



Risorse protette

SCD

Anno accademico 2013/14
Sistemi Concorrenti e Distribuiti

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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

1/24



Risorse protette

Limiti del modello base

- ❑ È desiderabile poter combinare *exclusion synchronization* e *avoidance synchronization* in una singola astrazione
 - Senza dover impiegare un *server*
 - Senza perdere potenza espressiva
- ❑ Modelli di riferimento sono il *monitor* di Hoare e le regioni critiche condizionali di Brinch Hansen
 - 1972, Per Brinch Hansen, "Structured Multiprogramming", CACM vol. 15(7), pp. 574-578

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

2/24



Risorse protette

Mutua esclusione – 1

- ❑ Requisiti
 1. Accesso in scrittura in mutua esclusione
 2. Accesso in sola lettura potenzialmente concorrente
 3. Chiara distinzione tra operazioni R/O e 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;
    
```

Lectture concorrenti

Scrittura in mutua esclusione

```

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;
    
```

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

3/24



Risorse protette

Mutua esclusione – 2

- ❑ Vantaggi rispetto all'impiego di un *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 ambiente (*scope*) cessa di esistere
 - L'onere di esecuzione è tutto e solo a carico dei processi cliente
- ❑ Potenziali controindicazioni
 - Limitazioni nella logica dell'agente di controllo

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

4/24

Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 1

□ Requisiti

- Un processo può sincronizzarsi con una “condizione”
 - Condizione = stato logico di risorsa
- Il processo si sospende finché la condizione si verifichi

□ Possibile soluzione

- Punto di accesso (*entry*) offerto da una risorsa protetta sul quale applica una guardia Booleana
 - La guardia opera 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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

5/24

Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 2

Il modello a “guscio d'uovo”

(1) All'esterno, in attesa di accesso

(2) All'interno, in attesa su una guardia

(3) All'interno, in esecuzione sotto mutua esclusione

□ 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)

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

6/24

Risorse protette

Esempio: *bounded buffer* – 1

```

Buffer_Size : constant Positive := 5;
type Index is mod Buffer_Size; -- tipo 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;

```

} Parte pubblica

} Parte privata

} Specifica

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

7/24

Risorse protette

Esempio: *bounded buffer* – 2

```

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; -- free from 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; -- free from overflow
    Buffer(Last) := Item;
    In_Buffer := In_Buffer + 1;
  end Put;
end Bounded_Buffer;

```

} Guardie

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

8/24



Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 3

- ❑ Un processo cliente può limitare il tempo d'attesa su un punto d'accesso di RP usando il costrutto `select`
- ❑ Un punto d'accesso di RP può essere
 - Aperto, se la sua guardia, quando valutata, vale vero
 - Chiuso, se la sua guardia, quando valutata, vale falso
- ❑ Una guardia di punto d'accesso di RP va rivalutata
 - A ogni richiesta d'accesso la cui guardia abbia una componente che possa essere cambiata dall'ultima valutazione
 - A ogni completamento d'esecuzione R/W entro la RP, quando vi siano processi accodati su una guardia le cui componenti potrebbero essere cambiate dall'ultima valutazione



Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

9/24



Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 4

- ❑ Una RP è "in uso R/O" (*read lock*) quando più processi eseguono una sua funzione
- ❑ La RP è "in uso R/W" (*write lock*) quando un processo sta eseguendo una sua procedura o *entry*
- ❑ In entrambi i casi ogni altra chiamata viene trattenuta all'esterno della RP

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

10/24



Risorse protette

Sincronizzazione condizionale – 5

- ❑ Un processo in possesso R/W di una RP può chiamare altri servizi della stessa RP
 - Che verranno eseguiti immediatamente senza "uscire dal guscio"
- ❑ Ciò non può avvenire per le chiamate indirette effettuate da procedure esterne alla RP chiamate dall'interno di essa
 - Situazione erronea che comporta rischio di stallo

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

11/24



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 o *entry*, la chiamata viene differita fin quando vi siano processi attivi all'interno di RP
3. Se RP è sotto "*write lock*", qualunque chiamata viene differita fin quando vi siano processi attivi all'interno di RP con 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 o *entry*, RP assume un "*write lock*" e si passa al punto 7
7. Se RP non è in uso e la chiamata è a procedura, questa viene eseguita e si passa al punto 10, altrimenti si passa al punto 8
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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

12/24



Risorse protette

Protocollo d'accesso – 2

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*); poi 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; 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 "*write 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**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

13/24



Risorse protette

Protocollo d'accesso – 3

- ❑ **L'aspetto più delicato riguarda la valutazione delle guardie (10.)**
 - Dopo l'esecuzione di *procedure/entry* e al punto di chiamata (8.)
- ❑ **Per ogni guardia aperta si esegue il corpo dell'*entry* corrispondente**
 - Il protocollo non prescrive quale processo debba farsene carico
 - Il processo chiamante oppure quello che ha aperto la guardia
 - Rischio di incongruenza? Onere computazionale?
- ❑ **Le clausole temporali di selezione poste dal chiamante sono valutate solo a partire da quando la chiamata viene accodata**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

14/24



Risorse protette

Controllo d'accodamento – 1

- ❑ **Ogni punto d'accesso a canale tipato (di processo e di RP) possiede un attributo predefinito 'Count'**
 - Funzione che ritorna il numero di processi in 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 di una guardia ne causa la rivalutazione a ogni nuovo accodamento di chiamata**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

15/24



Risorse protette

Controllo d'accodamento – 2

Esempio: visita a una mostra con ingresso 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 comporta una nuova valutazione della guardia, ora divenuta aperta
- La I chiamata accodata modificherà Open così che la guardia resti aperta fino a che sia stata rilasciata la V chiamata accodata
- Quest'ultima chiuderà di nuovo la guardia

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

16/24



Risorse protette

Controllo d'accodamento – 3

- ❑ L'attributo `'Count` consente grande potenza espressiva
- ❑ Ma usarlo nell'espressione di guardia può causarne valutazioni multiple
 - Alla chiamata del punto d'accesso
 - Al riaccodamento della richiesta con guardia chiusa
 - A ogni chiamata di `Let_In` nel caso dell'esempio!



Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova17/24



Risorse protette

Restrizioni d'uso – 1

- ❑ L'esecuzione entro una RP dovrebbe essere il più breve possibile
 - Così come nella sincronizzazione tra cliente e servernte
- ❑ Per questo consideriamo erronee le azioni **potenzialmente bloccanti** effettuate entro azioni protette
 - Vogliamo proteggere la logica implicita del modello
 - Nel caso del `server` la protezione sta al programmatore (!)

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova18/24



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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova19/24



Risorse protette

Elaborazione e finalizzazione

- ❑ L'elaborazione di una RP avviene quando si incontra la sua dichiarazione in una regione dichiarativa
 - Allocandone 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`

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova20/24



Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 1

- ❑ Per servizi che richiedono ordinamento preferenziale il vincolo di mutua esclusione non è sufficientemente espressivo
 - Esempio: preferire le scritture ("write lock") alle letture ("read lock")
- ❑ In presenza di dispositivi le cui letture e scritture siano operazioni bloccanti
 - La RP non li può incapsulare ma aiuta a realizzare efficaci protocolli d'accesso a essi

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

21/24



Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 2

```
protected Access_Control is
entry Start_Read;
procedure Stop_Read;
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.Start_Write;
  ... -- actual write
  Access_Control.Stop_Write;
end Write;
```

```
protected body Access_Control is
entry Start_Read when not Writers and
  Start_WriteCount = 0 is
begin
  Readers := Readers + 1;
end Start_Read;

procedure Stop_Read is
begin
  Readers := Readers - 1;
end Stop_Read;

entry Start_Write when not Writers and
  Readers = 0 is
begin
  Writers := True;
end Start_Write;

procedure Stop_Write is
begin
  Writers := False;
end Stop_Write;
end Access_Control;
```

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

22/24



Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 3

- ❑ Il protocollo d'accesso dell'esempio consente
 - Scritture in mutua esclusione (guardia G2)
 - Come se fossero incapsulate all'interno di una RP
 - Preferenza a scritture su letture (guardia G1)
- ❑ Attenzione: quando la risorsa è esterna alla RP si corre rischio di stallo (!)
 - La terminazione erronea di un lettore o scrittore impedisce il rilascio della RP e blocca il protocollo

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

23/24



Risorse protette

Stati d'esecuzione di processo

```

graph TD
  InAttivazione[In attivazione] --> InEsecuzione[In esecuzione]
  InEsecuzione --> Completato[Completato]
  InEsecuzione --> AttivazioneFigli[Attivazione figli]
  InEsecuzione --> TerminazioneDipendenti[Terminazione dipendenti]
  InEsecuzione --> Sospensione[Sospensione temporanea]
  InEsecuzione --> ConTimeOut[Con time-out]
  InEsecuzione --> AccodamentoCliente[Accodamento presso punto d'accesso (cliente)]
  InEsecuzione --> AttesaServente[Attesa di richiesta d'accesso (servente)]
  InEsecuzione --> AccodamentoProtetto[Accodamento presso punto d'accesso protetto]
  InEsecuzione --> AttesaSelettiva[Attesa selettiva]
  ConTimeOut --> AccodamentoCliente
  ConTimeOut --> AttesaServente
  
```

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

24/24