

תרגיל בית מספר 2

נושא: רשת תחבורה ציבורית במטרופולין

דדליין: יום א', 31/03/2024, 23:59

בהצלחה רבה!

תיאור התרגיל

תרגיל זה עוסק במימוש שכבת מידע על גבי רשת תחבורה ציבורית – המיועדת לחשב שאלות על הרשת.

אתם נדרשים לתת פתרון מונחה-עצמים בתכנון האפליקציה. יש לכם חופש במימוש, פרט למספר אילוצים/דרישות:

- רשת התחבורה צריכה להיות מתוארת באמצעות גרף (ים) מתמטי (ים), עליהם תחושבנה השאלות.
- שימוש בטיפוסי מצביעים חייב להיעשות בעזרת המצביעים החכמים של C++0x ומערכים באמצעות `vector/array`.
- יש לממש את חמשת הגדולים במחלקה אחת לפחות לבחירתכם; בשאר המחלקות, יש לשאוף ליעילות הקוד שלכם באמצעות תחביר העברות (*move semantics*), במקומות הרלוונטיים.
- טיפול בשגיאות ייעשה באמצעות חריגות.

רשת התחבורה הציבורית במטרופולין: איפיון

רשת התחבורה של מטרופולין *Omsterdam* כוללת צמתים המייצגים תחנות עצירה מסוגים שונים, ומספר כלי תחבורה שונים המקשרים בין הצמתים. המידע אודות רשת התחבורה כולל את התחנות, המסלולים, והזמנים המאפיינים (שלמים חיוביים):

- זמן נסיעה בין שתי תחנות: זהו הזמן שאורכת נסיעה בין שני צמתים נתונים עבור כלי תחבורה נתון.
- זמני עצירה של כלי תחבורה בתחנה: כל כלי תחבורה עוצר לפרק זמן קבוע בכל תחנה, אך פרק הזמן משתנה בין הכלים השונים; קיימים ערכי ברירת מחדל שיתוארו.
- זמני טרנזיט בתחנת עצירה לשם החלפת כלי תחבורה: לתחנות העצירה קיימים זמנים קבועים עבור החלפת כלי תחבורה ("זמן טרנזיט"), המשתנים בין התחנות השונות; קיימים ערכי ברירת מחדל שיתוארו.

כלי התחבורה הקיימים:

- אוטובוס (bus); זמן עצירה של ברירת מחדל בכל תחנה הוא 2 דקות.
- טראם (tram); זמן עצירה של ברירת מחדל בכל תחנה הוא 3 דקות.
- ספרינטר (sprinter); זמן עצירה של ברירת מחדל בכל תחנה הוא 4 דקות.
- רכבת (rail); זמן עצירה של ברירת מחדל בכל תחנה הוא 5 דקות.

סוגי תחנות העצירה (צמתים):

- תחנה בינעירונית (intercity); זמן החלפה של ברירת מחדל הוא 15 דקות.
- תחנה עירונית (stad); זמן החלפה של ברירת מחדל הוא 10 דקות.
- תחנה מרכזית (centraal); זמן החלפה של ברירת מחדל הוא 5 דקות.

מטרת התרגיל היא בניית מערכת המכילה את קווי התחבורה של המטרופולין באמצעות גרפים מתמטיים ואשר מסוגלת לחשב שאלות הנוגעות לקישוריות של התחנות השונות ולמסלולים הקצרים ביניהן. עליכם לתכנן ולממש תכנית המקבלת כקלט קבצים המתארים את רשת התחבורה הקיימת, ולאחר הגדרת הרשת בזיכרון, תאזין לערוץ קלט סטנדרטי מול המשתמש בטרמינל לשם קבלת פקודות וחישובן. לאחר כל קבלת פקודה מן המשתמש וביצועה, התכנית תחזור למצב המתנה לקלט נוסף, עד אשר תוקלד פקודת היציאה.

נושאים מתקדמים בתכנות מונחה עצמים, חורף 2024

הרצת התכנית

התכנית תקבל כארגומנט לפחות קובץ קלט אחד, עם אופציות לארגומנטים נוספים: קובץ קונפיגורציה וקובץ פלט. לאחר קומפילציה של התכנית, למשל לכדי קובץ הרצה בשם netOmsterdam, כך ניתן יהיה להריץ אותה במקרה של עבודה דרך טרמינל:

```
$ ./netOmsterdam -i <infile1> [ <infile2> <infile3> ... ]  
[-c] <config_file>  
[-o] <outfile>
```

על התכנית לקבל לפחות קובץ קלט תקין אחד בכדי לרוץ; שמות קבצי הקלט חייבים להיות בפורמט מסוים, כפי שיפורט בהמשך. השימוש בקובץ קונפיגורציה הינו אופציונלי לחלוטין (ערכי ברירת מחדל מוגדרים היטב במקרה שאין שימוש באופציה זו). ללא האופציה לציון שם קובץ הפלט (שימוש בדגל -o), ברירת המחדל עבור הפלט תהיה קובץ בשם output.dat.

קובץ קונפיגורציה

קובץ זה יכול לתווים אודות זמני העצירה והטרנזיט ברשת התחבורה, אשר דורסים את ערכי ברירת המחדל. בשני מקרים אלו, זמני העצירה או זמני הטרנזיט ייקבעו בשורה יחידה בה יופיע שם כלי התחבורה / סוג התחנה, ולאחריה יופיע הערך המספרי (מספר הדקות), מופרד באמצעות רווח יחיד. סדר ההופעה אינו משנה. למשל:

```
bus 6  
intercity 7
```

קבצי קלט

כל קובץ קלט מתאר תנועה של כלי תחבורה מסויים ברשת, כלומר, קשתות ממושקלות המתארות מהלכים שלו בין הצמתים. באופן עקיף, קבצי הקלט מגדירים את הגרף כולו, **כולל הוספת צמתים**. שמם של כל אחד מקבצי הקלט חייב לכלול את אמצעי התחבורה באותיות קטנות: {bus, tram, sprinter, rail}, ולאחר מכן שרשור של תווים כלשהם.

שורת קלט חוקית בכל אחד מן הקבצים תכלול את נקודת המוצא, את נקודת היעד, ואת זמן הנסיעה של קו מסוים, מופרדים באמצעות טאב:

```
<source_node> <TAB> <target_node> <TAB> <duration>
```

משמעות של שורה כזו היא שקיים קו תחבורה **ישיר** בין המוצא לבין היעד, עבורו נתון זמן הנסיעה ביחידות של דקה; האמירה כי קיים קו בכיוון ההפוך בין היעד לבין המוצא איננה נכונה אלא אם כן מופיעה שורת קלט נוספת המציינת זאת. להלן דוגמא מפורשת עבור שורת קלט חוקית המופיעה בקובץ הקלט tram_9.dat :

```
Westzijde Prinsengracht 10
```

- שם נקודה ברשת הינו מחרוזת אלפביתית שאינה עולה באורכה על 16 תווים ואיננה כוללת את תו הרווח; בנוסף:
 - שם תחנה בינעירונית יתחיל בהכרח ברצף האותיות IC
 - שם תחנה מרכזית יתחיל בהכרח ברצף האותיות CS
- בהינתן מידע סותר על קשת שכבר קיימת בגרף (תסריט של קשת שהתווספה לגרף על-סמך נתונים של קובץ אחד, ומופיעה שוב בהמשך קריאת הנתונים מקובץ נוסף של אותו כלי תחבורה עם משקולת אחרת), משקולת הקשת תעודכן ע"פ המשקל הנמוך ביותר (כלומר, דריסה אפשרית על סמך נתונים מאוחרים יותר).
- במקרה של קלט לא חוקי (למשל, שגיאה בפתיחת אחד הקבצים, פורמט שגוי, זמן נסיעה שלילי, וכיוצא באלה), מנגנון חריגות (Exceptions), שעליכם לממש, יופעל. בעקבותיו התכנית תסיים את ריצתה בשלב זה ותדפיס הודעת שגיאה מתאימה לערוץ השגיאות הסטנדרטי.
- שימו לב כי טעינת קבצי קלט איננה בלעדית לשלב תחילת התכנית, ותיתכן גם במהלך האינטראקציה מול המשתמש.

נושאים מתקדמים בתכנות מונחה עצמים, חורף 2024

אינטראקציה מול המשתמש

לאחר הרצת התכנית וטעינה של נתוני רשת מקובץ קלט אחד לפחות, התכנית תעבור למצב המתנה לטקסט של המשתמש בערוץ הקלט הסטנדרטי. האפליקציה נדרשת לתמוך בשאלות (פקודות) הבאות:

- [1] פקודת טעינת קובץ נתונים נוסף בשם load; על המשתמש להקליד שם קובץ יחיד, ובאם הוא קיים ובפורמט תקין, התכנית תעדכן את נתוני רשת התחבורה שלה (עבור הגרף בכלל ועבור כלי התחבורה הנתון):

```
[input] load sprinter_3.dat
[output] Update was successful.
```

במקרה שהקובץ אינו קיים, אינו ניתן לקריאה, או אינו כתוב בפורמט תקין, על התכנית לטפל בשגיאה באמצעות מנגנון חריגות ולהוציא הודעת שגיאה למשתמש:

```
[input] load sprinter_3.dat
[output] ERROR opening the specified file.
```

- [2] שאלתה למציאת קבוצת התחנות המקושרות לנקודה נתונה (כלומר, קבוצת הקדקדים אליהם ניתן להגיע במספר כלשהו של צעדים) בשם outbound; על המשתמש בתכנית להקליד שם נקודת מקור, <source_node>, ועל התכנית להדפיס לפלט הסטנדרטי את הנקודות ברשת אליהן ניתן להגיע (במספר צעדים כלשהו) באמצעות רשת התחבורה הקיימת בפורמט הבא: . . . <node_2> <TAB> <node_1> <pubTrans>: . . .
באם לא קיימים ברשת התחבורה pubTrans נקודות המקושרות לנקודה <source_node>, התכנית תדפיס אל הפלט הסטנדרטי את ההודעה הבאה:

```
<pubTrans> : no outbound travel
```

דוגמא:

```
[input] outbound RAI
[output] bus: no outbound travel
[output] tram: Prinsengracht Hooigracht . . .
[output] sprinter: CSzuid . . .
[output] rail: CSzuid Arena Amstel Zuid Zaandam . . .
```

- [3] שאלתה למציאת קבוצת התחנות מהן יש קישור לנקודה נתונה (כלומר, קבוצת הקדקדים מהם ניתן להגיע במספר כלשהו של צעדים) בשם inbound; על המשתמש בתכנית להקליד שם נקודת יעד, <target_node>, ועל התכנית להדפיס לפלט הסטנדרטי את הנקודות ברשת מהן ניתן להגיע (במספר צעדים כלשהו) באמצעות רשת התחבורה הקיימת בפורמט הבא: . . . <node_2> <TAB> <node_1> <pubTrans>: . . .
באם לא קיימים ברשת התחבורה pubTrans נקודות מהן יש קישור אל הנקודה <target_node>, התכנית תדפיס אל הפלט הסטנדרטי את ההודעה הבאה:

```
<pubTrans> : no inbound travel
```

דוגמא:

```
[input] inbound CSzuid
[output] bus: Westzijde . . .
[output] tram: Prinsengracht Hooigracht . . .
[output] sprinter: RAI CSzuid . . .
[output] rail: CSnoord Arena Amstel Zuid Zaandam ICwest
```

- [4] שאלתה על זמן הנסיעה הקצר בין שתי תחנות בשם uniExpress; על המשתמש בתכנית להקליד שם נקודת מקור <source_node> ושם נקודת יעד <target_node> ברשת. פקודה זו תחשב את המסלול הקצר ביותר בין שתי הנקודות הנתונות עבור כל כלי התחבורה הנתונים (ללא אופציה של שילוב/החלפה בין כלי תחבורה שונים). עליה להביא בחשבון את זמני העצירה של כלי התחבורה בכל תחנת עצירה,

נושאים מתקדמים בתכנות מונחה עצמים, חורף 2024

מלבד המקור והיעד. הפלט של החישוב יכלול את זמני הנסיעה (בדקות) מהמקור אל היעד של כל כלי התחבורה הקיימים, או התייחסות מילולית במקרה שההגעה איננה מתאפשרת בכלי מסויים ("route unavailable"). לדוגמא:

```
[input]    uniExpress CSnoord CSzuid
[output]   bus: 34
[output]   tram: 22
[output]   sprinter: route unavailable
[output]   rail: 7
```

[5] שאילתה לחישוב המסלול הקצר ביותר בין שתי תחנות, הלוקח בחשבון אפשרות של החלפת כלי תחבורה ("טרנזיט") עם זמני ההחלפה הנתונים – בשם `multiExpress`. על המשתמש בתכנית להקליד שם נקודת מקור `<source_node>` ושם נקודת יעד `<target_node>` ברשת. במקרה של החלפה יילקח בחשבון רק זמן הטרנזיט של התחנה, ללא זמן העצירה של כלי התחבורה. בתחנת המקור והיעד לא יתווספו זמני עצירה/טרנזיט. פורמט הפלט לבחירתכם.

[6] שאילתה לחישוב המסלול הקצר ביותר בין שתי תחנות עם אילוץ לעבור בתחנת ביניים בשם `viaExpress`. על המשתמש בתכנית להקליד שם נקודת מקור `<source_node>`, שם נקודת ביניים `<transit_node>` ולבסוף שם נקודת יעד `<target_node>` ברשת (בסה"כ שלוש תחנות לאחר שם הפקודה). שאילתה זו תיקח בחשבון אפשרות של החלפת כלי תחבורה עם זמני החלפה, בדומה לשאילתה `multiExpress` (5). בתחנת המקור והיעד לא יתווספו זמני עצירה/טרנזיט (בניגוד לתחנת הביניים – שם יתווסף הזמן). פורמט הפלט לבחירתכם.

[7] פקודה להדפסת פלט של רשת התחבורה בשם `print`, הכוללת את כלל כלי התחבורה והתחנות; פורמט ההדפסה לבחירתכם (הפלט יירשם בקובץ הפלט בלבד).

הערות:

- אם לא קיימת ברשת נקודה כפי שצוינה ע"י המשתמש באחת הפקודות, על התכנית להדפיס את הודעת השגיאה הבאה:
`<node> does not exist in the current network <\n>`
- בכל מקרה, לאחר מכן התכנית תמתין לקלט נוסף מן המשתמש.
- רק הקלדת הפקודה `exit` תסיים את התכנית (בהנחה שנכנסה בהצלחה לשלב האינטראקציה מול המשתמש).

פלט

בהינתן פקודת `print` בעת האינטראקציה מול המשתמש, על התכנית לרשום לקובץ הפלט ייצוג של רשת התחבורה בפורמט לבחירתכם.

דרישות, אילוצים ודגשים

- המימוש נדרש להיות בשפת C++.
- בתרגיל זה לא ניתן להשתמש במצביעים "טיפשים" של שפת C – במידה ונדרש שימוש במצביעים, עליכם להשתמש במצביעים החכמים של C++0x, ובמידה ואתם נזקקים למערכים, עשו שימוש מותאם בטיפוסי `vector/array`.
- עליכם לממש את חמשת הגדולים עבור מחלקה אחת לפחות, לבחירתכם. לגבי שאר המחלקות, עליכם לשאוף ליעילות ביצועים ולממש *move semantics* עבור מחלקות שעשויות להפיק מכך תועלת.
- יש לבדוק תקינות קלטים; במקרה של אי-תקינות, יש להפעיל מנגנון חריגות ולהציג הודעות שגיאה מתאימות.
- עליכם לוודא כי התכנית עוברת קומפילציית `g++ -std=c++11` התואמת את הקומפיילר שעל שרת המכללה ללא כל שגיאות או אזהרות כלשהן, ורצה בהצלחה. לשם כך, ניתן לבדוק קומפילציה עם הבודק האוטומטי בקוד 54.
- עליכם לתעד את הקוד באמצעות הערות המתארות בקצרה את המחלקות והפונקציות השונות.

נושאים מתקדמים בתכנות מונחה עצמים, חורף 2024

הגשה

- הכינו קובץ בשם `README.txt` הכולל את שם ותעודת הזהות של הסטודנט.ית המגיש.ה; בקובץ זה אתם מוזמנים לכלול הערות ותיעוד כללי לגבי המימוש שלכם.
 - עליכם להגיש במערכת Moodle קובץ ארכיב `tar/zip/rar` בשם `54_ex2_studID.zip`, המכיל את כל קבצי המקור (ממשק/מימוש) הנדרשים לקומפילציה, וכן את הקובץ `README.txt`.
- אי-הקפדה על ההנחיות תגרור הורדה בציון התרגיל. לא תתקבלנה הגשות באיחור!