תכנות מרובה ליבות / תרגיל בית 1#

אריאל סטולרמן

תוצאות שאלה 1 ב-doc.txt.

2.1)

- הפרוטוקול משמר את תכונת ה-*mutual exclusion*:

נניח בשלילה כי קיימים שני חוטים A,B שנכנסו ל-critical section, אזי בעת כניסתם התקיים גם $turn = A.ThreadID$ וגם $turn = B.ThreadID$, כלומר שניהם עברו את השלב בו מבצעים את ההשמה $turn = me$ (me משתנה פרטי לכל אחד מהחוטים). אם כן, נניח כי שני החוטים ביצעו את ההשמה הזו (פעולה אטומית) בזה אחר זה, ויצאו מהלולאה הפנימית לפני שהשני שינה את busy ל-true (מה שהיה משאיר אחד מהם בתוך הלולאה הפנימית). אחרי שלב זה, busy היה משתנה ל-true ע"י אחד מהחוטים. נניח בה"כ כי B היה האחרון ששם ל-turn את me. אז, כאשר A היה מגיע לתנאי היציאה מהלולאה החיצונית, הוא היה חוזר (כי מתקיים $turn != me$, כלומר $turn != A.ThreadID$) לתחילת הלולאה, בעוד B היה נכנס ל-critical section. כעת, כאשר A היה נכנס ללולאה הפנימית ומשנה את turn להיות $A.ThreadID$, הוא נתקע בלולאה זו כיוון ש-$busy = true$, עד אשר B היה משחרר את המנעול ע"י השמת $busy = false$. מכאן שלא יתכן כי שני החוטים A,B נכנסו יחד ל-critical section.

- הפרוטוקול לא משמר *lock-out free*:

להלן דוגמא לריצה עם שני חוטים A,B בהם חוט A נכנס להרעבה:

  - חוט A מבצע את כל השלבים עד השמת $turn = me$, אך טרם בודק את תנאי היציאה מהלולאה הפנימית.
  - חוט B מבצע את כל השלבים, ותופס את המנעול. בדרך הוא מבצע את ההשמה $busy = true$.
  - חוט A בוק את תנאי היציאה מהלולאה הפנימית, אך כיוון ש-$busy = true$, ממשיך בה.
  - בנקודה בה חוט A מבצע את ההשמה $turn = me$, אך טרם בדיקת תנאי הלולאה, חוט B משחרר את המנעול, ושוב תופס אותו (לא יתקע כיוון שידרוס את $turn$ עם ערך ה-me שלו). לאחר תפיסת המנעול ע"י B, A ישאר תקוע בלולאה הפנימית, וחוזר חלילה.

- הפרוטוקול לא משמר *dead-lock free*:

להלן דוגמא לריצה עם שני חוטים A,B בהם מתקיים dead-lock:

  - חוט A מבצע את כל השלבים עד השמת $turn = me$.
  - חוט B מבצע את כל השלבים עד שלב $busy = true$.
  - חוט A בודק את תנאי הלולאה הפנימית, וממשיך בה כיוון ש-$busy = true$, ומבצע שוב את ההשמה $turn = me$.
  - חוט B בדוק את תנאי הלולאה החיצונית, אך כיוון ש-A שינה את ערכו של $turn$, הוא חוזר לתחילת הלולאה. B יגיע עד שלב הלולאה הפנימית וישאר בה גם כן.
  - מרגע זה, כיוון ש-$busy = true$, גם חוט A וגם חוט B תקועים בלולאה הפנימית לנצח ואף אחד מהם לא תופס את המנעול.

2.2)

<u>טענה</u>: ה-FastPath אינו מקיים mutual-exclusion או מונע lock-out.

<u>הוכחה</u>:

נניח כי קיימים שני חוטים A,B המריצים את התוכנית, להלן דוגמא לזרימת תוכנית המראה מצב בו שני החוטים נכנסים יחד ל-critical section:

  - חוט A עובר את כל השלבים עד שלב היציאה מהלולאה הבודקת האם $y != -1$. כיוון ש-y מאותחל ל-1-, A ימשיך.
  - לפני ש-A ממשיך להשמה $y = i$, חוט B יעבור את כל השלבים, וכיוון ש-1- $y =$ יעבור גם את הלולאה. כיוון ש-B היה האחרון לבצע את ההשמה $x = i$, לא יתקיים התנאי בביטוי ה-*if*, ו-B יסיים את הרצת המתודה ויכנס ל-*critical section*.
  - כעת A ימשיך, ויתקיים עבורו תנאי ה-*if* שהוא $x != i$ (שכן B היה האחרון לעדכן את x). כיוון שלא הושמה ע"י B שום נעילה על המנעול $lock$, A יעבור מיד את $lock.lock()$, ויכנס ל-*critical section* במקביל ל-B.

להלן דוגמא לזרימת תוכנית בה חוט A מורעב ולעולם לא מקבל את המנעול:

- חוט A עובר את כל השלבים עד ההשמה $x = i$, וטרם נכנס ללולאה הבודקת האם $y! = -1$.
- חוט B עובר את כל השלבים, ולא תופס את המנעול האיטי כי $x == i$ (B האחרון שהשים ערך ב-x). B תופס את המנעול ונכנס לקטע הקריטי.
- חוט A נכנס ללולאה, וכיוון ש-B שינה את y, נשאר בלולאה. נניח ש-A עוצר מיד לאחר אחת האיטרציות.
- חוט B משחרר את המנעול (בתוך כך משחרר את המנעול האיטי, אך אין לכך משמעות כי לא תפס אותו), משנה את y ל--1 ומיד תופס אותו שוב, ומשנה את y שוב להיות שונה מ--1.
- חוט A ממשיך בלולאה ועדיין תקוע בה, וחוזר חלילה – חוט B תופס את המנעול שוב ושוב בעוד חוט A תקוע.

2.3)

יהי $p \in [0,1]$ החלק היחסי מהתוכנית שניתן למקבל. לפי חוק Amdahl:

$$S_2 = \frac{1}{1 - p + \frac{p}{2}} \Rightarrow$$

$$S_2 - pS_2 + \frac{p}{2}S_2 = 1 \Rightarrow p\left(\frac{S_2}{2} - S_2\right) = 1 - S_2 \Rightarrow p \cdot \frac{S_2}{2} = S_2 - 1 \Rightarrow p = \frac{2(S_2 - 1)}{S_2} = 2 - \frac{2}{S_2} = 2\left(1 - \frac{1}{S_2}\right)$$

מכאן נחשב את S_n:

$$S_n = \frac{1}{1 - p + \frac{p}{n}} = \frac{1}{1 - p\left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{1}{1 - 2\left(1 - \frac{1}{S_2}\right)\left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{1}{1 - 2\left(1 + \frac{1}{n} - \frac{1}{S_2} - \frac{1}{nS_2}\right)} = \frac{1}{-1 - \frac{2}{n} + \frac{2}{S_2} + \frac{2}{nS_2}}$$