

## מבוא לרשתות מחשבים חורף תשע"ט

### תרגיל בית 3

תאריך הגשה: 20/12/2018 בשעה 12:00 בצהריים.

האחראי על התרגיל: ג'ליל מוראני, דוא"ל jalilm@cs

ההגשה הינה בזוגות בלבד והינה אלקטרונית בלבד.

### תורת התורים – סימולציה של מתג (switch) בעל מספר פורטים

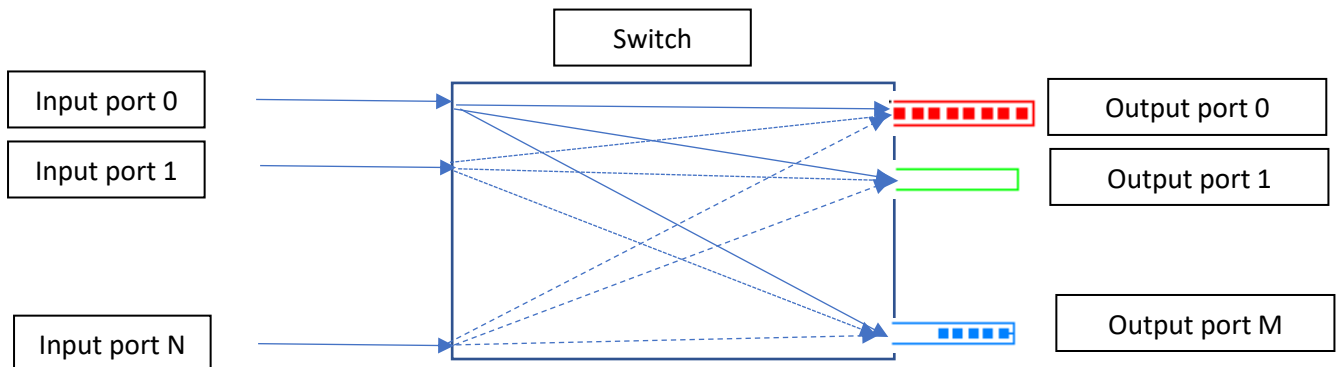
בתרגיל בית זה נממש סימולציה של רכיב רשת מסוג מתג אשר יש לו כמה פורטי כניסה וכמה פורטי יציאה. תפקידו של מתג הינו למתג (switching) כל מסגרת נכנסת מפורט כניסה כלשהוא לפורט היציאה המתאים כתלות בפרמטרים של אותה מסגרת. בנוסף נבחן את התנהגות המתג לפי המודל של תורת התורים שנלמד בכיתה.

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:

- יש N פורטי כניסה.
- יש 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 קבוע  $\lambda_i$ .
- 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  $\mu_j$ .

#### להלן תאור סכמטי של המתג שיש לסמלץ:



אתם לא נדרשים לממש את המתג ואת כל תפקידו אלא נבצע סימולציה מבוססת אירועים, 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>

### קלט הסימולטור (לפי הסדר):

- $T$  – זמן הפעולה הכולל של הסימולציה. 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 ההסתברויות נתונה כ  $N \times M$  ערכים מופרדים ברווח.
- $\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{N-1}$  – פרמטרי הופעות המסגרות על פורטי 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 בכונות הקלט, והפקודה אשר תריץ את הסימולציה הינה מהצורה:

```
> simulator T N M P_{0,0} P_{0,1} ... P_{0,M-1} P_{1,0} P_{1,1} ... P_{1,M-1} ... P_{N-1,0} P_{N-1,1} ... P_{N-1,M-1} \lambda_0 \lambda_1 ... \lambda_{N-1}
Q_0 Q_1 ... Q_{M-1} \mu_0 \mu_1 ... \mu_{M-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 (כמובן רק של אלו שלא נזרקו).
- $\overline{T_s}$  – זמן השירות הממוצע של הודעה במערכת (כמובן רק של אלו 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 ושירות) במערכת? רשמו את הנוסחה לפי חוק ליטל וחשבו את התוחלת.
  2. ציירו גרף שמראה את תוחלת זמן השהייה בסמילטור שלכם, כאשר ציר X הוא הפרמטר T (אורך הסימולציה) וציר Y הוא תוחלת זמן השהייה עבור הריצה הספיציפית. 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 <id2>-<id1>.zip (שימו לב רק zip ולא כל כיוון אחר).
- 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 השרת csl3.cs.technion.ac.il
- הסימולציה שלכם על השרת צריכה להסתיים תוך דקה (זהו פרק זמן מספיק ארוך), כל ריצה שלא תסתיים תוך דקה תיחשב כריצה תקועה ותגרום להורדת ניקוד.
- הבדיקה של התרגיל תעשה באופן אוטומטי מלא ותתאפשר חריגה מסויימת מתוצאות סימולטור הבדיקה.
- עקב הבדיקה האוטומטית, הגשות שלא יעמדו בתנאי ההגשה יקבלו ניקוד נמוך, לכן בידקו היטב את תוצאותיכם.