



Risorse protette



Anno accademico 2016/17
Sistemi Concorrenti e Distribuiti

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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
1/24



Risorse protette

Exclusion synchronization – 1

Requisiti

1. Accesso in scrittura in mutua esclusione
2. Accesso in sola lettura potenzialmente concorrente
3. 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;
```

```
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;
```

Lettura concorrenti

Scrittura in mutua esclusione

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
3/24



Risorse protette

Limiti del modello base

Per supportare protocolli di condivisione avanzati è desiderabile combinare *exclusion synchronization* e *avoidance synchronization* nella stessa astrazione

- Senza dover impiegare un *server* (e comunicazione sincrona)
- Garantendo adeguata potenza espressiva

I modelli di riferimento virtuosi sono il *monitor* di Hoare e le regioni critiche condizionali di Brinch Hansen (inventore di concurrent Pascal, 1975)

- 1972, Per Brinch Hansen, "Structured Multiprogramming", CACM vol. 15(7), pp. 574-578

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
2/24



Risorse protette

Exclusion synchronization – 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 (sincrono) 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 nell'espressività del protocollo di accesso

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova
4/24



Risorse protette

Avoidance synchronization – 1

□ Requisiti

- Sincronizzarsi con una "condizione" rappresentata dallo stato logico della risorsa condivisa
- Il chiamante si sospende finché la condizione si verifichi

□ Soluzione migliorativa

- La RP offre un punto di accesso (*entry*) sul quale una guardia Booleana può agire come preconditione
- L'accodamento su guardia chiusa avviene all'interno della risorsa protetta e non fuori di essa
 - L'attesa sulla preconditione non comporta rischio di *starvation*
 - *Fairness* garantita da politica FIFO sull'accordamento

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

5/24



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

Avoidance synchronization – 2

I tre stati del modello a "guscio d'uovo"



□ Due stati "interni"

- Esecuzione in mutua esclusione (stato: 3)
- Attesa su guardia Booleana di preconditione 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 – 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

Avoidance synchronization – 3

- ❑ Un chiamante 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 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

Avoidance synchronization – 5

- ❑ Un processo in possesso RW di una RP può chiamare altri servizi della stessa RP
 - Essi verranno eseguiti **immediatamente** senza "uscire dal guscio" cioè senza contendere per l'accesso esclusivo
- ❑ Ciò **non** avviene per le chiamate indirette effettuate da procedure esterne alla RP chiamate dall'interno di essa
 - Violazione di *encapsulation* che comporta rischio di stallo

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

11/24



Risorse protette

Avoidance synchronization – 4

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

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

10/24



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

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 chiamate attualmente accodate sull'*entry***
 - **Vale anche per il *server***
- ❑ **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 esito di valutazione di chiamata**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

15/24



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 – 2

Esempio: barriera con uscita 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

Esercizio

- ❑ **Estendere la logica dell'esempio precedente per assicurare che non più di N visitatori siano contemporaneamente presenti all'interno di un dato locale (una mostra)**

- ❑ **Ovviamente «i locali della mostra» corrisponderanno a una sorta di risorsa protetta ...**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

17/24



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 Padova

19/24



Risorse protette

Restrizioni d'uso – 1

- ❑ **L'esecuzione entro una RP dovrebbe essere il più breve possibile**
 - Così come nella sincronizzazione tra cliente e servente

- ❑ **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 Padova

18/24



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 Padova

20/24



Risorse protette

Ordinamento preferenziale – 1

- ❑ **Per erogare ordinamento preferenziale (OP) serve più della sola mutua esclusione**
 - P.es.: per smaltire richieste di scrittura in preferenza a quelle di lettura
- ❑ **La RP non può erogare servizi che comportino la sospensione del chiamante**
 - Come è tipico di alcune risorse fisiche remote (disco)
- ❑ **Ma la RP aiuta a realizzare efficaci protocolli d'accesso (anche con OP)**

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

21/24



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 fisica utilizzata è esterna alla RP si corre rischio di stallo**



 - La terminazione erronea di operazioni sulla risorsa fisica può impedire il rilascio della RP e bloccarne l'accesso

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

23/24



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 (suspensive)
Access_Control.Stop_Read;
end Read;

procedure Write(I : in Item) is
begin
Access_Control.Start_Write;
... -- actual write (suspensive)
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

Stati d'esecuzione di processo

Laurea Magistrale in Informatica, Università di Padova

24/24