Institut for Matematik og Datalogi
Syddansk Universitet, Odense

10. oktober 2005
LMF

DM02 Eksamen – Obligatorisk Opgave
Rejseplanlægning

1 Problemet

I denne opgave skal I lave et program, som ud fra en togkøreplan finder den "bedste" rute mellem to byer. Vi er selvfølgelig interesserede i, at turen tager så kort tid som muligt, men også at den indeholder så få togskift som muligt. Vi er villige til at forlænge turen med op til 15 minutter, hvis det sparer os for et togskift. Dvs. hvis vi kan vælge mellem to ruter r_1 og r_2 af varighed t_1 og t_2 med henholdsvis n_1 og n_2 togskift, vil vi vælge r_1, hvis $t_1+15n_1 < t_2+15n_2$. Hvis $t_1+15n_1 > t_2+15n_2$, vil vi vælge r_2, og hvis $t_1+15n_1 = t_2+15n_2$, er de to ruter lige gode.

Input er en køreplan og en start- og en slut-station. Output skal være varigheden og antal togskift for den bedste rute fra start- til slut-station. Hvis der findes to ruter r_1 og r_2 af varighed t_1 og t_2 med henholdsvis n_1 og n_2 togskift, hvor $t_1 + 15n_1 = t_2 + 15n_2$, vil både "$t_1$ n_1" og "t_2 n_2" være et rigtigt svar.

I Figur 1(a) er vist et eksempel på en køreplan. Hvis man beder om den bedste rute fra Lunderskov til Middelfart, vil det korrekte svar være "42 1".

For nemheds skyld lader vi i denne opgave som om ankomsttid og afgangstid er den samme på hver station og taler kun om afgangstider (i virkeligheden er der typisk et par minutters forskel på ankomsttid og afgangstid — dvs. denne forenkling betyder, at den beregnede rejsetid kan være et par minutter længere end den faktiske).

2 Overordnet fremgangsmåde

Der skal konstrueres en vægtet orienteret graf, som repræsenterer køreplanen. For hver toglinie gøres følgende (lad $s_1, s_2, \ldots, s_k$ være stationerne på linien, angivet i den rækkefølge de optræder på linien). For hver station s_i oprettes en knude $v_{s_i}^a$ for hver afgang a fra s_i. For $s_1, s_2, \ldots, s_{k-1}$ tilføjes en kant fra $v_{s_i}^a$ til $v_{s_{i+1}}^a$. Denne slags kanter kaldes *eksterne* kanter.

Når alle toglinier således er repræsenteret i grafen vha. eksterne kanter, gør man følgende for hver station s. For hver knude v_s^a svarende til en afgang a fra s tilføjes en kant fra v_s^a til hver knude svarende til en afgang fra s, som er mindst 5 minutter senere end a (dvs. vi

Århus H, 11:02
Skanderborg, 11:16
Horsens, 11:31
Vejle, 11:48
Fredericia, 12:09
Middelfart, 12:17
Odense, 12:45

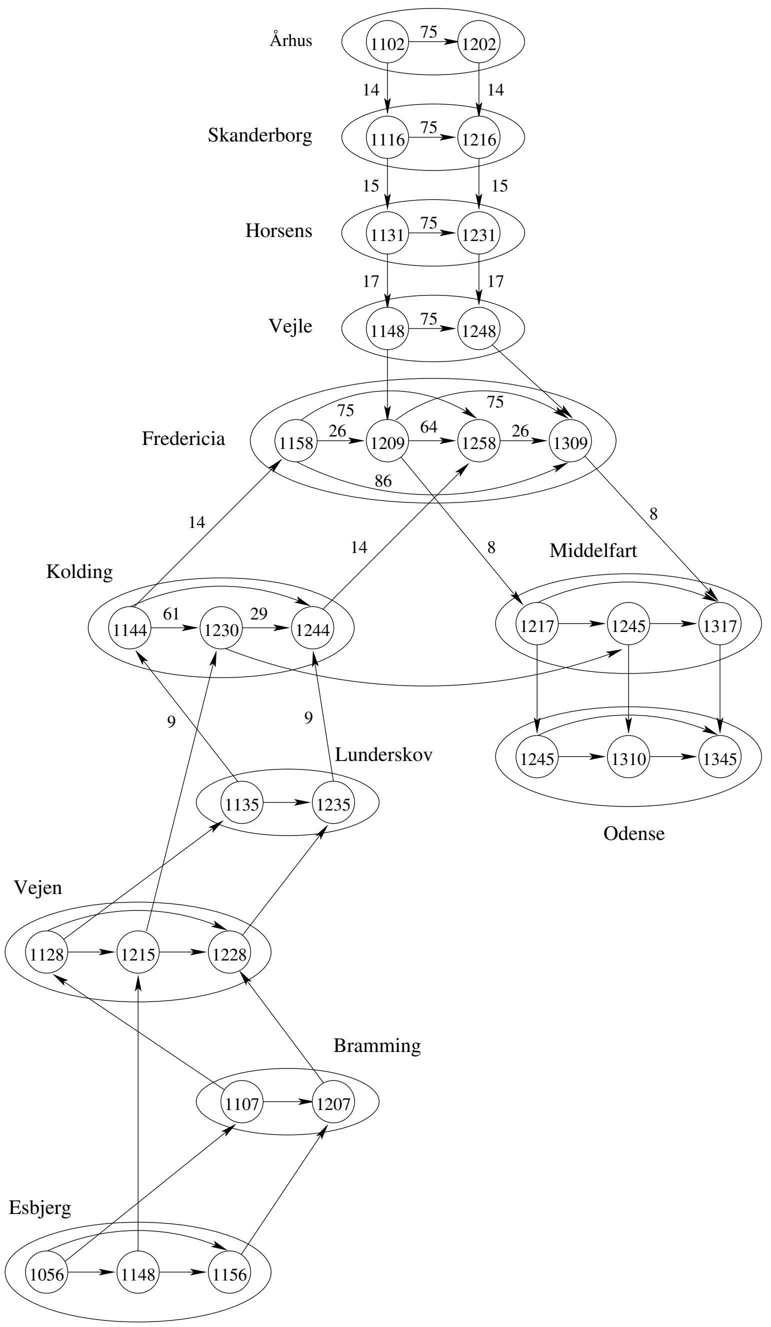
Århus H, 12:02
Skanderborg, 12:16
Horsens, 12:31
Vejle, 12:48
Fredericia, 13:09
Middelfart, 13:17
Odense, 13:45

Esbjerg, 10:56
Bramming, 11:07
Vejen, 11:28
Lunderskov, 11:35
Kolding, 11:44
Fredericia, 11:58

Esbjerg, 11:56
Bramming, 12:07
Vejen, 12:28
Lunderskov, 12:35
Kolding, 12:44
Fredericia, 12:58

Esbjerg, 11:48
Vejen, 12:15
Kolding, 12:30
Middelfart, 12:45
Odense, 13:10

(a) En køreplan med tre linier



(b) Grafen svarende til køreplanen i (a). Kun nogle af kant-vægtene er angivet.

Figur 1: En køreplan og den tilsvarende graf forudsætter, at der skal bruges mindst fem minutter på at skifte tog). Disse kanter kaldes *interne* kanter.

Vægten af en ekstern kant er forskellen i antal minutter på afgangstidspunkterne svarende til kantens to endepunkter. Vægten af en intern kant er forskellen i antal minutter på afgangstidspunkterne svarende til kantens to endepunkter + 15 minutter. Ud over vægten kan det være en god ide at opbevare information om, om kanten er intern eller ekstern, dvs. om den svarer til et togskift eller ej.

Figur 1(b) viser grafen svarende til køreplanen i Figur 1(a). For overskuelighedens skyld er kun nogle af kantvægtene angivet.

3 Programmet

Lad n_a betegne det samlede antal afgange fra alle stationerne tilsammen, og lad n_s være antallet af stationer. Lad k være det største antal afgange, der er fra nogen station. Grafen skal bygges i tid $O(\max\{n_a \log n_a, n_s k^2\})$. **Hint:** Lav en ArrayList af knuder. Sorter denne efter stationsnavn og afgangstidspunkt (det er i orden at bruge en af JAVAs indbyggede sorteringsmetoder). Iterer over den sorterede ArrayList, når du tilføjer interne kanter.

Når grafen er bygget, skal programmet i tid $O((n_a+n_s k^2)\log(n_a))$ beregne varighed og antal skift for den ønskede rute. For at opnå denne køretid skal man bruge Dijkstras algoritme med prioritetskøen implementeret vha. en binær hob.

Der vil typisk være flere knuder svarende til start-stationen. Det kan være smart at starte med at sætte alle disse ind i prioritetskøen med prioritet 0. Dette svarer til at tilføje en ekstra knude s og en kant med vægt 0 fra s til hver knude, som repræsenterer start-stationen.

Et sidste lille hint: hvis der optræder kanter med negative vægte, skyldes det måske, at du har glemt at tage højde for kanter, der "krydser midnat". Det løses selvfølgelig ved at lægge 1440 til vægten (der er 1440 minutter på et døgn).

Den binære hob skal implementeres fra grunden vha. et array (eller evt. en ArrayList). Ligeledes skal du selv implementere datastrukturen for grafen. Dog er det i orden at bruge basale klasser fra JAVAs standardbibliotek, f.eks. hægtede lister til at implementere adjacenslisterne.

Input består af tre dele: en fil med køreplanen, navnet på startstationen og navnet på slutstationen.

Køreplanen har samme format som vist i Figur 1(a). Dvs. hver linie starter med et stationsnavn efterfulgt af komma. Derefter kommer afgangstidspunktet, angivet som timer og minutter adskilt af et kolon. Efter hver endestation (bortset fra den sidste i filen) er der en blank linie.

Output skal være varighed, angivet i minutter, og antal skift for den fundne rute. De to tal skal adskilles af et enkelt mellemrum.

Hovedklassen skal hedde Rute. Man skal kunne afvikle programmet på følgende måde:

```
java Rute <inputfil> <startstation> <slutstation>
```

hvor filen `<inputfil>` indeholder køreplanen som beskrevet ovenfor.

Skriver man f.eks.

```
java Rute koereplan.txt Lunderskov Middelfart
```

hvor filen `koereplan.txt` indeholder køreplanen i Figur 1(a), skal output være

```
42 1
```

4 Test

Testen skal designes, inden du skriver programmet. Du skal give en overordnet beskrivelse af din teststrategi; dvs. du skal *uden at referere til programmet* forklare, hvilke specialtilfælde man kan komme ud for, og hvordan du tester, at programmet virker korrekt i alle tilfælde. Det er en god ide at teste de enkelte komponenter i programmet, efterhånden som du laver dem.

Du kan få et fingerpeg om, hvad vi vil sige til det output, dit program producerer, ved at skrive `DM02check`. Du skal, før du afgiver kommandoen, placere dig i det katalog, som alle dine oversatte `Java`-programmer ligger i. Så vil dit program blive kørt på testfilerne i `/home/IMADA/courses/dm02/Tests`. Testen indeholder kun få testeksempler, så hvis der ikke findes fejl, betyder det ikke nødvendigvis, at dit program fungerer korrekt. Vi tilføjer nye test-eksempler til DM02-check, når vi tester programmerne.

Det er en rigtig god ide at køre DM02check, inden du afleverer. På den måde sikrer du bl.a., at dit program bruger det korrekte input- og output-format. Kan dit program ikke testes med DM02check, kan du ikke regne med at få det godkendt — vi har ikke tid til at teste hvert enkelt program manuelt.

Programmet `DM02check` kan afbrydes med `Ctrl-c`.

5 Krav til rapport og program

Først og fremmest skal alle krav beskrevet i denne opgaveformulering naturligvis tilfredsstilles.

Programmet skal være velstruktureret og kommenteret i passende omfang. Rapporten skal indeholde en udskrift af hele programmet. Denne udskrift skal være identisk med det elektronisk afleverede program. Der skal være en beskrivelse af de væsentligste valg, der er truffet i forbindelse med implementeringen, samt begrundelser herfor.

Man skal argumentere for, at grafen bliver bygget i tid $O(\max\{n_a \log n_a, n_s k^2\})$, og at den bedste rute derefter beregnes i tid $O((n_a + n_s k^2)\log(n_a))$.

Desuden skal det forklares, hvordan programmet er afprøvet (se afsnit 4). Det er *ikke* tilstrækkeligt blot at have kørt `DM02check`.

Eventuelle mangler i program eller rapport skal beskrives.

Endelig skal rapporten underskrives.

6 Aflevering

Programmet skal afleveres elektronisk senest torsdag d. 3/11 kl. 12:00.

Den elektroniske aflevering foregår på følgende måde: Opret et katalog (directory), som indeholder alle dine JAVA-filer til opgaven og *intet andet*. Stil dig i dette katalog. Brug først `ls -la` for at sikre, at du står det rigtige sted, og at de rigtige filer er der. Afgiv derefter kommandoen `DM02aflever`.

D.v.s. gør følgende.

```
cd <opgave-katalog>
ls -la
DM02aflever
```

hvor `<opgave-katalog>` indeholder alle dine JAVA-filer til opgaven og intet andet.

Bemærk, at du (inden afleveringsfristen) kan aflevere flere gange. Kun den sidste aflevering tæller (de andre slettes).

Rapporten skal afleveres senest mandag d. 7/11 kl. 12:00. Du kan aflevere enten på IMADAs sekretariat eller til forelæsningen. Denne opgaveformulering er vedhæftet en forside, som skal anvendes ved afleveringen.

Husk, at det er et krav, at det elektronisk afleverede program er præcis det samme som det, der afleveres en udskrift af i rapporten.

7 Evaluering

For at kunne gå til eksamen i DM02 til januar skal man have bestået den obligatoriske opgave. Har man tidligere lavet en obligatorisk DM02-opgave og fået den godkendt, er det tilstrækkeligt.

Der er i princippet kun to mulige bedømmelser: “godkendt” eller “ikke godkendt”. Dog kan der i enkelte grænsetilfælde være mulighed for genaflevering.

8 Yderligere formalia

Bemærk, at den obligatoriske opgave er en del af eksamen, så reglerne for en eksamenssituation gælder også her. Dvs. du må ikke modtage hjælp fra andre, og du skal sørge for, at andre ikke kan læse dine filer. En god måde at beskytte sine filer på er følgende.

```
mkdir DM02projekt
chmod 700 DM02projekt
```

I må gerne snakke sammen om den overordnede løsning og lære af hinanden, men når I går i gang med at skrive ting ned, såvel program som rapport, skal I arbejde selvstændigt. Overtrædelse af dette er eksamenssnyd og behandles som sådan.

Programmet skal kunne køre på IMADAs maskiner. Man må gerne lave det hjemme, men det er helt på eget ansvar. Tekniske problemer derhjemme eller problemer med at flytte sine filer er ikke gyldig grund til at aflevere for sent. Udsættelse af aflevering kræver særlige omstændigheder, som vil kunne holde i studienævnet — vi har pligt til at behandle jer ens.

Husk, at det er dit eget ansvar at afhente din rettede besvarelse ved øvelserne og undersøge, om besvarelsen er godkendt, eller du eventuelt skal genaflevere.

God arbejdslyst!

Institut for Matematik og Datalogi
Syddansk Universitet, Odense

10. oktober 2005
LMF

DM02 eksamen, Efteråret 2005
Obligatorisk Opgave

Skriv tydeligt (maskinskrift eller blokbogstaver)

Navn: ....

Fødselsdato: ....

Brugernavn (login): ....

Instruktor	Anna	Martin	Nicolai	Steffen
Sæt kryds				

Besvarelsen omfatter .... nummererede sider.