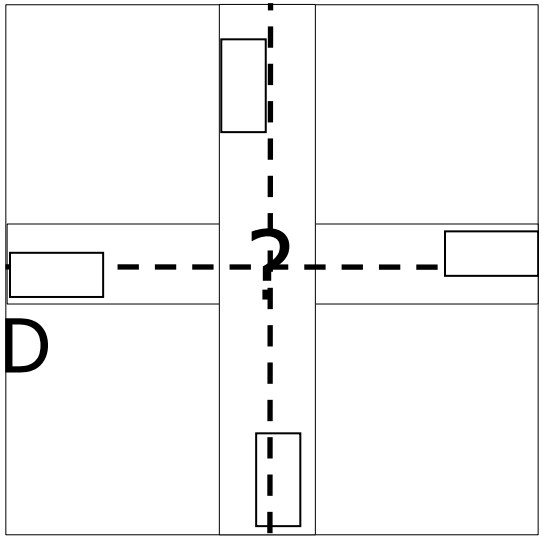
Indice

- Deadlock
- Primitive modello a scambio di messaggi
- Costrutti linguistici e topologie di comunicazione

Deadlock

- In molte applicazioni un processo necessita di usare alcune risorse in modo esclusivo
- Si ha deadlock quando due processi detengono ciascuno una risorsa che serve all'altro per proseguire
- Quando due o più processi entrano nello stato di deadlock rimangono bloccati per sempre

Esempi di deadlock: Alto livello



- Azienda specializzata nel produrre mappe demografiche
- Le informazioni risiedono su un DVD contenente censimenti ed altri dati
- Elaborazione su rete locale
- La stampa avviene su un plotter a colori A0
- Due processi (diversi) A e B :
  - A chiede l'accesso all' unita' DVD → lo ottiene
  - B chiede l'accesso al plotter → lo ottiene
  - A chiede l'accesso al plotter → si blocca
  - B chiede l'accesso all'unita' DVD → si blocca

Esempio di deadlock: Programmazione

- Due processi A, B
- Due risorse R1, R2
  protette da semafori S1, S2 ($S1_0=S2_0=1$)

Dipende dalla velocità di esecuzione relativa!

Processo A

```
…
Wait(S1)
<SC – R1>
Wait(S2)
<SC – R1+R2>
Signal(S2)
Signal(S1)
```

Processo B

```
…
Wait(S2)
<SC- R2>
Wait(S1)
<SC – R2+R1>
Signal(S1)
Signal(S2)
```

Definizione formale

- Un insieme S di processi è in deadlock se ogni processo di S è in attesa di un evento che solo un altro processo $\in$ S può causare
  - Tutti sono in attesa ➔ Nessuno può provocare l'evento che risveglia un altro processo
  - Generalmente l'evento è il rilascio di una risorsa posseduta da un'altro membro dell'insieme
  - Il numero dei processi e di risorse coinvolte non ha importanza

Condizioni per il deadlock

Coffman *et al.* (1971) hanno dimostrato che è necessario che si verifichino quattro condizioni perché vi sia deadlock:

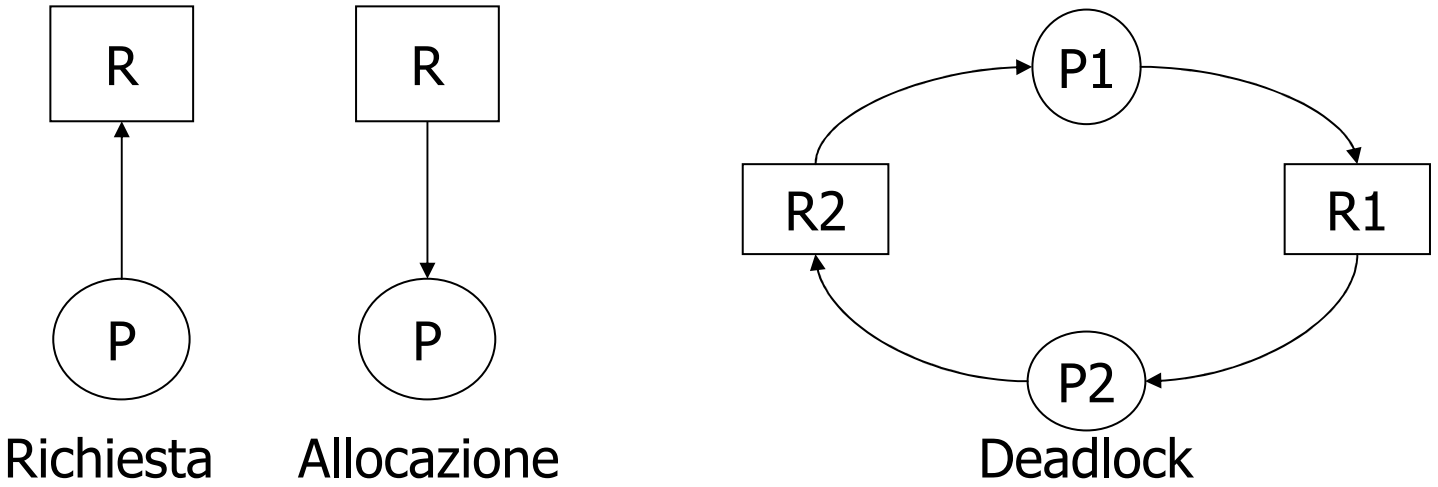
1. ***Mutua Esclusione***. Ogni risorsa risulta assegnata esattamente ad un processo oppure e' disponibile.
2. ***Prendi e Aspetta***. I processi che detengono risorse assegnategli in precedenza possono richiederne di nuove.
3. ***Assenza di Prerilascio***. Le risorse precedentemente assegnate non possono essere revocate forzatamente.
4. ***Attesa circolare***. Ci deve essere una lista circolare di almeno due processi ognuno dei quali e' in attesa di una risorsa posseduta dal processo che segue nella lista.

Strategie per evitare il deadlock

- Ignorare il problema
  - Algoritmo dello struzzo …
  - Anche UNIX soffre di deadlock
    ES: tabella dei processi
    Tabella piena → *fork*() fallisce e riprova dopo un T Casuale
    100 entry, 10 proc ciascuno crea 12 sotto-processi
    Quando ogni proc iniziale ha creato 9 proc→ deadlock
  - Meglio accettare deadlock occasionali piuttosto che dover utilizzare una sola risorsa alla volta
  - Compromesso utilità correttezza
    eliminare deadlock e' costoso

Strategie per evitare il deadlock

- Individuare il deadlock e risolverlo
  - Periodicamente si controlla il *grafo di allocazione delle risorse*
  - Se c'è un ciclo (deadlock) si terminano processi a caso nel ciclo fino ad interromperlo



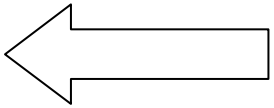
Richiesta Allocazione Deadlock

Strategie per evitare il deadlock

- Prevenzione dinamica:
  allocazione attenta delle risorse
  - Vincolare i processi in modo che
    il deadlock risulti strutturalmente impossibile
  - Es: algoritmo del banchiere
    Il banchiere (SO) non soddisfa
    le richieste di credito (risorse) dei clienti (processi)
    che possono portare a stati di deadlock
- Prevenzione Strutturale:
  negare una delle 4 condizioni precedenti

Strumenti di Programmazione (Lez. Prec.)

- Indipendenti dal linguaggio
  Es: Threads (flussi di controllo indipendenti in un processo)
- Specifici del linguaggio
  Es: Java (Monitor e Semafori)

- Ambiente Globale
  - Monitor (Brinch Hansen, Hoare 1973)
  - Semafori e Primitive di sincronizzazione (Dijkstra, 1965)
  - Altri strumenti
- Scambio di Messaggi 
  - Send(m), Receive(m)

Struttura di un messaggio

- Un msg si può pensare costituito cosí:

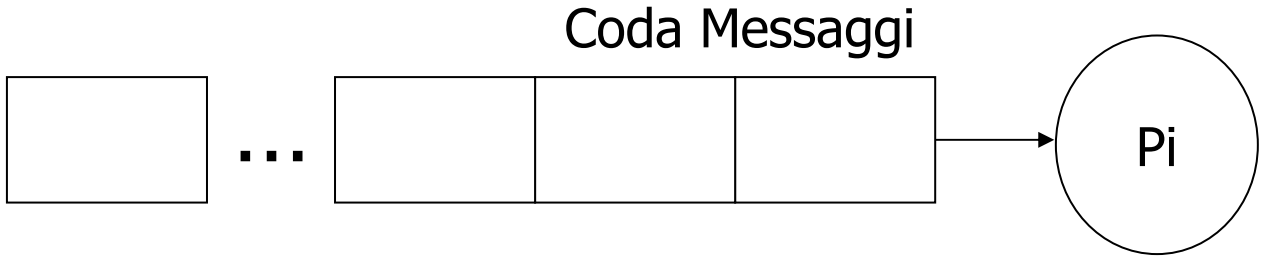
```
Type messaggio
  Origine:        …;
  Destinazione:   …;
  Contenuto:      …;
end
```

- Contenuto può essere vuoto: sincronizzazione

Primitive del modello a scambio di messaggi

Nel caso più semplice si può supporre che

- $\forall$ processo $\exists$ una coda per i messaggi in arrivo
- Primitive di comunicazione utilizzate:
  - ***Send*** (m):
    inserisce il messaggio nella coda del destinatario
  - ***Receive*** (m):
    preleva il messaggio dalla coda del processo corrente



Scambio di messaggi

- Con lo scambio di messaggi si realizza:
  - *Comunicazione:*
    Un processo attraverso la ricezione di un messaggio ottiene valori da un processo mittente
  - *Sincronizzazione:*
    Un messaggio può essere ricevuto solo dopo essere stato trasmesso (Questa relazione di causa-effetto vincola l'ordine in cui i due eventi possono avvenire)
- La mutua esclusione non è più un problema: nel modello ad ambiente locale ogni risorsa è privata viene acceduta serialmente (tipo monitor)

Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale:
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale:
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

Primitive con Designazione Esplicita

Send <expression_list> **to** <dest_designator>

- Valutazione <expression_list> $\rightarrow$ contenuto del messaggio
- <dest_designator> indica la destinazione del messaggio

Receive <var_list> **from** <source_designator>

- <var_list> riceve i valori contenuti nel messaggio
- <source_designator> indica l'origine dei messaggio
- L'istanza del messaggio viene distrutta

Direct Naming (Designazione Esplicita)

- La coppia (<dest_designator>, <source_designator>) definisce un *canale di comunicazione*
- Schema simmetrico: i processi si nominano esplicitamente (direct naming) e reciprocamente

- Esempio:

  P1: ***Send*** msg ***to*** P2

  P1 invia un messaggio che può essere ricevuto solo da P2

  P2: ***Receive*** msg ***from*** P1

  P2 riceve un messaggio che è stato inviato da P1

Direct Naming (Designazione Esplicita)

- Semplice da implementare e utilizzare: Controllo selettivo degli intervalli di tempo di ricezione
- Utilizzato nei modelli del tipo pipeline: P1|P2|…|Pn
  - Collezione di processi concorrenti in cui l'*output* di un processo è l'*input* di un altro
  - Sistema concepito in termini di flusso di informazione

Direct Naming - Esempio

Elaborazione batch mediante scambio di messaggi

Esempio di sistema a paradigma *Pipeline*

Process reader

```
var card: CardImage;
Loop
  <read card from cardreader>
  Send card to executer
end
end;
```

var tipo

Process executer

```
var card: CardImage;
var line: LineImage;
Loop
  Receive card from cardreader
  <process card and gen line>
  Send line to printer
end
end;
```

Process printer

```
var line: LineImage;
Loop
  Receive Line from execute
  <print line on line printer>
end
end;
```

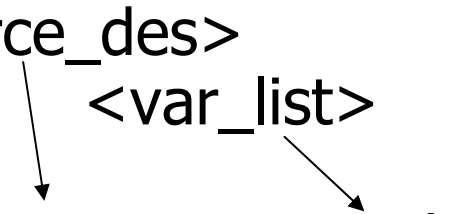

Flusso dell'Informazione

Esempio piu attuale: shell

Produttore-Consumatore con Scambio Messaggi Esplicito

Produttore

```
Begin
  repeat
     Receive (Consumatore, Trigger)
     <Produzione Msg>
     Send (Consumatore, Msg)
  forever
end
```



Consumatore

```
Begin
  for i=0 to N
     Send (Produttore, Trigger)
  end for
  repeat
     Receive (Produttore, Msg)
     <Consumazione Msg>
     Send (Produttore, Trigger)
  forever
end
```

Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale:
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

Direct Naming
Schema asimmetrico

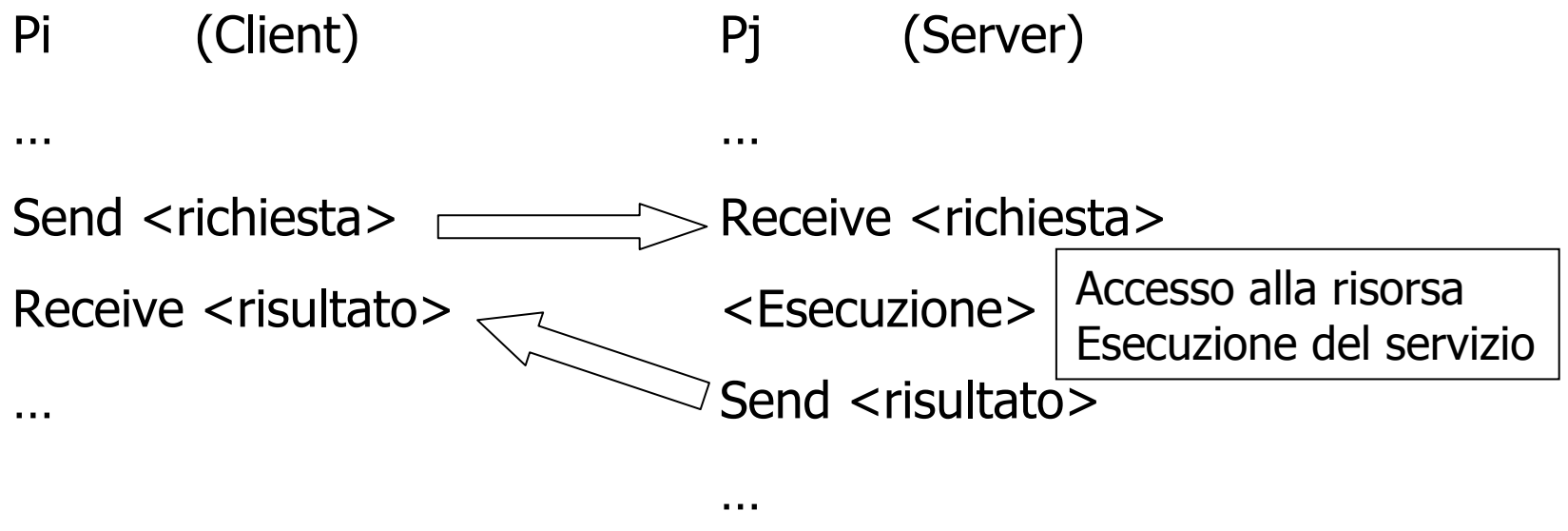
- Il mittente nomina esplicitamente il destinatario
- Il destinatario **non** esprime
  il nome del processo con cui desidera comunicare
  Notazione:

Send <msg> ***to*** Pi	Oppure	**Send** (Pi, Msg)
PId := ***Receive*** <msg>		**Receive** (PId, Msg)

- PId riceve, nel destinatario,
  l'identità del mittente per una eventuale risposta
- Questo schema facilita l'implementazione del
  paradigma client-server (Es: browser e server web)

Modello Client-Server

- Uso di un server processo come
  - Gestore di risorse non possedute dal client: spooler
  - Fornitore di servizi non erogabili dal client: google
- Client e server possono risiedere su macchine remote



Modello Client-Server

- Schema *da-molti-a-uno*
  Es: DBMS, browser e server web (primo aspetto)
  - I client specificano il destinatario delle loro richieste
  - Il server è pronto a ricevere richieste da un qualunque client

- Schema *da-uno-a-molti* o *da-molti-a-molti*
  Es: browser e server web (2° aspetto della topologia)
  - I client inviano richieste ad un qualunque server tra un set di server equivalenti
  - Richiede *designazione indiretta* o *globale* (MailBox)

Modello Client-Server e Naming

- Direct naming NON é adatto per realizzare sistemi client server
- *Many-to-one:* la ***Receive*** sul server dovrebbe poter ricevere messaggi trasmessi da un qualsiasi cliente
  - Con designazione esplicita simmetrica occorrerebbe almeno una ***Receive*** per cliente
- *Many-to-many:* la ***Send*** di un client dovrebbe poter produrre messaggi ricevibile da uno qualsiasi dei server
  - Con designazione esplicita simmetrica occorrerebbe almeno una ***Send*** per server

Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale:
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

Designazione Globale

- Una MailBox puo' essere <dest_designator> o <source_designator> nelle istruzioni di ***Send*** e ***Receive*** di un qualunque processo

- I messaggi inviati ad una specifica MailBox possono essere ricevuti da un qualsiasi processo che effettui una ***Receive*** designando tale MailBox

Designazione Globale

- Notazione

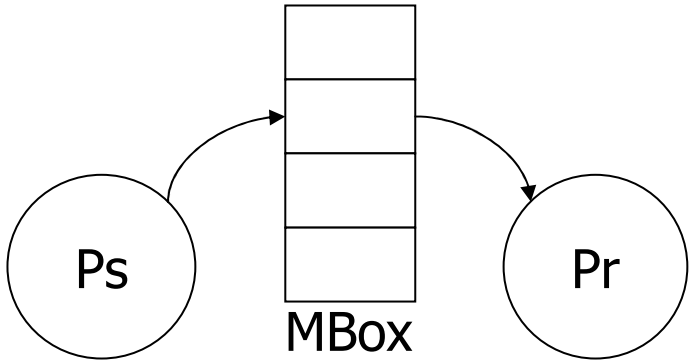
  Send msg ***to*** A_mbox

  PId := ***Receive*** message ***from*** A_mbox

  oppure

  Send (A_mbox, msg)

  Receive (A_mbox, msg)



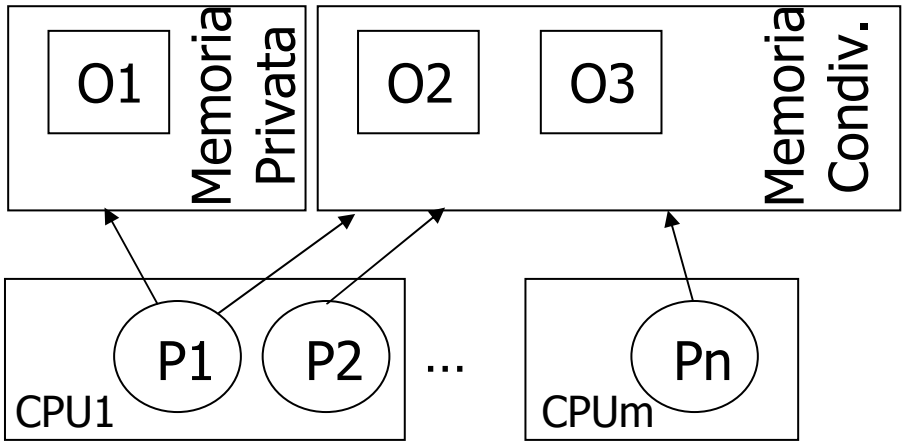
- I processi possono selezionare i tipi di messaggio che desiderano ricevere effettuando ***Receive*** sulle mailbox opportune

Uso delle MailBox

- Consente in modo immediato
  di programmare interazioni client-server
  anche nel caso *da-molti-a-molti*
- I client eseguono una ***Send*** sulla mailbox
  associata al servizio, i server una ***Receive***
- Analogia con il caso della mailbox in ambiente
  a memoria comune in cui non e' specificata
  l'identità del particolare server …

Modello ad ambiente globale (Lezione Precedente)

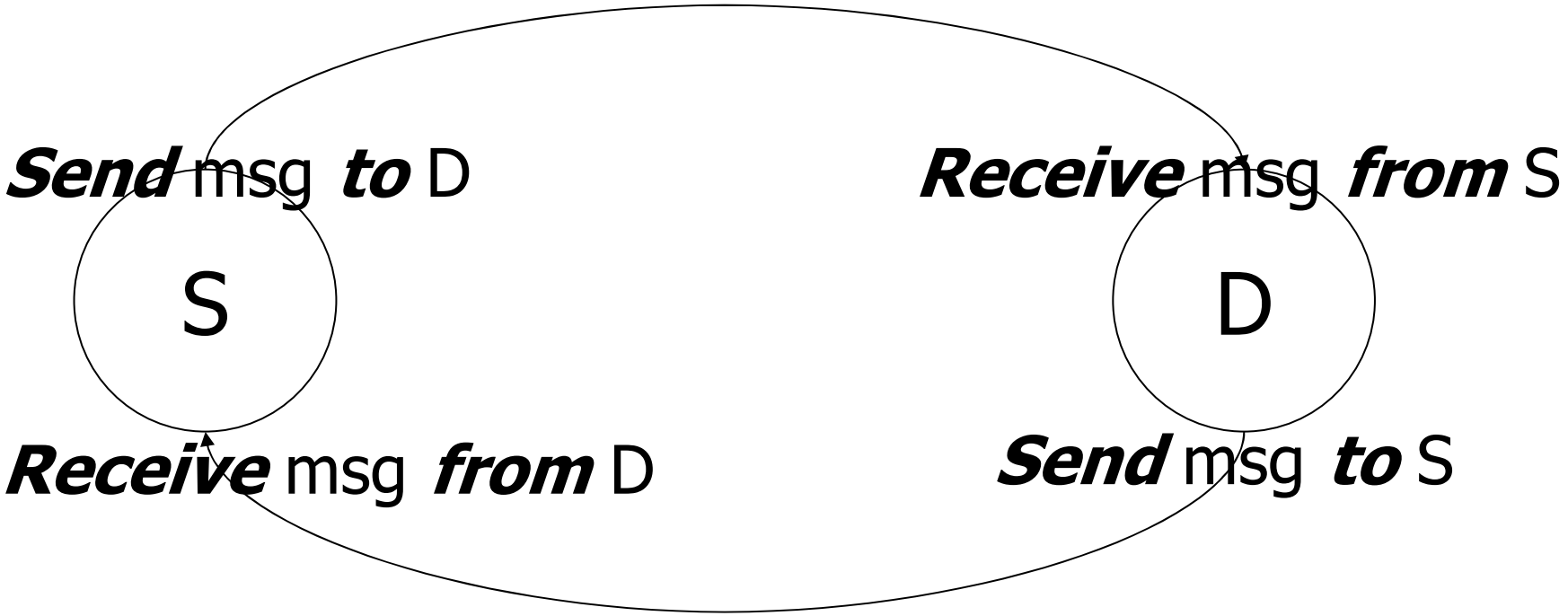
- Astrazione per *Sistemi Multiprogrammati*
- Costituiti da uno o più processori che hanno accesso ad una memoria comune
- Interazioni in memoria condivisa



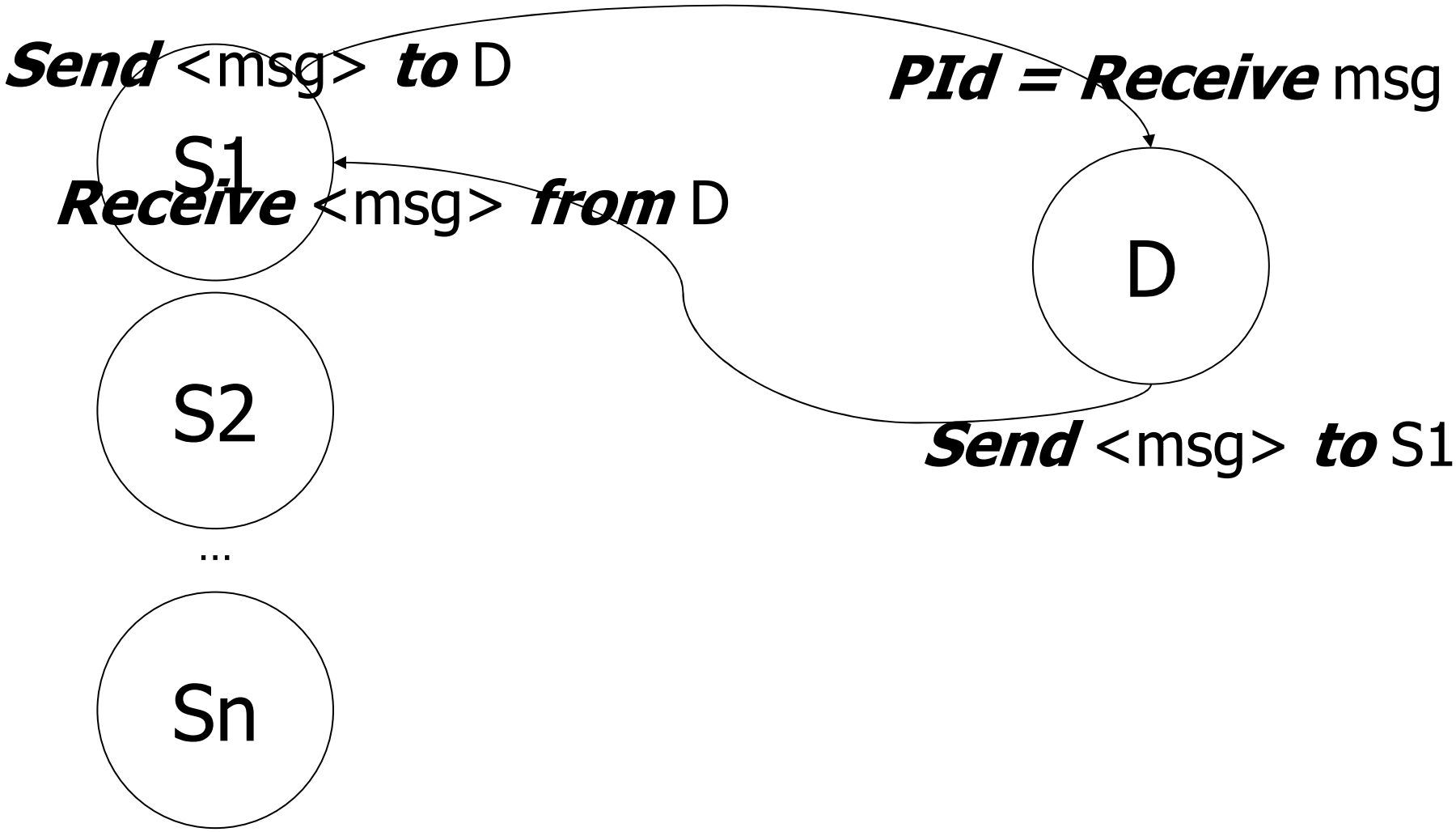
Uso delle Mailbox

- L'implementazione di una mailbox in ambiente distribuito presenta problemi di natura realizzativa
- Il supporto run-time del linguaggio deve garantire che:
  - Un messaggio di richiesta indirizzato ad una mailbox sia inviato a tutti i processi che possono eseguire la ***Receive*** su di essa
  - Non appena il messaggio e' ricevuto da un processo, esso non e' piu' disponibile per gli altri

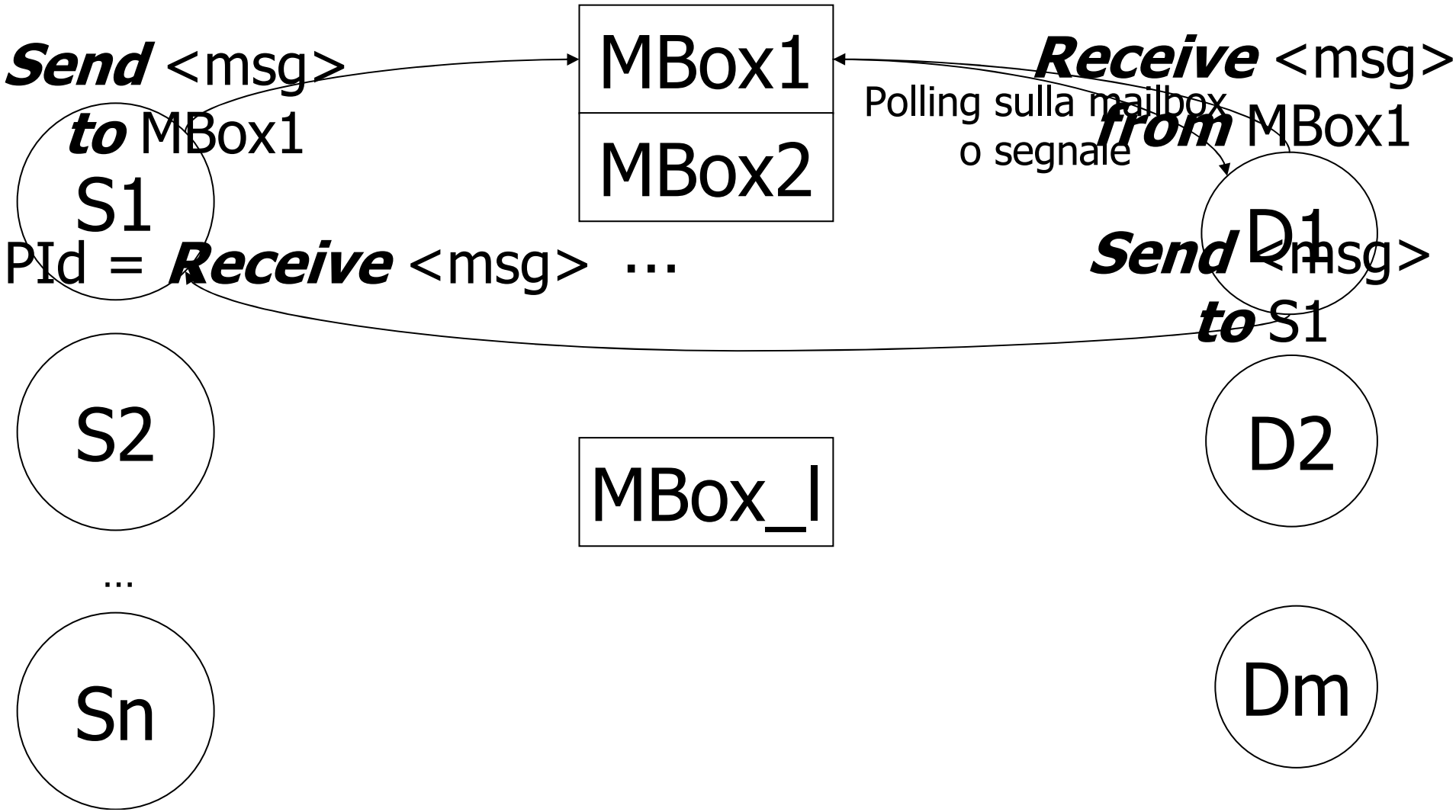
Direct Naming Simmetrico: Topologia



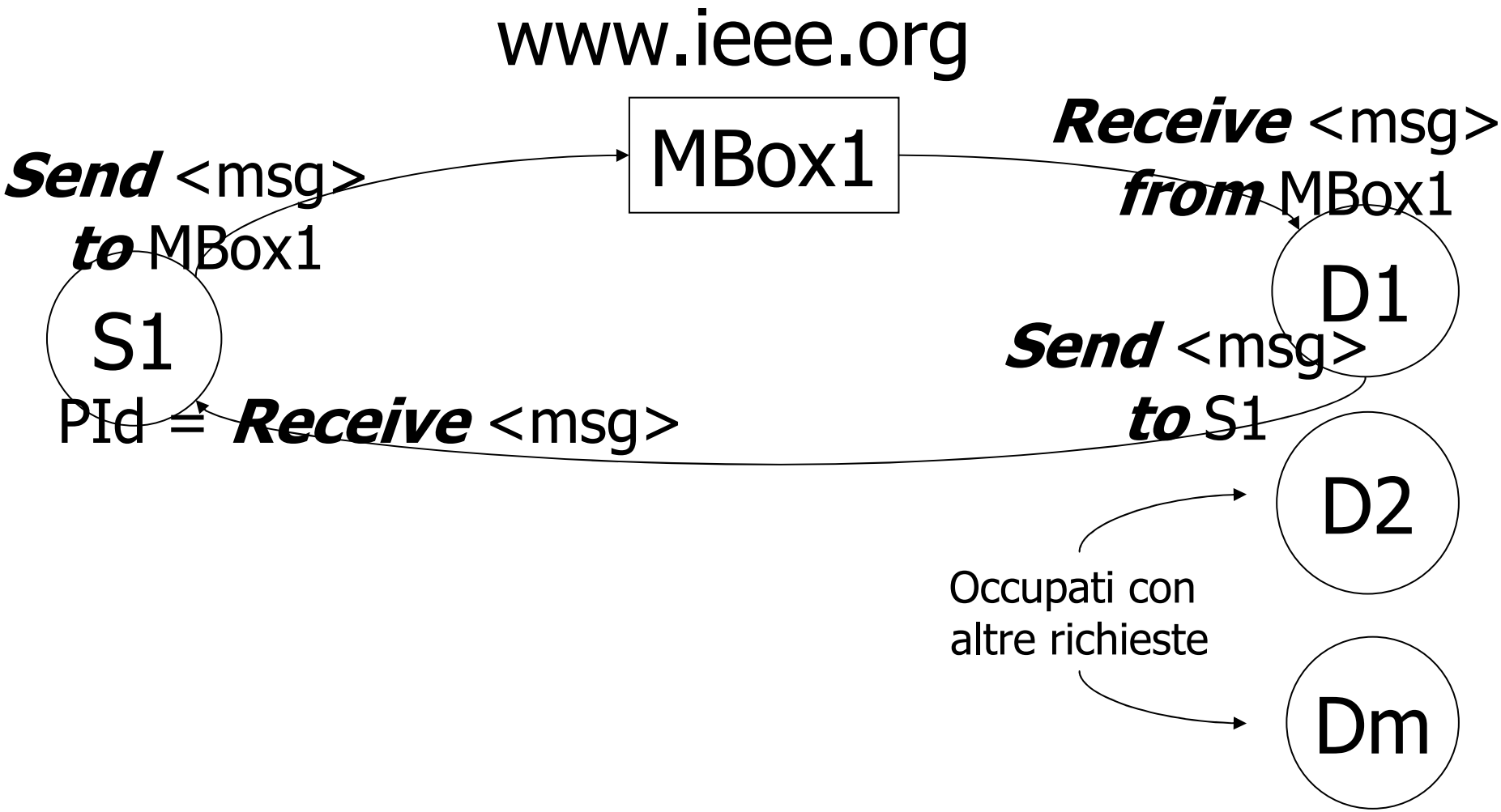
Direct Naming Asimmetrico: Topologia



Global Naming: Topologia



Global Naming: Topologia



Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

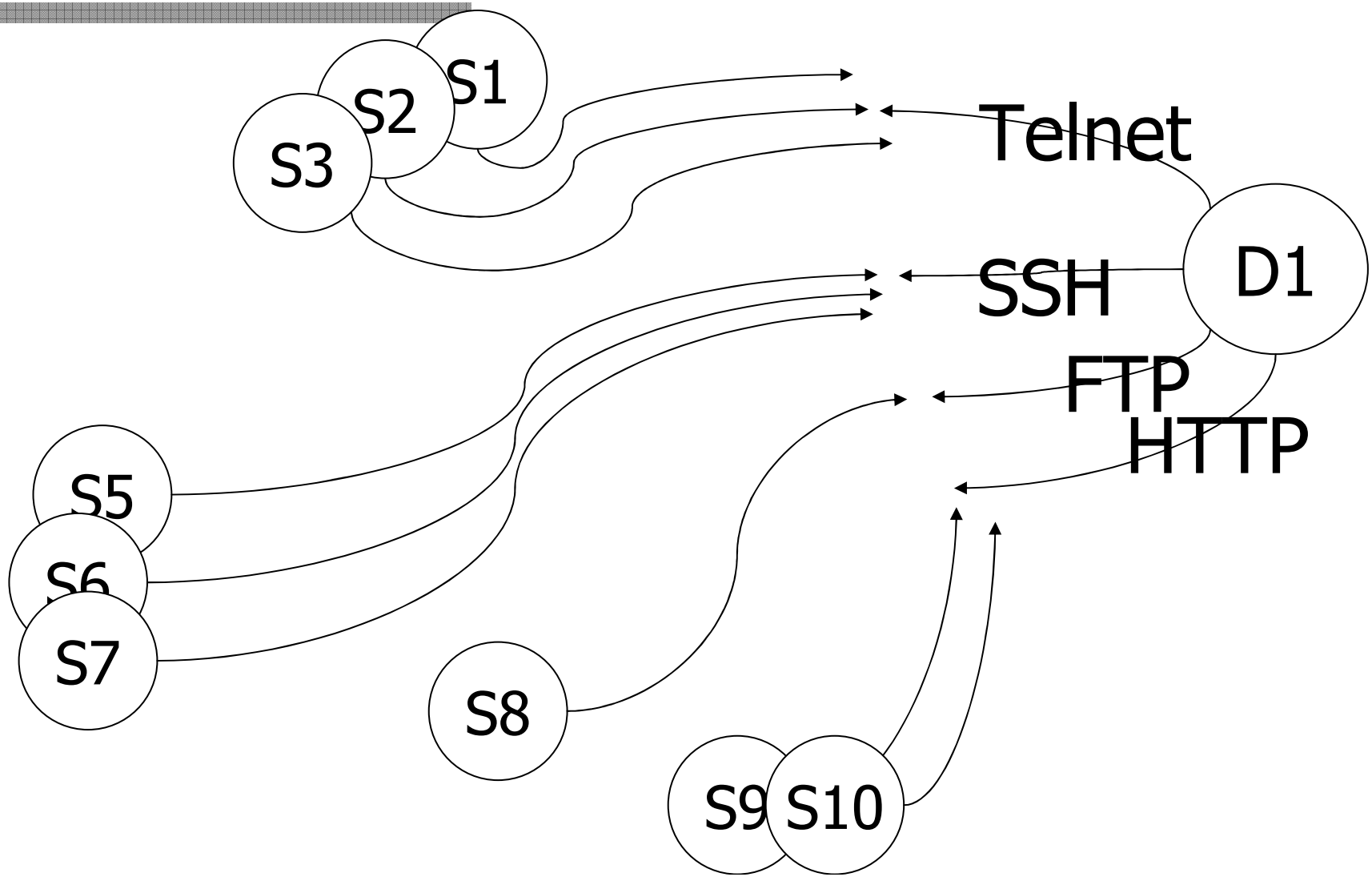
Porte

- Sono mailbox il cui nome può comparire solamente come <source_designator> in uno statement di ***Receive***
- Realizzazione piu' semplice delle mailbox: tutte le ***Receive*** che indicano una porta compaiono in un solo processo (mapping 1:1 porta:processo ricevente)
- Soluzione al problema "*da-molti-a-uno*" ma non a quello "*da-molti-a-molti*"

Porte

- Un processo può selezionare i messaggi che desidera ricevere attraverso l'uso di porte distinte
- Se un processo effettua una ***Receive*** su una sola porta, lo schema di designazione e' logicamente equivalente ad un direct naming asimmetrico
  - Nel direct naming i client possono inviare richieste diverse al server che deve selezionare cosa fare
  - Con le porte, richieste diverse giungono a porte diverse: per aggiungere un servizio è sufficiente utilizzare una nuova porta

Global Naming: Topologia



Naming

Naming		Comunicazione
Direct	(simmetrico)	One to One
	(asimmetrico)	Many to One
Global		Many to Many
Port		Many to One

- Global naming e' il caso piu' generale.
  - Difficile da realizzare
- Gli altri schemi:
  - limitano i tipi di interazione direttamente programmabili
  - sono piu' semplici da implementare

Naming

- Una ulteriore classificazione ortogonale è la designazione del canale

- La designazione dei canali può avvenire:
  - staticamente, a tempo di compilazione
  - dinamicamente, a tempo di esecuzione

Naming

- Naming Statico
  - Obbliga un programma a comunicare attraverso canali noti a tempo di compilazione
  - Ne limita le capacità di sopravvivenza in un ambiente dinamico
  - Il potenziale accesso di un programma ad un canale deve essere assicurato fin dall'inizio: **permanentemente**
- Naming Dinamico
  - Lo schema statico di base di designazione canali viene arricchito mediante variabili per la designazione di Sorgente o Destinazione

Costrutti Linguistici e Topologie di comunicazione

- Classificazione:

  A. Designazione dei processi sorgente e destinatario
  - Diretta o esplicita: (direct naming)
    - Simmetrica
    - Asimmetrica
  - Indiretta o Globale:
    - Mailbox e Porte (global naming e port naming)

  B. Tipo di sincronizzazione ⇦
  - Sincrona
  - Asincrona

- Caratteristiche ortogonali
  - Le soluzioni proposte per A. e B. sono indipendenti

Classificazione in base al Tipo di Sincronizzazione

- Send Sincrona ("rendez-vous" semplice)
- Send Asincrona
- Send Tipo RPC ("rendez-vous" esteso)

- Receive Sincrona
- Receive Asincrona e con Interrogazione dello stato di un canale

Send Sincrona

- "Rendez-vous" Semplice
- Mittente si blocca
  in attesa che il messaggio sia stato ricevuto
- Un messaggio ricevuto contiene informazioni corrispondenti allo stato attuale del mittente
- Semplifica scrittura e verifica dei programmi

Send Sincrona

- L'invio di un messaggio costituisce un punto di sincronizzazione per mittente e destinatario
- Il trasferimento di informazioni avviene quando entrambi i processi sono pronti a comunicare
- L'interazione viene definita come scambio di messaggi sincrono
- Ai processi sono associati canali senza memoria
  Uno per ogni tipo di messaggio che il processo può ricevere

Send Asincrona

- Il Mittente continua l'esecuzione dopo invio messaggio
- Il messaggio ricevuto contiene informazioni che NON ASSOCIABILI allo stato attuale del mittente (difficolta' di verifica dei programmi)
- L'interazione viene definita come scambio di messaggi asincrono

Send Asincrona

- Per la memorizzazione dei messaggi il supporto del linguaggio deve mettere a disposizione:
  - Caso direct naming:
    una coda in ingresso ad ogni processo
  - Caso global naming:
    una coda in ingresso ad ogni porta/mailbox

Send Asincrona

- Richiede un buffer di capacita' illimitata
- Si puo' ovviare modificandone la semantica (Send Ibrida)
  - Un processo mittente si blocca qualora la coda dei messaggi sia piena
  - La primitiva send solleva un'eccezione che viene notificata al processo mittente

Send di tipo RPC

- "Rendez-vous" esteso
- Il mittente rimane in attesa fino a che il destinatario non ha terminato di svolgere la procedura richiesta
- Analogia semantica (spesso sintattica) con la chiamata di procedura:
  - Un processo cliente "chiama" la procedura eseguita da un processo server su una macchina potenzialmente remota
  - Il nome della procedura remota identifica un processo nel caso di direct naming o un servizio nel caso di port o mailbox naming
- Programmi facilmente verificabili
  grazie alla localizzazione dei vincoli di sincronizzazione
- Orientata al modello Client-Server

Receive Sincrona

- Normalmente e' bloccante se non vi sono messaggi sul canale
- Punto di sincronizzazione per il processo ricevente
- Problema: si desidera ricevere solo alcuni messaggi ritardando l'elaborazione di altri
  - Esempio: Processi gestori di risorse: ricezione di messaggi compatibili con lo stato delle risorse

Receive asincrona con interrogazione stato canale

- Soluzione:
  - Specificare piu' canali di input per ogni processo, ciascuno dedicato a messaggi di tipo diverso
  - Deve essere possibile specificare su quali canali attendere, in base allo stato interno della risorsa
- Si ricorre ad una primitiva che:
  - verifica lo stato del canale
  - restituisce indicazione di messaggio presente o canale vuoto (**receive** non bloccante)
- Cio' consente ad un processo di selezionare l'insieme dei canali da cui prelevare un messaggio
- Inconveniente: per l'attesa di messaggi da specifici canali occorre Busy Wait

Chiamata di Procedura Remota (RPC)

- Consente di esprimere a piu' alto livello e in maniera piu' sintetica le interazioni di tipo Client-Server
- Lato Client

  Call service (<in_params>, <out_params>)
  - Service e' il nome di un canale:
    - Caso designazione diretta ➔ Service indica il processo server
    - Caso designazione indiretta (porte o mailbox) ➔ Service indica il tipo di servizio
  - La ***Call*** puo' essere tradotta in una send seguita immediatamente da una receive; il cliente quindi non si puo' "dimenticare" di attendere la risposta
- Lato Server
  - Come procedura chiamata separatamente
  - Come *statement* collocato in un punto qualunque del processo

RPC lato server come Procedura

- Specifica del lato server come procedura

Remote procedure service (in <in_params>, out <out_params>)
    <body>
End

- La procedura remota viene dichiarata come una procedura in un linguaggio sequenziale

RPC lato server come Procedura

- Implementata come un processo servitore che attende la ricezione di un messaggio, esegue <body> e trasmette un messaggio di risposta
- Puo' essere implementata:
  - come singolo processo: esegue richieste una alla volta sequenzialmente
  - con la creazione di un nuovo processo per ogni chiamata: le varie istanze sono eseguite concorrentemente potranno eventualmente doversi sincronizzare tra loro

RPC lato server come statement

- Specifica lato server come statement
- La procedura remota e' uno statement e come tale puo' essere collocato in un pto qualunque del processo server

accept service

(in <in_params>, out <out_params>) → body

RPC lato server come statement

- L'esecuzione della accept sospende il server fino all'arrivo di un messaggio corrispondente alla call del servizio
- L'esecuzione del corpo puo' fare uso dei valori dei parametri e di tutte le variabili accessibili dallo scope dello statement
- Al termine viene trasmesso il messaggio di risposta al processo chiamante, dopo che di che il processo server continua la propria esecuzione
- Ad ogni servizio e' associata una coda distinta, generalmente FIFO

Uso della *accept*

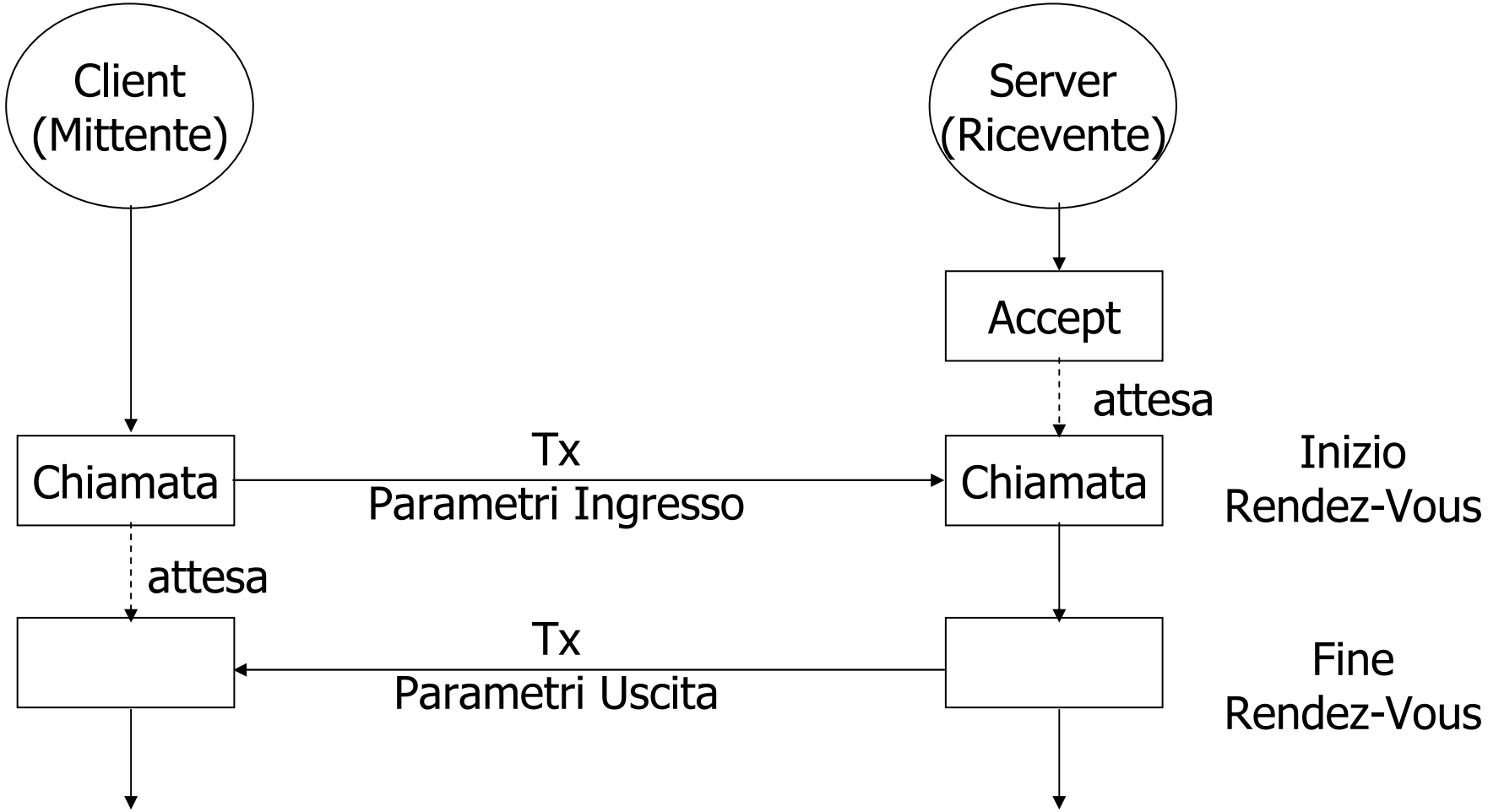
- RPC viene chiamata extended rendez-vous: client e server si incontrano per la durata della esecuzione del corpo della accept per poi proseguire separatamente
- Vantaggi:
  - Server puo' fornire *piu' tipi* di servizi (accept diverse)
  - Server puo decidere *quando servire* le call dei client
  - Server puo' selezionare *quali tipi* di call servire
  - Le accept possono essere alternate o innestate
  - Vi possono essere piu' accept di chiamate allo stesso servizio con diverso <body>
    (ad esempio per l'inizializzazione)

Uso della *accept*

- Accept viene spesso combinata con comunicazioni selettive per consentire ad un servitore di attendere e selezionare una tra diverse richieste di servizio

- Accept diverse per lo stesso servizio fanno si che ad una richiesta possano corrispondere azioni diverse in funzione dello stato del processo server
  - Netta distinzione rispetto alla definizione di procedura

Schema di comunicazione RPC



Uso della RPC

- Lo schema di comunicazione realizzato dal meccanismo della chiamata a procedura remota e' asimmetrico e *da-molti-a-uno*

- L'istruzione accept consente di considerare un processo come un modulo che incapsula un insieme di funizoni chiamabili dall'esterno ed eseguibili una alla volta

Uso della RPC

- L'accoppiamento tra una chiamata priva di parametri e una accept priva di <body> rappresenta la trasmissione ed il relativo riconoscimento di un segnale di sincronizzazione

- Una chiamata con soli parametri di ingresso ed una accept priva di corpo definiscono invece un rendez vous stretto