

פתרון מבחן בקורס תקשורת דיגיטלית בעידן המודרני (67594) – מועד א'

המרצה: דני ביקסון

המתרגל: אריאל דליות

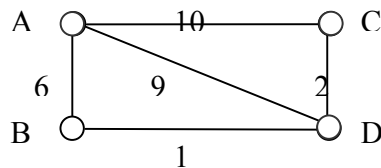
תאריך הבחינה: 26.2.06

משך הבחינה: שתיים

חומר עזר מותר בשימוש: אין

הוראות: יש לענות על **שלוש שאלות** מתוך ארבע. במקרה שעניתם על יותר משלוש שאלות שלוש השאלות הראשונות יבדקו. משקל כל שאלה 33 נקודות. נקודה נוספת תינתן לכולם.

1. נתונה הרשת הבאה: A, B, C, D הינם routers. משקלי הצלעות המחברות ביניהם הם לפי התרשים הבא:



א. (10 נק') הרץ את אלגוריתם Bellman-Ford על התרשים, כולל כל השלבים, תוך פירוט טבלאות הניתוב בכל קודקוד, ואת ההודעות הנשלחות (בציון מי שולח למי בכל שלב).

פתרון: גם מי שהריץ את האלגוריתם "בערך" קיבל את רוב הניקוד כאן. היו רבים שהמציאו אלגוריתמים שלהם (למשל בני שמונה שלבים) ועל כך לא קיבלו ניקוד.

ב. (2 נק') מהו תנאי העצירה של האלגוריתם?

פתרון: האלגוריתם מתבצע בלולאה, אך כאשר לא קורים יותר שינויים בלינק ישיר ולא מתקבלות יותר הודעות חדשות מצב הקודקוד "מתכנס", כלומר מגיע לעצירה.

ג. (2 נק') מהם המקרים בהם קודקוד צריך לשלוח הודעה לקודקוד שכן?

פתרון: כאשר ישנו שינוי בלינק ישיר או מתקבלת הודעה על עדכון אשר משנה את המינימום המקומי של מסלול כלשהוא.

ד. (3 נק') נניח כי הצלע בעלת משקל 9 שונתה להיות בעלת משקל 1. האם

ניתן להמשיך ולהשתמש באלגוריתם במצב כזה?

פתרון: האלגוריתם ימשיך לפעול כל עוד אין מעגלים שליליים בגרף.

ה. (5 נק') הסבר מהו poisoned reverse ואיזו בעיה הוא בא לפתור.
פתרון: הבעיה היא המצאות מסלולי ניתוב שאינן מעודכנים (עבר שינוי כלשהוא ברשת – מסוג (bad news travel slow) אשר יוצאים מקודקוד A לקודקוד B. B רוצה לשלוח הודעה ליעד C שעברו היה לו בעבר מסלול ניתוב שיוצא ממנו. מסלול זה אינו קיים כעת (בערכו הנוכחי) עקב שינוי ברשת. אולם, מכיוון ש-A אינו מעודכן, הוא מספר ל-B שיש לו מסלול ל-C (היוצא דרך B). מסלול זה הינו מעגל באורך 2. ולכן, אנו נשנה את הפרוטוקול כך ש-A לא יספר על שום מסלול ניתוב לשכן B באם המסלול יוצא דרך B.

ו. (5 נק') הסבר מהו החיסרון של poisoned reverse (כלומר באילו מקרים הוא לא פועל).
פתרון: הפתרון פותר רק מעגלי ניתוב באורך 2. הוא לא יעיל למעגלים באורך 3 ומעלה.

ז. (6 נק') אם כל לינק בין כל שני נתבים באינטרנט יספק reliable data transfer (כולל flow control וכן congestion control) כמו TCP האם אז פרוטוקול TCP ב-transport layer הוא מיותר? נמקו.

פתרון:

הטענה שגויה מהסיבות הבאות:
א. בהחלט יתכן כי המידע יעבור במספר מסלולים שכולם אמינים אולם סדר ההודעות ישתבש. ולכן אמינות ה-TCP תשתבש. ולכן TCP אינו מיותר.
ב. TCP בנוסף מספק גם שירות של הקשת קשר.
ג. TCP מספק multiplexing לפי מספרי ה-port כדי לזהות את האפליקציות המתקשרות בין מחשבי הקצה.
ד. בקרת עומס לכל link לאו דווקא תספק בקרת עומס לקו כולו.

3. א. (3 נק') הסבר איזה בעיה TCP congestion control פותר (רק הבעיה אין צורך לפרט את הפתרון). באיזו רמה במודל השכבות מדובר?
תשובה: TCC מיועד לפתור בעיות עומס ברשת, בפרט עומס שגורם לאיבוד הודעות. איבוד ההודעות מתרחש כאשר הערך הממוצע של קצב קבלת ההודעות בנתב, L, גבוה ביחס לקצב שידור ההודעות מהנתב, לאורך מספיק זמן שיגרום לבאפרים להתמלא ולכן לזריקת הודעות. באופן פורמלי נגיד שאם L/R, הנקרא TRAFFIC INTENSITY, גדול מ-1 אז הודעות ייאבדו. באופן כללי כל מה שגורם לעלייה ב-L של הנתבים יחמיר את הבעיה וכל מה שיגדיל את R של הנתבים יקל על הבעיה. הבעיה שייכת לרמת ה-NETWORK אך הפתרון באינטרנט הוא ברמת ה-TRANSPORT.

ב. (3x10 נק') תלמידים בקורס תקשורת נתבקשו להציע הצעות כיצד להקל על הבעיה בסעיף א'. להלן רשימת ההצעות שהועלו, עליך להעריך כל הצעה האם היא תקל ו תחמיר ולא תשפיע ולא רלוונטית. יש לנמק כל תשובה אך בלכל היותר 3 שורות. (אין צורך לקחת בחשבון את המעשיות של הפתרונות המוצעים).

(a) כל האפליקציות באינטרנט יעבדו אך ורק ב-TCP.

תשובה: תקל. בעומס נמוך לא יהיו הרבה retransmissions ומס' נמוך יחסית של ACKS בשל ה-CUMULATIVE ACK לכן ה-OVERHEAD יהיה יחסית נמוך. בעומס גבוה ל TCP יש מנגנון של congestion control ולכן בסופו של דבר כל האפליקציות יפסיקו לשדר ויפסיקו לעשות Retransmit.

(b) כל האפליקציות באינטרנט יעבדו אך ורק ב-UDP.

תשובה: תחמיר. מצד אחד אין retransmissions ואין ACKS ולכן יש הקלה מסויימת בעומס אבל זה יחסית זניח. האפליקציות ימשיכו לשלוח הודעות מבלי להתחשב בעומס וזה יגרום לעלייה ב-L של הנתבים לאורך זמן ולכן הבעיה תחמיר.

(c) כל ה-end hosts יגדילו את ה-receive buffer שלהם פי 100.

תשובה: תחמיר. בכל מקרה בו ה-congestion window יהיה גדול יהיו פחות אפליקציות אשר יגבילו שליחתם מסיבות של flow control ולכן בסה"כ L של הנתבים יגדל.

(d) ביטול מנגנון ה-TCP flow control.

תשובה: תחמיר. יהיו פחות אפליקציות אשר יגבילו שליחתם מסיבות של flow control בכל מקרה בו ה-congestion window גדול. בנוסף יהיו גם יותר retransmissions מצד השולח בשל הודעות שיאבדו בצד המקבל אם זה לא יעמוד בקצב השידור אליו, ללא קשר לעומס כללי ברשת. בסה"כ מקבלים הגדלה של L.

(e) כל ה-end hosts יתחברו לאינטרנט בתשתית תקשורת אופטית.

תשובה: תחמיר. האפליקציות שעובדות ב-UDP יוכלו לשדר לאינטרנט בקצב גבוהה יותר מכיוון שלתשתית אופטית רוחב פס גבוה בהרבה. יגדיל את L על הנתבים.

(f) כל הנתבים ב-Internet backbone יעבדו ביניהם בתשתית תקשורת אופטית.

תשובה: תקל. בשל רוחב הפס הגבוה של תשתית אופטית הנתבים יוכלו לרוקן את הבאפרים שלהם במהירות גדולה יותר. יגדיל את R של הנתבים.

(g) ה-buffers בנתבים של ה-Internet Backbone יוגדלו.

תשובה: תקל. אמנם עדיין יהיו עיכובים בשל עומס, ואפילו עיכובים גדולים יותר.

ל TCP מנגנון של הגדלת ה-Timeout Window עד גבול מסוים ולכן בסופו של דבר לא יהיו שליחות מחדש בשל עיכובים אלו. עבור עיכובים גדולים יותר המצב יחמיר אבל זה היה קורה הרבה קודם עם באפר קטן יותר. כמו כן הודעות ילכו פחות לאיבוד מסיבות של buffer overflow ולכן יהיו פחות retransmissions ולכן פחות עומס. לכן בסה"כ זה מביא להקלה.

(h) להפסיק להשתמש ב-Error Detection ברמת ה-Data Link.

תשובה: תחמיר. יכול לגרום ל- TCP retransmission על כל המסלול במקרים בהם היה אפשר להסתפק ב-retransmission על גבי link יחיד בתוך ה-AS. יגרום להגדלת ה-L הממוצע ברשת. שימו לב כי החיסכון בזמן עיבוד על כרטיס הרשת יכול לאפשר לו

לנצל את ה-bandwidth עוד יותר (ע"י שליחת פקטות בקצב גבוה יותר לרשת) וע"י כך אף להחמיר את הבעיה עוד יותר.

(i) הקטנת ה-Timeout Window עבור Retransmit של TCP.
תשובה: תחמיר. יכול לגרום ל-retransmission במקרים בהם הודעה כן הגיעה ליעדה ו-ACK בדרך. הגדלת L.

(j) ביטול מנגנון ה-Retransmit של TCP.
תשובה: תקל. פחות TCP retransmissions משמע פחות עומס בשל חסכון הודעות ה-ACK וההודעות שנשלחות שוב, גם אם על חשבון ה-reliability. הקטנת L.

2. א. (3 נק') הסבר איזה בעיה TCP flow control פותר. (רק הבעיה אין צורך לפרט את הפתרון).
פתרון: למנוע משולח מהיר להציף מקבל איטי.

ב. (15 נק') תאר בפירוט כיצד פועל TCP flow control מבחינת האלגוריתם, שדות ב-TCP header. אין צורך לפרט בנוגע ל-TCP congestion control.
פתרון: ראה פתרון מועד א' 2002.

ג. (15 נק') כאשר משתמשים בפרוטוקול TCP/IP אין לנתבים דרך להודיע (אחורה) לשולח כי הם נתקלים בעומס בנתיב אליו הם אמורים לקדם את החבילות. חוקר מסוים הציע את ההצעה הבאה: נניח כי המחשב השולח הינו מחשב A, והיעד הינו מחשב B. הנתב המזהה עומס בקו מ-A ל-B ורוצה לאותת ל-A להאט את קצב השליחה. הנתב יבצע זאת בצורה הבאה: ברגע שיגיע ACK מ-B ל-A על תעבורת TCP/IP, הנתב יקטין את פרמטר גודל החלון של B ב-TCP header של חבילת ה-ACK ובכך יגרום לשולח להאט את קצב השליחה.
נתח את הפתרון המוצע. תשובתך צריכה לכלול יתרונות, חסרונות, האם הפתרון ישים לדעתך, האם יאט בפועל את קצב השליחה, אילו שינויים דרושים בתוכנה/חומרה כדי לממש אותו בנתבים וכן בתחנות הקצה.

פתרון:
יתרונות:

- הנתב יוכל לאותת לשולח על עומס ברשת ולגרום לכך שהשולח יאט את הקצב.
- אין צורך לשנות את המימוש בתחנות הקצה אלא רק בנתב.
- אינדיקציה על עומס מבוצעת לא ע"י הערכה ברמת ה-transport אלא ע"י הנתב שלו יש את מלוא האינפורמציה. (מוסיף תמיכת רשת ב-TCP מבלי לשנות את הפרוטוקול).

חסרונות:

- א. יתכן כי בניית באינטרנט הודעת ה-ACK תחזור במסלול שונה ולכן הנתב לא יוכל להשתמש בה כדי לאותת על עומס.
- ב. הדבר מפר את מודל השכבות שכן הנתב אינו צריך להכיר את רמת ה-transport.
- ג. הדבר יגרום לעבודה נוספת לנתב: החזקת מבנה נתונים מתאים לכל flow כדי לזהות מהו ה-ACK המתאים, שינוי השדה ב-header יגרום חישוב checksum מחדש.
- ד. פתרון מערבב קונספטואלית בין flow control לבין congestion control ובכך למעשה הופך את ה-congestion control למיותר.
- ה. במידה והיה עומס, יתכן כי אבדו חבילות מסוימות, ולכן ACK עליהם לא יגיע כלל, ולכן הנתב לא יוכל לדווח על העומס!

שימועות הפיתרון:

- א. בהנחה שה-ACK חוזר באותו המסלול הפתרון בהחלט ישים.

שינויים נדרשים:

- א. אך ורק בנתב ולא בתחנות הקצה.

- 4.א. (3 נק') איזה בעיה בא לפתור אלגוריתם Pure ALOHA? אין צורך לפרט את האלגוריתם.
- תשובה: בא לפתור את בעיית ה-MULTI ACCESS CHANNEL בו יש ערוץ שידור יחיד אבל משדרים רבים. אם יותר מתחנה אחת משדרות בו זמנית יש היתנגשות והרס של השדר. הבעיה היא לתת אלגוריתם מבוזר אשר יתאם את תזמון השדרים של התחנות ככה שיהיה fairness ניצולת (יעילות או efficiency) מקסימלית של הערוץ.
- ב. (4 נק') מה ההבדל בין אלגוריתם מסוג Channel Partitioning לאלגוריתם מסוג Random Access? תנו שמות של שני אלגוריתמים מכל סוג.
- תשובה: CP מחלקים את הערוץ ל-N תתי ערוצים אשר מאפשר שידור בו זמני בלי היתנגשויות. דוגמאות הם FDMA ו-TDMA. ב-RA כל תחנה משדרת בערך מתי שבא לה ואם מזהה היתנגשות משדרת שוב בהסתברות מסויימת. דוגמאות הם slotted\pure ALOHA ו-CSMA\CD.

- ג. (8 נק') הסברו כיצד פועל אלגוריתם Pure ALOHA. מה החסרון והיתרון העיקריים?

תשובה: כשיש לתחנה מה לשדר היא משדרת מיידית תוך כדי הקשבה להיתנגשויות (collision detection). אם יש היתנגשות היא מסיימת את כל השדר ובהסתברות p משדרת שוב. בהסתברות $1-p$ היא למשדרת ותחכה זמן המקביל לזמן שליחת פריים ע"ם שוב לשדר בהסתברות p . זה ממשיך עד שהפריים יישלח בהצלחה. היתרון של

Pure ALOHA שהוא מבוזר לחלוטין ולא דורש שום סינכרון מראש. החסרון שהיעילות מאד נמוכה בשל ההסתברות הגדולה להתנגשות.
ד. (2x6 נק') עליך להעריך את השימוש באלגוריתם Pure ALOHA בכל אחד מהמקרים הבאים. לגבי כל הצעה יש לכתוב איך היא משפיעה על האלגוריתם. יש לנמק כל תשובה אך בכלל היותר 3 שורות.

(a) ברשת Wireless.

תשובה: ניתן להשתמש באלגוריתם אבל לא ניתן לעשות collision detection תוך כדי שידור. לכן יש מצב בו התחנה לא תדע שהיה התנגשות במהלך שידור הפריים (בעיית hidden terminal). ולכן פרוטוקול CSMA/CA שונה להתמודד עם בעיה זו.

(b) כאשר כל התחנות מחוברות ביניהן דרך Switch יחיד.
תשובה: אין צורך להשתמש באלגוריתם כי ה-switch מכיל buffer לכל תחנה דבר המונע התנגשויות.

(c) כאשר כל התחנות מחוברות ביניהן דרך Hub יחיד.
תשובה: לא ישפיע כלל. משום שה-hub יוצר את הקו המשותף.

(d) כאשר כל התחנות מחוברות ביניהן דרך Router יחיד.
תשובה: אותה תשובה כמו סעיף (b). יהיה קצת יותר nodal delay מאשר עם switch כי הנתב זמן עיבוד גדול יותר.

(e) כאשר כל התחנות מחוברות ביניהן דרך NAT יחיד.
תשובה: אותה תשובה כמו סעיף (d).

(f) כאשר כל שתי תחנות מחוברות ביניהן בקבל Coax Full Duplex בחיבור ישיר.
תשובה: בעקרון אותה תשובה כמו סעיף (b) אבל עם פחות nodal delay כי אין מכשיר בדרך המעכב.

ה. (2 נק') תנו סיבה מדוע ברשת Ethernet ישנה מגבלה על אורך מקסימלי של frame.
תשובה: מגדיל את ההסתברות להתנגשות. מקטין את היעילות מכיון שהיתנגשויות מבזבזות זמן שידור יקר. גם אם בעיות אלה יפתרו אז אם לא הייתה מגבלה תחנה אחת הייתה יכולה להשתלט על הקו ולמנוע מתחנות אחרות לשדר למשך זמן רב.

ו. (2 נק') תנו סיבה מדוע ברשת Ethernet ישנה מגבלה על אורך מינימלי של frame.
תשובה: אם לא הייתה מגבלה אז היה כמעט בלתי אפשרי לעשות collision detection עבור פריימס מאד קטנים. לכן ישנו אורך חבילה מינימלי שבמידה והחבילה קטנה ממנו ירופדו אפסים. (המהדרים ציינו ריפוד ב-46 אפסים ב-data המביא לאורך כולל של 64 בתים). כמו כן יש גם overhead גדול עבור פריימס מאד קטנים.

ז. (2 נק') תנו שתי סיבות מדוע ברשת Ethernet ישנה מגבלה על המרחק המקסימלי בין כל שתי תחנות.

תשובה: א- ע"ם שתחנות יוכלו להקצות timeout כדי לזהות התנגשות עם תחנות מרוחקות. ה- timeout נקבע לפי אורך הקו ומהירות ה- propagation delay. ב- בשל הדעיכה של האות. ג- בכדי לקבל יעילות גבוהה (מניעת timeouts ארוכים מדי דבר שיוריד את הנצילות של הקו). מספיק היה צריך לציין שתי סיבות.

בהצלחה!