

מבוא לרשתות מחשבים חורף תשפ"ד

תרגיל בית 4 : מתג פשוט

תאריך הגשה: יום ה' 05/04/2024 עד שעה 09:30.

האחראי על התרגיל: ערן תבור tavran@cs.technion.ac.il

ההגשה בזוגות בלבד (למעט אישור במייל מערן) והינה אלקטרונית בלבד דרך אתר הקורס.

תורת התורים – סימולציה של מתג בעל מספר פורטים

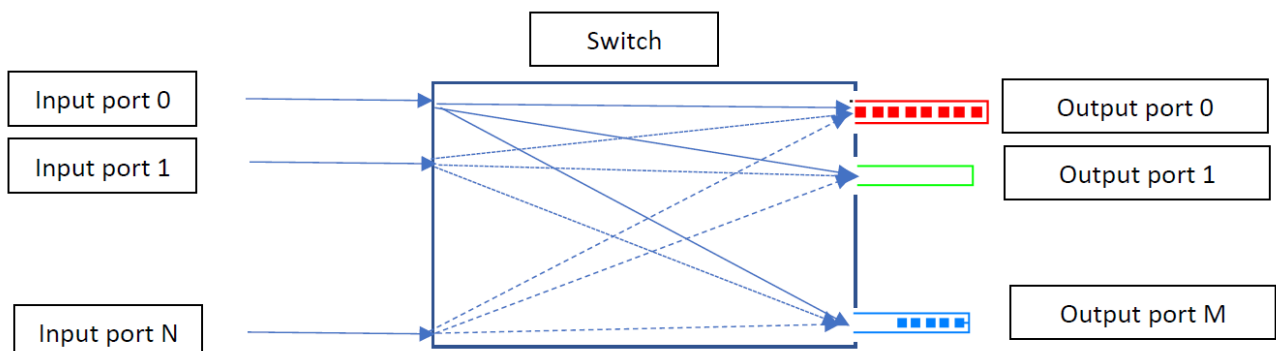
בתרגיל בית זה נממש סימולציה של רכיב רשת מסוג מתג אשר יש לו מספר פורטי כניסה ומספר פורטי יציאה.

תפקידו של מתג הינו למתג כל מסגרת נכנסת מפורט כניסה כלשהוא לפורט היציאה המתאים כתלות בפרמטרים של אותה מסגרת. בנוסף נבחן את התנהגות המתג לפי המודל של תורת התורים שנלמד בכיתה. בעולם האמיתי, מיתוג זה נקבע ע"י חוקי מיתוג (סטטים או דינמים) שמוגדרים במתג ולפיהם הוא מתנהג. בתרגיל בית זה, אנו לא נתעמק באספקט זה של המתג, אלא נניח שהוא מנתב חבילות נכנסות לפי פורט הכניסה שלה ולפי התפלגות מסויימת נתונה מראש עבור אותו פורט.

במתג שלנו:

- N פורטי כניסה.
- M פורטי יציאה.
- ההסתברות למתג מסגרת מפורט כניסה i לפורט יציאה j הינה $P_{i,j}$.
- מופע הגעת החבילות על פורט כניסה i הינו פואסוני עם פרמטר λ_i .
- הזמן שלקח למתג את המסגרת בתוך המתג מפורט הכניסה ועד פורט היציאה הינו זניח.
- לכל פורט יציאה j ישנו תור סופי בגודל Q_j .
- אם המסגרת מנותבת לפורט יציאה פנוי, אז הפורט מתחיל לשדר אותה מיד.
- אם המסגרת מנותבת לפורט יציאה שאינו פנוי, המסגרת תכנס לתור של אותו פורט.
- אם המסגרת מנותבת לפורט יציאה שהתור שלו מלא, המסגרת תזרק והטיפול בה יסתיים.
- פורט היציאה j משדר את המסגרות שבתור שלו בקצב מפולג פואסוני עם ממוצע μ_j .

להלן תאור סכמטי של המתג שיש לסמליץ:



חלק רטוב

אתם לא נדרשים לממש את את כל הפונקציונאליות של המתג אלא לבצע סימולציה מבוססת אירועים (Event Driven Simulation), כדי לחשב מדדים מסויימים על פורטי היציאה של המתג. מידע נוסף לגבי סוג זה סימולציה ניתן למצוא באינטרנט:

<https://www.google.com/search?q=event+driven+simulation>

https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete-event_simulation

<https://www.cs.wm.edu/~esmirni/Teaching/cs526/section7.2.pdf>

<http://www.cs.wm.edu/~esmirni/Teaching/cs526/section7.3.pdf>

קלט הסימולטור (לפי הסדר):

- T - הזמן בו מופיעות הודעות חדשות למתג. לאחר T יחידות זמן (כולל נקודת הזמן T) לא יגיעו עוד מסגרות לפורטי הכניסה אולם המסגרות הקיימות במתג מטופלות.
 - N - מספר פורטי הכניסה.
 - M - מספר פורטי היציאה.
 - $P_{0,0} P_{0,1} \dots P_{0,M-1} P_{1,0} P_{1,1} \dots P_{1,M-1} \dots P_{N-1,0} P_{N-1,1} \dots P_{N-1,M-1}$ - מטריצת הסתברויות נתונה כ $N \times M$ ערכים מופרדים ברווח.
 - $\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{N-1}$ - פרמטרים של תהליכי המופע הפואסוני של המסגרות בפורטי הכניסה.
 - $Q_0 Q_1 \dots Q_{M-1}$ - גדלי התורים של פורטי היציאה.
 - $\mu_0 \mu_1 \dots \mu_{M-1}$ - קצבי השידור של פורטי היציאה.
- ניתן להניח את נכונות הקלט, והפקודה אשר תריץ את הסימולציה הינה מהצורה:

```
> simulator T N M P0,0 P0,1...P0,M-1 P1,0 P1,1...P1,M-1 ... PN-1,0 PN-1,1 ...  
PN-1,M-1 λ0 λ1 ... λN-1 Q0 Q1... QM-1 μ0 μ1 ... μM-1
```

שימו לב שמספר הארגומנטים הכולל שהתוכנית מקבלת הינו: $3+N*M+N+2M$

דוגמה מספרית לקלט כזה הינה:

```
> ./simulator 1000 1 2 0.1 0.9 200 2 10 20 180
```

במקרה זה, הסימולציה תרוץ למשך 1000 יחידות זמן עם פורט כניסה יחיד ושני פורטי יציאה. ההסתברות להעביר מסגרת לפורט היציאה הראשון הינה 0.1 וההסתברות להעבירה לפורט השני הינה 0.9. קצב הגעת המסגרות הינו 200 מסגרות ביחידת זמן, קצב השידור בפורט היציאה הראשון הוא 20 ובפורט השני הוא 180 מסגרות ליחידת זמן. אורך התור בפורט הראשון הינו 2 ובפורט השני הינו 10.

פלט הסימולטור:

- Y - מספר החבילות הכולל שמותגו בהצלחה (ללא חבילות שנזרקו).
 - Y_i - מספר החבילות שמותגו בהצלחה לפורט יציאה i .
 - X - מספר המסגרות אשר נזרקו.
 - X_i - מספר החבילות שמותגו לפורט יציאה i ונזרקו.
 - T' - זמן סיום הטיפול הסופי של המערכת, כלומר זמן סיום הטיפול בהודעה האחרונה.
- שימו לב, ייתכן ש $T < T'$ וגם ש $T > T'$.

- $\overline{T_w}$ - זמן ההמתנה הממוצע של הודעה במערכת (רק של הודעות שלא נזרקו)
- $\overline{T_s}$ - זמן השירות הממוצע של הודעה במערכת השרתים (רק עבור הודעות שלא נזרקו)
-

פלט הסימולטור הינו שורה אחת מופרדת ברווחים לפי הסדר שתואר לעיל. דוגמה לפלט לגיטימי עבור הקלט הקודם הינה:

191373 18976 172397 9627 955 8672 1025.7 1.36 0.1178

חלק יבש

עכשיו ננסה לוודא שהסימולציה שלנו מתאימה למודל התיאורטי שנלמד בכיתה.

א. עבור הקלט הבא:

T 1 1 1 9 1000 12

כלומר מתג עם פורט כניסה יחיד ופורט יציאה יחיד, אשר קצב ההגעה הוא 9 וקצב השירות הינו 12

ופורט היציאה יש תור בגודל 1000.

1. מהי תוחלת זמן השהייה (המתנה + שירות) במערכת? רשמו את הנוסחה לפי חוק ליטל וחשבו את התוחלת.

2. ציירו גרף שמראה את תוחלת זמן השהייה בסימולטור שלכם, כאשר ציר X הוא הפרמטר T (אורך

הסימולציה) וציר Y הוא תוחלת זמן השהייה עבור הריצה הספציפית. הריצו את הסימולטור עם

הערכים הבאים של T : 10, 100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500

כל נקודה בגרף תהיה ממוצע של 10 ריצות.

ב. חזרו על סעיף א' עם הקלט הבא:

T 1 1 1 9 5 12

ג. הסבירו בקצרה את תוצאות 2 הניסויים בהתייחס לחוק ליטל.

הגשה

- יש להגיש אלקטרונית דרך אתר הקורס קובץ zip יחיד בשם <id1>-<id2>.zip (שימו לב רק zip ולא כל דחיסה אחרת).
- בתוך קובץ ה zip -יימצא בין השאר קובץ makefile כך שהרצת הפקודה make לאחר פתיחת ה zip תיצור את קובץ ההרצה בשם simulator .
- בתוך קובץ ה zip יימצא בנוסף קובץ שייקרא dry.pdf אשר כולל את פתרון החלק היבש (סעיפים א' וב' כולל הגרפים).
- את הסימולטור ניתן לכתוב בכל שפת תכנות שתמצאו על עוד ניתן להריץ אותה על שרת הקורס :
 - ssh networksexpert@10.10.44.10
 - password: 02360334
- (אם חסרה לכם ספרייה או קומפיילר open source – נא לפנות לערן)

- סימולציה שלכם על השרת צריכה להסתיים תוך 2 דקות, זהו פרק זמן מספיק ארוך, כל ריצה שלא תסתיים בזמן זה תיחשב כריצה תקועה ותגרום להורדת ניקוד.
- הבדיקה של התרגיל תעשה באופן אוטמטי מלא ותתאפשר חריגה מסויימת מתוצאות סימולטור הבדיקה.
- עקב הבדיקה האוטמטית, הגשות שלא יעמדו בתנאי ההגשה יקבלו ניקוד נמוך, לכן בידקו היטב את תוצאותיכם.
- כדי לוודא כל חברי הקבוצה מבינים היטב את התוכנית שכתבתם, חלק מהקבוצות עשויות להתבקש לבצע code review בפגישה אישית עם צוות הקורס. בפגישה זו כל אחד מחברי הקבוצה ידרש להציג הבנה מעמיקה של הקוד שכתבתם.

שאלות, הבהרות, הערות ובקשות, נא להפנות לערן: tavran@cs.technion.ac.il