**ESERCIZIO RCPSP N. 6**

1. Sia data la seguente rete:

1/(1,2) 2/(3,2) Rk = 5; k = 1, 2

3

2

dί / rίk

ί

0/(0,0) 2/(2,2) 3/(3,2) 0/(0,0)

8

5

4

1

4/(3,3) 2/(2,3)

6

7

1. Trovare la soluzione ottima con il metodo delle alternative di ritardo minimali;
2. scrivere il vettore di slittamento associato alla soluzione ottima;
3. trovare le soluzioni euristiche “forward” e “backward” secondo lo schema seriale assumendo come regola di priorità EST (Earliest Start Time).
4. **Alternative di ritardo minimali**

Il cammino critico è **1** – **6** – **7** – **8** di costo **6.**

Al tempo **t = 0** le alternative di ritardo sono:

(**2**); (**4**); (**6**)

per cui esse definiscono, a partire dal nodo iniziale il cui LB = 6 = lunghezza del cammino critico, i primi 3 nodi dell’albero.

I lower bound relativi sono:

* **LB(2) = 2 (min ꬵ4, ꬵ6) + 3 (c.c. di 2) = 5 < 6** (nodo padre)per cui **LB(2) = 6**
* **LB(4) = 1 (min ꬵ2, ꬵ6) + 5 (c.c. di 4) = 6**
* **LB(6) = 1 (min ꬵ2, ꬵ4) + 6 (c.c. di 6) = 7**

Si inizia pertanto eseguendo le attività (**4, 6**) e ritardando **2** fino a **t= 2** a cui finisce **4** e pertanto si liberano risorse.

A **t = 2** sono eseguibili **2**, **5**, **6** che però sono in conflitto. Le

alternative di ritardo minimali sono: {**5**}; {**6**}.

**4**  **NODO 2** **LB(5) = 3 (min ꬵ2, ꬵ6) + 3 (c.c. di 5) = 6**

**6** **LB(6) = 3 (min ꬵ2, ꬵ5) + 6 (c.c. di 6) = 9**

**2**   **4 t**

**1:6**

**STARTT**

**22:7**

**6**

**12:6**

**4**

**t=0 t=0 t=0**

**2:62**

**11:9**

**6**

**21:9**

**6**

**13:6**

**3**

**t=2 t=1 t=1**

**29:8**

**6**

**3:6**

**5**

**23:7**

**3**

**20:12**

**3,6**

**19:11**

**5,6**

**14:7**

**3,5**

**3:6**

**t=3 t=3 t=2**

**32:11**

**3,6**

**31:10**

**5,6**

**30:9**

**3,5**

**3:6**

**28:12**

**3,6**

**27:11**

**5,6**

**24:8**

**3,5**

**10:12**

**3,6**

**9:11**

**5,6**

**4:7**

**3,5 5**

**8:9**

**5**

**3:6**

**5:8**

**3**

**3:6**

**26:10**

**5**

**25:9**

**3**

**18:9**

**5**

**3:6**

**15:8**

**3**

**3:6**

**t=4 t=4 t=5**

**7:11**

**5**

**3:6**

**6:9**

**3**

**3:6**

**17:11**

**5**

**3:6**

**16:9**

**3**

**3:6**

**t=6**  **t=6**

**UB UB**

**NODO 3** Si ritarda pertanto **5** fino a **t=3** a cui finisce **2** e si liberano risorse. A **t=3** sono eseguibili (**3**, **5**, **6**) ma sono in

conflitto. Le alternative di ritardo minimali sono:

**4 2 (3, 5); (5, 6); (3, 6).** Calcoliamo i LB:

**LB (3, 5)= 4 (ꬵ6) + 3 (Max c.c. (3, 5)) = 7**

**6 LB (5, 6)= 5 (ꬵ3) + 6 (Max c.c. (5, 6)) = 11**

**LB (3, 6)= 6 (ꬵ5) + 6 (Max c.c. (3, 6)) = 12**

Pertanto si ritardano (**3**, **5**) e si esegue **6** fino a **t = = ꬵ6** a cui si liberano risorse.

**2 3 4**

**NODO 4**

A **t = 4** sono eseguibili **3**, **5**, **7**, ma sono in conflitto.

**4 2** Le alternative di ritardo sono (**3**) e (**5**).

**LB (3) = 6 (min ꬵ5, ꬵ7) + 2 (c.c. di 3) = 8**

**6 LB (5) = 6 (min ꬵ3, ꬵ7) + 3 (c.c. di 5) = 9**

Si eseguono pertanto (**5**, **7**) e si ritarda **3** fino a **t =** = **ꬵ7** a cui si liberano risorse. A **t=6** restano **3**, **5** in

conflitto.

**2 3 4,**

**NODO 5**

**4 2 5**

**LB (3) = 7 (ꬵ5) + 2 (c.c. di 3) = 9**

**6 7 LB (5) = 8 (ꬵ3) + 3 (c.c. di 5) = 11**

Si ritarda **3** e si esegue **5** fino a **t = 7 =** **ꬵ5.**

A **t = 7** si schedula **3** fino a **t = 9.**

**2 3 4 7**

**NODO 6**

**4 2 5 3 Prima soluzione ammissibile**

**UB = 9**

**6 7**

**2 3 4 6 7 9**

Si fa backtracking fino a **t=0** perché negli altri nodi di questo sottoalbero i **LB** sono **≥ UB.** Si riparte dal nodo **12** in cui si eseguono (**2**, **6**) e si ritarda **4** fino a

**t = 1** a cui termina l’attività **2**. A **t =** sono eseguibili (**3**, **4**, **6**) ma sono in conflitto. Le alternative di ritardo sono (**3**), (**6**).

**NODO 12**

**2 LB (3) = 3 (min ꬵ4, ꬵ6) + 2 (c.c. di 3) = 5 < 6 (nodo padre) per cui LB (3) = 6**

**LB (6) = 3 (min ꬵ3, ꬵ4) + 6 (c.c. di 6) = 9**

**6** Pertanto si eseguono (**4**, **6**) e si ritarda **3** fino a **t = 3** a cui finisce **4** e si liberano risorse.

**4**

**NODO 13**

**2 4** A **t = 3** sono eseguibili **3**, **5**, **6**, ma sono in conflitto.

Le alternative di ritardo minimali sono (**3, 5**), (**5, 6**), (**3**, **6**).

**6 LB (3, 5) = 4 (ꬵ6) + 3 (max c.c. 3,5) = 7**

**LB (5, 6) = 5 (ꬵ3) + 6 (max c.c. 5,6) = 11**

**LB (3, 6) = 6 (ꬵ5) + 6 (max c.c. 3,6) = 12**

Pertanto si esegue **6** e si ritardano (**3**, **5**) fino a **t = 4** a cui termina **6** e si liberano risorse.

**1 4**

**NODO 14**

**2 4** A **t =**  sono eseguibili (**3**, **5**, **7**).

Le alternative di ritardo sono (**3**), (**5**).

**6 LB (3) = 6 (min ꬵ5, ꬵ7) + 2 (max c.c. 3) = 8**

**LB (5) = 6 (min ꬵ3, ꬵ7) + 3 (max c.c. 5) = 9**

Pertanto si eseguono **5, 7** e si ritarda **3** fino a **t = 6** a cui termina **7** e si liberano risorse.

**1 3 t**

**NODO 15**

**2 4 5**

**6 7** A **t =**  restano **3**, **5** in conflitto.

**LB (3) = 7 (ꬵ5) + 2 (c.c. di 3) = 9**

**1 3 4 7 LB (5) = 8 (ꬵ3) + 3 (c.c. di 5) = 11**

Si esegue **5** fino a **t = 7** e poi si esegue **3** fino a **t = 9** ottenendo la soluzione del nodo 16 equivalente alla

**NODO 16** prima soluzione ammissibile.

**4 2 5 3** Si fabacktracking fino a **t = 0** e si ricomincia dal nodo **22** in cui si eseguono **2**, **4** e si ritarda **6** fino a **t = 1**

**6 7** a cui termina **2.**

**.**

**2 3 4 6 7 9**

**NODO 22**

A **t =** sono eseguibili **3**, **4**, **6** in conflitto. Le alternative di ritardo sono **3**, **6**.

**2**

**LB (3) = 2 (min ꬵ4, ꬵ6) + 2 (c.c. di 3) = 4 < 7 (nodo padre).** Pertanto  **LB (3) = 7**

**4**

**LB (6) = 2 (min ꬵ3, ꬵ4) + 6 (c.c. di 6) = 8**

Pertanto si eseguono **4** e **6** e si ritarda **3** fino a **t = 2** a cui finisce **4**.

**2**

**NODO 23** A **t =**  sono eseguibili **3**, **5**, **6**, in conflitto.

Le alternative di ritardo sono (**3, 5**), (**5, 6**) e (**3**, **6**).

**2 6 LB (3, 5) = 5 (ꬵ6) + 3 (max c.c. 3,5) = 8**

**LB (5, 6) = 4 (ꬵ3) + 6 (max c.c. 5,6) = 10**

**4 LB (3, 6) = 5 (ꬵ5) + 6 (max c.c. 3,6) = 11**

Pertanto si esegue **6** e si ritardano **3**, **5** fino a **t = 5** a cui termina **6**.

**1 5**

**NODO 24** A **t =**  sono eseguibili **3**, **5**, **7** in conflitto.

Le alternative di ritardo sono (**3**), (**5**).

**2 6 LB (3) = 7 (min ꬵ7, ꬵ5) + 2 (c.c. di 3) = 9 = UB**

**LB (5) = 7 (min ꬵ3, ꬵ7) + 3 (c.c. di 5) = 10**

**4** Si fa backtracking fino al nodo **29** in cui si è ritardato **6** fino a **t = 2** a cui finisce **4.**

**1 2**

**NODO 29** A **t = 2** sono eseguibili (**3**, **5**, **6**) in conflitto.

Le alternative di ritardo sono (**3, 5**), (**5, 6**), (**3**, **6**).

**2 LB (3, 5) = 6 (ꬵ6) + 3 (max c.c. 3,5) = 9**

**LB (5, 6) = 4 (ꬵ3) + 6 (max c.c. 5,6) = 10**

**4 LB (3, 6) = 5 (ꬵ5) + 6 (max c.c. 3,6) = 11**

Poiché sono tutti **LB ≥ UB – STOP** la prima soluzione ammissibile trovata è anche **ottima.**

**1**

1. Vettore di slittamento

**ESTί = (0, 0, 1, 0, 2, 0, 0, 4, 6)**

**VS = (0, 2, 6, 0, 2, 0, 0, 3)**

1. Euristiche seriali basate su ESTί.

**ESTί - Fw : (0, 0, 1, 0, 2, 0, 4, 6) ESTί - Bw : (6, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 0)**

**Lista priorità < 1, 2, 4, 6, 3, 5, 7, 8> Lista priorità <1, 4, 2, 6, 3, 5, 7, 8>**

**Schedula Fw Schedula Bw**

**2 6 3 5 2 6 3 5**

**4 7 4 7**

**1 2 5 7 10 1 2 5 7 10**