר לשדר את החבילה הבאה, ומתקדם במשלוח החבילות שאחריה, לפי החלון.
- ACK שהגיע ממש עם פקיעת שעות ה-timeout ייחשב כאילו הגיע לפני ה-timeout.
- המקלט שומר את המספר הסידורי הבא לו הוא מצפה במשתנה expected. כאשר מגיע עותק עם מספר סידורי הזהה ל-expected, המקלט שולח ACK עם אותו מספר סידורי, ומקדם את expected. אם מגיעה חבילה עם מספר סידורי שונה מ-expected לא נשלח ACK.

הניחו בסעיפים הבאים כי משך ה-Timeout הוא פרמטר המסומן  $T_{out}$ , אשר מאפשר לפרוטוקול לעבוד בצורה תקינה, וכי גודל החלון  $N = T_{out}/T_i$  הוא מספר שלם.

להלן ציור המדגים שליחה מ-A ל-B.

$$T_{out} = 2T_i$$

בתסריט: השידור הראשון של חבילה 0 אבד. לאחר פקיעת ה-timeout המתאים, המשדר מתחיל לשדר את חבילה 0 עד שמגיע עליה ACK (במקרה זה, עבור הניסיון החוזר השני). לאחר מכן ממשיך כרגיל לפי פרוטוקול Go-Back-N.



(סעיפי השאלה מופיעים בעמוד הבא)

ד. נתון כי אירע timeout עבור חבילה מסוימת. מהי תוחלת משך הזמן שיעבור מרגע פקיעת ה-timeout ועד אשר המשדר יתקדם לשדור החבילה עם המספר הסידורי הבא? שימו לב, משך זמן זה הוא בעצם משך הזמן שהמשדר מבלה בשידור העותקים החוזרים. קבל ביטוי התלוי ב- $T_i$ ,  $T_{out}$ ,  $p$

ה. מהי נצילות הפרוטוקול? קבל ביטוי התלוי בפרמטרים  $p$ ,  $N$ ,  $T_i$ . הסבר את תשובתך !

**שאלה 3: (10 נקודות)**

אהובה בדיוק גמרה לערוך הודעת דוא"ל חדשה על המחשב שלה המחובר ל-Ethernet ודרכו ל-Internet. תאר מה קורה במחשב של אהובה בכל אחת מהשכבות הבאות מרגע שאהובה הקישה על כפתור ה send ועד לפעם הראשונה שמתחיל לצאת איזשהו ביט על ממשק ה-Ethernet של המחשב. הנח ששום נתון לא נמצא בשום cache. המחשב של אהובה לא עושה אף פעולה מלבד הטיפול בדוא"ל. כלומר – מה הדבר הראשון שנעשה ע"י SMTP, מה הוא מעביר לשכבה הבאה, ואז מה השכבה הבאה עושה בעניין אותה פעולה ראשונית וכן הלאה.

שכבת האפליקציה SMTP (דוא"ל) (שנמצאת מעל לשכבה הבאה):

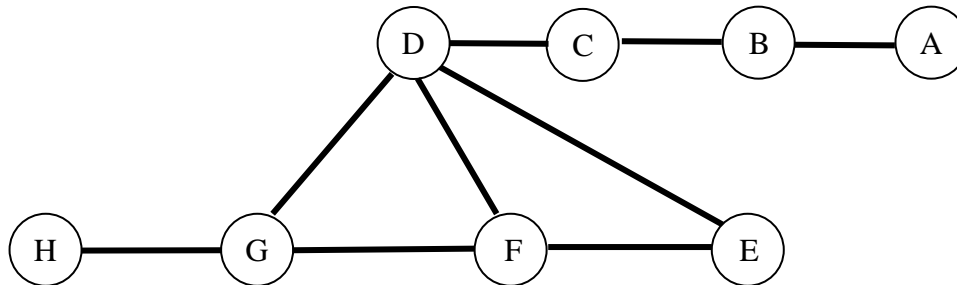
שכבת ה UDP:

שכבת ה IP:

שכבת ה Ethernet:

**שאלה 4: (25 נקודות)**

לפניך רשת תקשורת עם 8 צמתים. המרחקים בין כל הצמתים המחוברים שווים ל-1 (כלומר משקל כל הקשתות = 1). צומת H הוא צומת היעד (בשאלה זאת מתעניינים רק בניתוב לצומת H).



א. הפעל את אלגוריתם הניתוב של Bellman-Ford לחישוב המרחקים מכל צומת לצומת H. הנח שהאלגוריתם עובד באיטרציות סינכרוניות – כלומר – בכל סיבוב כל הצמתים מחליפים הודעה אחת עם כל שכניהם ומעדכנים וחוזר. כל הצמתים למעט H מאותחלים למרחק  $\infty$  ל-H.

סיבוב	A	B	C	D	E	F	G	H
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

ב. האם ההנחה שהאלגוריתם עובד באיטרציות סינכרוניות מעשית ומציאותית? הסבר מדוע.



ג. כעת האלגוריתם רץ באופן אסינכרוני, כלומר הודעות העדכון מושהות על כל קשת ובכל משלוח פרק זמן שונה – יכול להיות מאוד איטי או מאוד מהיר (כמובן הודעות לא עוקפות אחת את השניה על הקוים – הם מגיעות לצד השני באותו סדר בו נשלחו). במצב זה יתכן תיזמון כזה של הודעות העדכון שיגרום לכך שישלחו הרבה יותר הודעות על הרשת עד אשר הטבלאות יתיצבו על המסלולים הקצרים ל-H. מהוא התסריט הגרוע ביותר מבחינת סדר הגעת ההודעות על הקשתות כך שהרשת הנתונה תתיצב אחרי מה שיותר עידכונים. כלומר אתם רשאים לעקב הודעות על קשתות מסוימות כך שסדר האירועים ברשת יגרום לריצה הבזבזנית ביותר.

ד. בעיה רצינית שקיימת באלגוריתמים מסוג זה היא counting-to-infinite. האם התופעה של counting-to-infinite עלולה לקרות ברשת הנתונה? אם כן תן דוגמא למאורע שבעקבותיו זה יקרה. אם לא, הסבר מדוע לא.

ה. איך נמנעות לולאות ניתוב בפרוטוקול (BGP) Border Gateway Protocol?

**שאלה 5: (20 נקודות)**

א. (4%) מדוע אפליקציות כמו SMTP, HTTP, FTP משתמשות ב TCP כשכבת ה-Transport? באיזה פרוטוקול משתמש שרות ה DNS? מדוע?

ב. (4%) נתון נתב עם שתי יציאות (Interfaces) כל אחת מחוברת לרשת מקומית Ethernet שונה. לנתב יש שתי טבלאות ARP, אחת לכל יציאה. האם יתכן שאותה כתובת MAC תופיעה בשתי הטבלאות? הסבר את תשובתך.

ג. (4%) באיזה אופן public-key encrypted message digest מספק חתימה דיגיטלית יותר טובה מאשר public-key encrypted message?

ד. (5%) אהובה משתמשת בפרוטוקול הבא להוכיח לבנצי את זהותה וליצר מפתח סימטרי לשיחה הבאה שלהם. אהובה בוחרת מפתח סימטרי  $K$ , חותמת עליו באמצעות המפתח הפרטי של אהובה, ומצפינה את התוצאה באמצעות המפתח הציבורי של בנצי ושולחת את זה לבנצי. בנצי פותח את ההצפנות, מודא שזאת אהובה ומתחיל להחליף הודעות עמה מוצפנות ע"י  $K$ . (אהובה למעשה שולחת בהתחלה את  $(K_{\text{אהובה}}, \text{PrivateKey}_{\text{אהובה}})$  בנצי,  $\text{PublicKey}_{\text{אהובה}}$ ). קיימות שתי בעיות בסיסיות עם הפרוטוקול הנ"ל. מהן? הסבר!

ה. (3%) (בשאלה זאת עליך לתת תשובה מספרית!) מה היא ההשמה Max-Min-Fair לחמשת השיחות הבאות בקו עם קיבול 31: (לפי סדר מימין לשמאל) 9 14 4 7 6 הוסף הסבר קצר!

---