

Laboratorio di Algoritmi

Progetto “Minimarket” (gennaio 2022)

Nota: La scadenza del progetto è fissata per domenica 16 gennaio **compresa**.

Nota: Si consiglia di consultare sulla pagina web il documento che riporta le avvertenze utili per lo svolgimento del progetto. Si consiglia anche di verificare di tanto in tanto gli aggiornamenti a questo documento, che potranno riportare risposte ai dubbi degli studenti e correzioni di eventuali errori.

Il problema Un minimarket vuole riorganizzare gli orari di apertura delle casse in modo da trovare un compromesso efficace fra i costi sostenuti e il livello di servizio offerto ai clienti. Occorre quindi un simulatore del suo funzionamento, basato sulla distribuzione spaziale delle merci, sul comportamento dei clienti (ricavato da osservazioni storiche) e su ipotesi alternative per gli orari di apertura.

F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0
S75	S65	S55	S45	S35	S25	S15	S05
S74	S64	S54	S44	S34	S24	S14	S04
S73	S63	S53	S43	S33	S23	S13	S03
S72	S62	S52	S42	S32	S22	S12	S02
S71	S61	S51	S41	S31	S21	S11	S01
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	I

Figura 1: Struttura del minimarket

La Figura 1 illustra la struttura del minimarket, che è piuttosto standard. Si compone di:

- un ingresso, indicato con il simbolo I;
- otto corsie, ciascuna formata da 5 scaffali indicati con sigle progressive: la sigla S_{ij} associata ad ogni scaffale definisce:
 - la corsia con il numero progressivo i , che cresce da 0 a 7 allontanandosi via via dall’ingresso;
 - lo scaffale con il numero progressivo j , che cresce da 1 a 5 procedendo dall’ingresso verso il fondo;
- un corridoio finale, in cui ciascuna corsia sbocca in un punto indicato con il simbolo F_i , dove i è l’indice della corsia;

- un corridoio iniziale, in cui ciascuna corsia da 1 a 7 sbocca in una cassa, indicata con il simbolo C_i ; il corridoio consente di spostarsi da una cassa all'altra, ma non di raggiungere direttamente la corsia 0;
- un'uscita, subito dopo le casse.

I clienti entrano nel minimarket dall'ingresso e possono muoversi come segue:

- dall'ingresso allo scaffale S_{01} o viceversa, in 5 secondi;
- da uno scaffale al successivo o al precedente nella stessa corsia, in 10 secondi;
- dall'ultimo scaffale di ogni corsia (S_{i5} , per i da 0 a 7) allo sbocco della corsia nel corridoio finale (F_i , per i da 0 a 7) o viceversa, in 5 secondi;
- dallo sbocco di una corsia (F_i) a quello precedente o successivo, in 7 secondi;
- dallo primo scaffale di ogni corsia (S_{i1} , per i da 1 a 7) alla cassa corrispondente (C_i , per i da 1 a 7) o viceversa, in 5 secondi
- da una cassa (C_i) a quella precedente o successiva, in 8 secondi.

La simulazione del comportamento dei clienti fornisce per ciascuno:

- un'ora di ingresso, misurata in secondi trascorsi a partire dall'apertura del supermercato;
- una lista di merci da acquistare, costituita dal loro numero seguito dai simboli degli scaffali in cui si trovano.

Si suppone che il cliente si muova seguendo esattamente la lista, anche se questo significa girare per il minimarket in modo stupido. Fra i vari percorsi possibili per andare da uno scaffale all'altro, però, il cliente sceglie sempre il più breve. Ogni oggetto richiede 15 secondi per essere raccolto. Raccolto l'ultimo oggetto, il cliente va alla cassa aperta più vicina e si mette in coda (per semplicità, non sceglie la cassa in base alla lunghezza della coda). In caso di pari distanza, sceglie la cassa di indice minimo.

Per ogni cassa è definito un intervallo di apertura, descritto dalle ore di apertura e di chiusura, misurate in secondi trascorsi dall'apertura del supermercato. Il cliente coda mette i propri acquisti sul nastro e la cassa li smaltisce impiegando 5 secondi per ogni oggetto. Al termine, il cliente esce. Per semplicità, pagamento e uscita sono considerati istantanei.

Il progetto Il simulatore da realizzare consiste in un programma che riceve due file di testo. Il primo file fornisce le informazioni relative agli intervalli di apertura delle casse. Ogni riga si riferisce a una cassa e riporta una stringa identificatrice (una singola parola di al massimo 10 caratteri), l'ora di apertura e l'ora di chiusura (numeri interi). In generale, le stringhe identificatrici non sono in ordine alfabetico. Per esempio:

```
C1 0 14400
C2 0 8000
C3 2000 10000
C4 6000 9000
C5 6000 9000
C6 7200 14400
C7 7200 14400
```

indica che le casse C1 e C2 aprono all'apertura del minimarket e chiudono 14 400 e 8 000 secondi più tardi. La cassa C3 apre 2 000 secondi dopo l'apertura del minimarket e chiude 10 000 secondi dopo. Le casse C4 e C5 aprono 6 000 secondi e chiudono 9 000 secondi dopo l'apertura del minimarket. Infine, le casse C6 e C7 aprono 7 200 secondi e chiudono 14 400 secondi dopo l'apertura del minimarket.

Il secondo file fornisce le informazioni relative al comportamento dei clienti. Ogni riga si riferisce a un cliente e riporta una stringa identificatrice (una singola parola di al massimo 10 caratteri), l'ora di ingresso nel minimarket e il numero di merci da acquistare (numeri interi) e l'elenco dei simboli degli scaffali in cui si trovano, nell'ordine che il cliente seguirà per raccogliarli. In generale, le stringhe identificatrici non sono in ordine alfabetico. Gli oggetti possono essere ripetuti, e oggetti duplicati possono essere consecutivi nella lista (con tempo di trasferimento nullo fra l'uno e l'altro, ma tempo di raccolta non nullo) oppure inframmezzati da altri oggetti (con movimenti avanti e indietro nel minimarket). Per esempio:

```
Utente1 0 4 S13 S21 S45 S52
Utente2 0 1 S51
Utente3 0 2 S32 S25
Utente4 0 2 S25 S21
```

indica che il cliente **Utente1** entra all'apertura del minimarket e compra 4 oggetti, che si trovano, rispettivamente, nel terzo scaffale della prima corsia nel primo della seconda, nel quinto della quarta e nel secondo della quinta. Il cliente **Utente2** entra all'apertura del minimarket e compra un solo oggetto, che si trova nel primo scaffale della quinta corsia. Per gli altri due clienti valgono considerazioni analoghe.

Il programma deve simulare lo svolgimento della giornata gestendone gli eventi significativi. Alcuni eventi sono noti a priori (apertura e chiusura delle casse, ingressi dei clienti), altri sono il risultato delle interazioni fra eventi diversi, che modificano lo stato del sistema, influenzando in tal modo gli eventi successivi. L'idea fondamentale del procedimento è:

- l'insieme degli eventi contiene inizialmente quelli noti a priori;
- il primo evento in ordine cronologico viene elaborato per aggiornare lo stato del sistema ed, eventualmente, innescare nuovi eventi futuri:
 - l'ingresso di un cliente consente di dedurre l'ora alla quale il cliente finirà i propri acquisti e arriverà alla cassa scelta, e quindi innesca l'arrivo alla cassa;
 - l'arrivo di un cliente a una cassa innesca l'evento di inizio del servizio:
 1. se la cassa è libera, subito (occupando la cassa per un tempo noto);
 2. se la cassa è occupata, quando i clienti attualmente in coda sono stati tutti serviti e la cassa torna libera;
 - l'inizio del servizio di un cliente innesca la fine del servizio, che coincide con la sua uscita dal minimarket;
 - l'uscita di un cliente dal minimarket lascia immediatamente libera la cassa per il cliente successivo; se non ci sono clienti in coda a quella cassa, essa diventa libera.

I clienti non possono accedere alle casse chiuse. Ogni cliente si accoda nella cassa aperta più vicina alla posizione del suo ultimo acquisto. Se una cassa all'ora di chiusura ha clienti in coda, rimane in servizio finché non li ha smaltiti, ma non accetta nuovi clienti (accetta quelli arrivati esattamente all'ora di chiusura). Si

dia per scontato che ogni cliente possa sempre trovare almeno una cassa aperta al termine dei suoi acquisti.

In caso di eventi simultanei, le aperture delle casse precedono sempre gli ingressi dei clienti. Questi precedono le uscite, che precedono gli arrivi in cassa. Gli arrivi precedono gli inizi dei servizi, e questi precedono le chiusure delle casse. Fra eventi dello stesso tipo vale l'ordine alfabetico rispetto agli identificativi dei clienti associati. Per le aperture e chiusure delle casse, che non riguardano alcun cliente, vale l'ordine alfabetico rispetto agli identificativi delle casse associate agli eventi.

Il programma deve stampare per prima cosa gli eventi in ordine cronologico. Ogni evento richiede una riga ed è descritto dall'ora in secondi trascorsi dall'apertura del supermercato (numero intero), dal tipo di evento (APERTURA, CHIUSURA, INGRESSO, CASSA, SERVIZIO, USCITA), dall'identificativo del cliente interessato (per gli eventi di ingresso, arrivo in cassa, servizio e uscita) e infine da quello della cassa interessata (per gli eventi di apertura, chiusura, arrivo in cassa e servizio). Nell'esempio considerato:

```
0 APERTURA C1
0 APERTURA C2
0 INGRESSO Utente1
0 INGRESSO Utente2
0 INGRESSO Utente3
0 INGRESSO Utente4
144 CASSA Utente4 C2
144 SERVIZIO Utente4 C2
154 USCITA Utente4
174 CASSA Utente2 C2
174 SERVIZIO Utente2 C2
179 USCITA Utente2
228 CASSA Utente3 C2
228 SERVIZIO Utente3 C2
238 USCITA Utente3
330 CASSA Utente1 C2
330 SERVIZIO Utente1 C2
350 USCITA Utente1
2000 APERTURA C3
6000 APERTURA C4
6000 APERTURA C5
7200 APERTURA C6
7200 APERTURA C7
8000 CHIUSURA C2
9000 CHIUSURA C4
9000 CHIUSURA C5
10000 CHIUSURA C3
14400 CHIUSURA C1
14400 CHIUSURA C6
14400 CHIUSURA C7
  0 APERTURA C1
0 APERTURA C2
0 INGRESSO Utente1
0 INGRESSO Utente2
0 INGRESSO Utente3
0 INGRESSO Utente4
144 CASSA Utente4 C2
144 SERVIZIO Utente4 C2
```

154 USCITA Utente4
 174 CASSA Utente2 C2
 174 SERVIZIO Utente2 C2
 179 USCITA Utente2
 228 CASSA Utente3 C2
 228 SERVIZIO Utente3 C2
 238 USCITA Utente3
 330 CASSA Utente1 C2
 330 SERVIZIO Utente1 C2
 350 USCITA Utente1
 2000 APERTURA C3
 6000 APERTURA C4
 6000 APERTURA C5
 7200 APERTURA C6
 7200 APERTURA C7
 8000 CHIUSURA C2
 9000 CHIUSURA C4
 9000 CHIUSURA C5
 10000 CHIUSURA C3
 14400 CHIUSURA C1
 14400 CHIUSURA C6
 14400 CHIUSURA C7

cioè all'apertura del minimarket aprono le casse C1 e C2 ed entrano i clienti nell'ordine: Utente1, Utente2, Utente3 e Utente4). Al secondo 144, il cliente U4 arriva alla cassa C2. Siccome questa è aperta e libera, comincia subito il servizio e lo termina al secondo 154. Al secondo 174, il cliente Utente2 arriva alla cassa C2 (che è la più vicina cassa aperta; C5 sarebbe più vicina al suo ultimo acquisto, ma è chiusa). Siccome la cassa è libera, il servizio comincia subito e termina al secondo 179. Il cliente Utente3 arriva al secondo 228 ed esce al secondo 238, il cliente Utente1 arriva al secondo 330 ed esce al secondo 350. Per entrambi la cassa C2 è la più vicina cassa aperta. Infine, aprono le casse C3 (al secondo 2000), C4 e C5 (al secondo 6000), C6 e C7 (al secondo 7200) e chiudono via via le casse nell'ordine: C2 (al secondo 8000), C4 e C5 (al secondo 9000), C3 (al secondo 10000), C1 14400, C6 e C7 (al secondo 14400).

Il programma stampa poi le informazioni relative alle casse, riportate in ordine alfabetico rispetto ai loro identificativi. Ogni riga riguarda una cassa e riporta l'identificativo, il numero di secondi durante i quali è stata occupata (numero intero) e la percentuale di tale durata rispetto all'intervallo di apertura (numero reale con due cifre decimali). Questa percentuale supera il 100% nel caso (improbabile) di una cassa occupata durante l'intero intervallo e rimasta aperta per smaltire clienti dopo la chiusura. Nell'esempio riportato più sopra:

C1 0 0.00%
 C2 45 0.56%
 C3 0.00%
 C4 0 0.00%
 C5 0 0.00%
 C6 0 0.00%
 C7 0 0.00%

dato che solo la cassa C2 è stata occupata, per 45 secondi su 8000.

Infine, il programma stampa le informazioni relative ai clienti, sempre in ordine alfabetico. Ogni riga riguarda un cliente e riporta l'identificativo, il numero di

secondi di permanenza nel minimarket, il numero di clienti in coda all'arrivo in cassa (compreso quello che sta venendo servito: la coda è vuota solo per clienti che arrivano e vengono serviti immediatamente) e il numero di secondi di permanenza in coda. I tre numeri sono tutti interi. Per esempio:

```
Utente1 350 0 0
Utente2 179 0 0
Utente3 238 0 0
Utente4 154 0 0
```

dato che tutti i clienti dell'esempio vengono serviti al loro arrivo in cassa.

Dubbi e chiarimenti

Le casse hanno nomi casuali e andranno stampate alla fine in ordine alfabetico, ma qual è la corrispondenza fra le casse riportate nel file dei dati e le posizioni nel minimarket?

Il file delle casse riporta i loro nomi e orari di apertura in ordine di distanza dall'ingresso, cioè la prima cassa è quella che nel disegno è indicata con **C1**, la seconda con **C2** e così via.