Università degli Studi di Padova

Risorse protette

SCD

Anno accademico 2006/7
Corso di Sistemi Concorrenti e Distribuiti

Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it

Limiti del modello base

- È desiderabile ottenere mutua esclusione e sincronizzazione condizionale senza dover necessariamente impiegare un processo *server*
- È anche desiderabile che l'astrazione proposta abbia potenza espressiva non inferiore al modello del processo *server*
- I modelli base di riferimento sono il *monitor* di Hoare e le regioni critiche condizionali
  - 1972, Per Brinch-Hansen, "Structured Multiprogramming", CACM vol. 15(7), pp. 574-578

Mutua esclusione – 1

- Requisiti
  1. Accesso in scrittura in mutua esclusione
  2. Accesso in sola lettura potenzialmente concorrente
  3. Conseguentemente distinzione strutturale tra operazioni di sola lettura ed operazioni R/W

```
protected type Shared_Integer (Initial_Value : Integer) is
 function Read return Integer;
 procedure Write (Value : Integer);
private
 The_Integer : Integer := Initial_Value;
end Shared_Integer;
```

```
protected body Shared_Integer is
 function Read return Integer is
 begin
  return The_Integer;
 end Read;
 procedure Write (Value : Integer) is
 begin
  The_Integer := Value;
 end Write;
end Shared_Integer;
```

Letture tra loro concorrenti

Scritture mutuamente esclusive tra loro e con ogni lettura

Mutua esclusione – 2

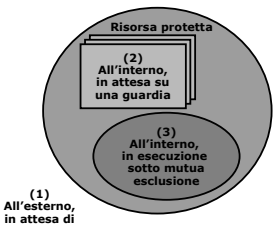
- Vantaggi rispetto all'impiego di un processo *server*
  - Risparmio di risorse a tempo d'esecuzione
    - Un'entità passiva, con un agente implicito di protezione, contro un'entità attiva programmata come agente di mutua esclusione
  - Minore complessità di terminazione
    - Un'entità passiva non termina, semplicemente viene rimossa non appena il suo ambito (*scope*) cessa di esistere
    - L'onere è tutto e solo sui processi cliente
- Potenziali controindicazioni
  - Possibili limitazioni nella logica dell'agente di controllo

Sincronizzazione condizionale – 1

- Requisiti
  - Possibilità per un processo cliente di sincronizzarsi con una condizione (legata a un dato servizio) invece che con un altro processo
  - Possibilità per un processo cliente di sospendersi in attesa che la condizione attesa si verifichi
- Possibile soluzione
  - Punto di accesso (*entry*) offerto da una risorsa protetta, sul quale applica una guardia Booleana
    - La guardia opera di fatto come una precondizione sull'esecuzione del servizio
  - L'accodamento su guardia chiusa avviene all'interno della risorsa protetta e non fuori di essa
    - Così che l'attesa sulla guardia non comporti rischio di *starvation*
    - Politica base di ordinamento in coda: FIFO

Sincronizzazione condizionale – 2

Il modello a "guscio d'uovo"



- 2 livelli di protezione
  - Esecuzione in mutua esclusione (stato: 3)
  - Attesa su guardia Booleana di precondizione, senza rischi di *starvation* (stato: 2)
- Valutazione della guardia in mutua esclusione
  - Nel passaggio da (stato: 1) verso (stato: 2) o (stato: 3)

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Esempio: un contenitore vincolato

```
Buffer_Size : constant Positive := 5;
type Index is mod Buffer_Size; -- tipo ad incremento modulare
subtype Count is Natural range 0 .. Buffer_Size;
type Buffer_T is array (Index) of Any_Type;
protected type Bounded_Buffer is
   entry Get (Item :    out Any_Type);
   entry Put (Item : in     Any_Type);
private
   First : Index := Index'First; -- 0
   Last  : Index := Index'Last;  -- 4
   In_Buffer : Count := 0;
   Buffer : Buffer_T;
end Bounded_Buffer;
protected body Bounded_Buffer is
   entry Get (Item :    out Any_Type) when In_Buffer > 0 is
   begin -- first read then move pointer
      Item := Buffer(First);
      First := First + 1; -- nessun rischio di overflow
      In_Buffer := In_Buffer - 1;
   end Get;
   entry Put ( Item : in     Any_Type ) when In_Buffer < Buffer_Size is
   begin --  first move pointer then write
      Last := Last + 1; -- nessun rischio di overflow
      Buffer(Last) := Item;
      In_Buffer := In_Buffer + 1;
   end Put;
end Bounded_Buffer;
```

Parte pubblica

Parte privata

Specifica

Guardie

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 3

- **Usando il costrutto `select` un processo cliente può limitare il proprio tempo d'attesa su un punto d'accesso protetto**
- **Un punto d'accesso protetto può essere**
  - **Aperto, se la sua guardia, quando valutata, è vera**
  - **Chiuso, se la sua guardia, quando valutata, è falsa**
- **Una guardia di punto d'accesso protetto viene rivalutata**
  - **A ogni richiesta d'accesso la cui guardia abbia una componente che possa essere cambiata dall'ultima valutazione**
    - Dunque non a seguito di una chiamata di una funzione protetta!
  - **A ogni completamento d'esecuzione R/W entro la RP, ove vi siano processi accodati su una guardia le cui componenti potrebbero essere cambiate dall'ultima valutazione**

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 4

- **Una RP è detta "in uso per lettura" (*read lock*) quando ≥ 1 processi stiano eseguendo una sua funzione**
- **La RP è detta "in uso R/W" (*R/W lock*) quando un processo stia eseguendo una sua procedura o *entry***
  - **Un processo in possesso di una RP può effettuare chiamate ad altri servizi della stessa risorsa, e queste vengono immediatamente soddisfatte, senza che esse siano soggette a competizione**
  - **Ciò non può però avvenire indirettamente, ossia quando la chiamata venisse effettuata da un sottoprogramma esterno alla risorsa, ma chiamato dall'interno di essa**
    - Tipica situazione erronea che induce rischio di stallo
- **In entrambi i casi (*R, R/W lock*) ogni altra chiamata viene trattenuta all'esterno della RP**

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Protocollo d'accesso – 1

1. Se la risorsa protetta (RP) è sotto "***read lock***" e la chiamata è a funzione, questa viene eseguita e si passa al punto **14**.
2. Se RP è sotto "***read lock***" e la chiamata è a procedura od *entry*, la chiamata viene differita fin quando vi siano processi attivi all'interno di RP
3. Se RP è sotto "***R/W lock***", qualunque chiamata viene differita fin quando vi siano processi attivi all'interno di RP i quali abbiano requisiti di accesso potenzialmente in conflitto con tale chiamata
4. Se RP non è in uso e la chiamata è di funzione, RP assume un "***read lock***" e si passa al punto **5**.
5. La funzione di RP viene eseguita e si passa al punto **14**.
6. Se RP non è in uso e la chiamata è a procedura od ***entry***, RP assume un "***R/W lock***" e si passa al punto **7**.
7. Se la chiamata è a procedura, questa viene eseguita e si passa al punto **10**., altrimenti si passa al punto **8**.

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Protocollo d'accesso – 2

8. Se la chiamata è a una ***entry***, la corrispondente guardia è valutata e, se aperta, si esegue il corpo dell'***entry*** e poi si passa al punto **10**, altrimenti si passa al punto **9**.
9. Poiché la guardia è chiusa, la chiamata è posta nella coda associata alla guardia, e da questo momento inizia la valutazione delle clausole di selezione del chiamante (*time out*) e si passa al punto **10**.
10. Viene rivalutata ciascuna guardia che abbia chiamate in attesa, la cui espressione contenga variabili che possano essere cambiate dall'ultima valutazione, e poi si passa al punto **11**.
11. Tra le guardie che risultassero aperte se ne seleziona una eseguendo il corpo della corrispondente ***entry*** e poi si torna al punto **10**, altrimenti si passa al punto **12**.
12. Se nessuna guardia con chiamate in attesa è aperta si passa al punto **13**.
13. Tra le chiamate differite all'esterno di RP si selezionano o tutte quelle a funzione, che richiedono "***read lock***", oppure una tra quelle che richiedono "***R/W lock***" e si eseguono i passi **5** o **7** o **8**; se non vi fossero chiamate il protocollo d'accesso completa
14. Quando non vi fossero più processi attivi all'interno di RP si passa al punto **13**.

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Protocollo d'accesso – 3

- **L'aspetto più delicato del protocollo riguarda i punti 10.–11.**
  - **Rivalutazione delle guardie**
- **Le guardie vengono rivalutate a seguito dell'esecuzione di procedure o *entry*, oltre che al punto di chiamata (8.)**
- **Per ognuna di quelle che valutano aperte si esegue il corpo dell'*entry* corrispondente**
  - **Il protocollo non deve specificare quale processo si debba prendere carico dell'esecuzione!**
  - **Potrebbe essere il processo che ha emesso la chiamata oppure ugualmente quello la cui azione abbia aperto la guardia**
    - L'unica differenza che deriva dalla scelta è nel corrispondente onere di esecuzione. Quale è inferiore?
- **Le clausole temporali di selezione poste dal chiamante sono valutate solo a partire da quando la chiamata venga effettivamente accodata**

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Controllo d'accodamento – 1

- Ogni punto d'accesso a canale tipato possiede un attributo predefinito `'Count`
  - Funzione che ritorna il numero di processi a quel momento in coda sull'*entry*
  - Sia per il *server* che per la risorsa protetta
- Per questo motivo, anche l'accodamento di chiamata richiede "*write lock*" sulla risorsa!
- L'uso dell'attributo `'Count` nell'espressione Booleana di una guardia ne comporta l'obbligo di rivalutazione a ogni nuovo accodamento di chiamata

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Controllo d'accodamento – 2

Esempio: visita a una mostra con ingresso vincolato a gruppi di N

```
protected Guardian is
 entry Let_In;
private
 Open : Boolean := False;
end Guardian;
protected body Guardian is
 entry Let_In when Let_In'Count = N or Open is
 begin
  if Let_In'Count = 0 then
   Open := False;
  else
   Open := True;
  end if;
 end Let_In;
end Guardian;
```

L'N-esimo chiamante troverà la guardia chiusa, ma il suo accodamento causerà la modifica di **'Count**, ciò comportando una nuova valutazione della guardia, ora divenuta aperta. La 1a chiamata accodata modificherà **Open** così che la guardia resti aperta fino a che sia stato rilasciata la 5a chiamata accodata, la quale chiuderà di nuovo la guardia

Vediamone l'esecuzione …

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Controllo d'accodamento – 3

- L'attributo `'Count` fornisce grande potenza espressiva
- È bene però sapere che usarlo nell'espressione di una guardia può causarne ≥2 valutazioni senza soluzione di continuità
  - Alla chiamata del punto d'accesso
  - Al possibile accodamento della richiesta in presenza di guardia chiusa
    - A ogni chiamata nel caso dell'esempio di pagina 14!

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Restrizioni d'uso – 1

- Sul piano metodologico l'esecuzione entro una RP dovrebbe essere il più breve possibile
  - Anche quelle all'interno di una sincronizzazione tra cliente e servente
- Per limitarne la durata, si considerano erronee le azioni potenzialmente bloccanti effettuate entro azioni protette
  - Vogliamo proteggere la logica implicita del modello
  - Nel caso del *server*, la protezione è a carico del programmatore

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Restrizioni d'uso – 2

- La rilevazione di situazioni erronee comporta il completamento forzato del programma con eccezione `Program_Error`
- In caso di mancata rilevazione, il programma può entrare in stato di stallo
- Sono potenzialmente bloccanti
  - Comandi `select`, `accept`, `entry` *call*, `delay` [`until`], `new`
  - Transitivamente, qualunque chiamata a sottoprogramma che sia al suo interno potenzialmente bloccante

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Elaborazione e finalizzazione

- L'elaborazione di una risorsa protetta avviene quando il suo ambito (*scope*) la richiede
  - Quando ne dichiara un'istanza
- La sua finalizzazione però non può avvenire fin quando vi siano chiamate accodate sui suoi punti d'accesso
  - Ciò richiede che i corrispondenti processi vengano brutalmente completati con l'eccezione `Program_Error`

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 1

- **Il vincolo di mutua esclusione può essere troppo rigido per problemi che richiedano ordinamento preferenziale dei servizi**
  - **Scritture, che richiedono "*write lock*" e necessitano di mutua esclusione, potrebbero talora essere preferibili a letture, che, se realizzate come funzione, richiederebbero solo "*read lock*" e potrebbero essere servite in parallelo**
  - **L'esecuzione di scritture e letture potrebbe essere bloccante e quindi non effettuabile entro risorsa protetta**
    - Per esempio su un dispositivo *hardware* esterno
- **In questi casi la RP aiuta a realizzare protocolli d'accesso ai servizi piuttosto che i servizi veri e propri**

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 2

```
protected Access_Control is
 entry Start_Read;
 procedure Stop_Read;
 entry Request_Write;
 entry Start_Write;
 procedure Stop_Write;
private
 Readers : Natural:= 0;
 Writers : Boolean := False;
end Access_Control;
```

```
procedure Read (I : out Item) is
begin
 Access_Control.Start_Read;
 … -- actual read
 Access_Control.Stop_Read;
end Read;
```

```
procedure Write(I : in Item) is
begin
 Access_Control.Request_Write;
 Access_Control.Start_Write;
 … -- actual write
 Access_Control.Stop_Write;
end Write;
```

```
protected body Access_Control is
 entry Start_Read when not Writers and
   Request_WriteCount = 0 is
 begin
  Readers := Readers + 1;
 end Start_Read;
 procedure Stop_Read is
 begin
  Readers := Readers – 1;
 end Stop_Read;
 entry Request_Write when not Writers is
 begin
  Writers := True;
 end Request_Write;
 entry Start_Write when Readers = 0 is
 begin
  null; -- just protocol,  no action!
 end Start_Write;
 procedure Stop_Write is
 begin
  Writers := False;
 end Stop_Write;
end Access_Control;
```

Preferenza a scrittura

Mutua esclusione con scritture e letture

Università degli Studi di Padova

Risorse protette

Stati d'esecuzione di processo