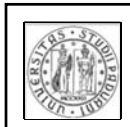
Gestione dei nomi

Anno accademico 2015/16
Sistemi Concorrenti e Distribuiti

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

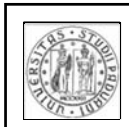


Denominazione di entità – 1

- Le entità di un sistema distribuito devono avere denotazioni che consentano di riferirle
  - Per interrogazioni, invocazioni di servizio, ecc.
  - Nel *middleware* di un sistema distribuito vi sono molte entità che vanno denotate
- Un nome è una stringa che riferisce entità

Denominazione di entità – 2

- I punti d'accesso (*access point*) sono entità speciali il cui nome è un indirizzo
  - Un nome di entità che non varia con l'indirizzo è detto *location-independent*
  - La *location independence* è una proprietà desiderabile
- Una medesima entità può offrire più punti di accesso
  - Più "punti di vista" simultanei o anche in momenti diversi
  - Necessario se vogliamo distribuzione orizzontale!



Esempio

- Persona = entità di sistema
  - Il suo ruolo pubblico è offrire servizi
- Telefono = *access point* di servizi
  - Ciò che va contattato per ottenere un servizio
  - Quindi ne è il *server* che è una entità di livello *middleware*
- Numero di telefono = nome (indirizzo) dell'*access point* di quel servizio
  - L'indirizzo del *server* è il suo *end point* di livello trasporto

Denominazione di entità – 3

- **Gli indirizzi sono quindi nomi speciali**
  - **Conviene decomporre la corrispondenza <entità-indirizzo> in due relazioni distinte**
    - Nome di entità → nomi degli attributi dell'entità (tra cui punto di accesso)
    - Punto di accesso → indirizzo dell'entità
  - **Un'entità può cambiare punto di accesso**
  - **Un punto di accesso può essere riassegnato**
  - **Una stessa entità può avere più punti di accesso**
- **Vogliamo nomi di entità indipendenti dai loro indirizzi → *location independence***

Denominazione di entità – 4

- **Il «sistema di *naming*» si occupa del servizio *name-to-address binding***
  - **La sua forma più semplice come tabella di coppie <nome, indirizzo> non scala bene in distribuito**
  - **In genere allora il nome viene strutturato in parti e la risoluzione (*binding*) viene effettuata in modo ricorsivo**
    - Nessun elemento del sistema ha tutta l'informazione necessaria
    - Ma esiste una struttura logica di ripartizione della conoscenza
  - **Per esempio l'indirizzo del *server* di nome `smtp.math.unipd.it` viene determinato tramite richiesta ricorsiva a partire da `.it`**

Denominazione di entità – 4

- **Gli identificatori sono nomi che designano entità in modo univoco**
  - **Non tutti i nomi sono identificatori**
  - **Alcuni nomi devono essere *human-friendly* ma per esserlo non possono essere indirizzi né identificatori**

Denominazione di entità – 5

- **Un vero identificatore**
  - **Denota al più una singola entità**
  - **Non è riusabile**
  - **Una stessa entità non può averne più di uno**
    - Identificatori diversi designano entità diverse
    - Un numero di telefono fisso non è un vero identificatore di una entità "persona" perché può essere riassegnato!
- **Nomi diversi per una stessa entità sono detti *alias***

Lo spazio dei nomi – 1

- ***Name space* come grafo diretto etichettato**
  - **Gli archi sono etichettati con un nome**
    - I nomi servono per raggiungere informazione raccolta in nodi
  - **I nodi sono entità e hanno un identificatore**
    - Le entità erogano servizi (inclusi quelli informativi)
  - **Nodo *directory***
    - Contiene una tabella di *binding* `<etichetta, identificatore>`
    - Ne dipartono archi etichettati con un nome
    - **Il nodo con solo archi in uscita è detto «radice del *name space*»**
    - **Un *name space* può ammettere più nodi radice**
  - **Nodo foglia**
    - Non ha archi in uscita e contiene informazioni sull'entità che denota

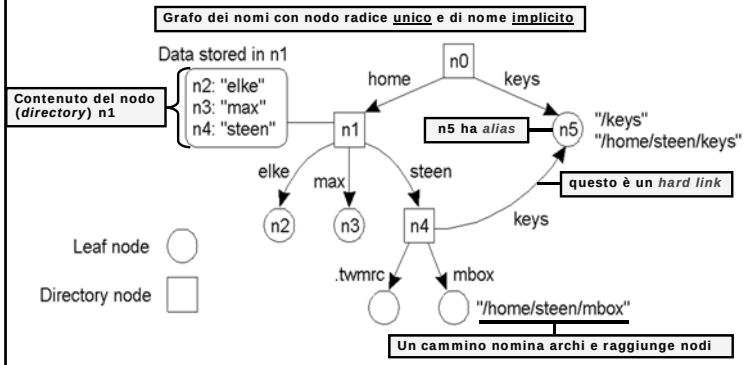
Lo spazio dei nomi – 2

- **Ogni cammino sul grafo è un *path name* denotato dalle etichette degli archi percorsi**
  - **Cammino assoluto se l'origine è la radice del grafo**
  - **Cammino relativo altrimenti**
- **Un nome è sempre definito in relazione a un nodo *directory***
  - **Un nome globale viene interpretato sempre rispetto alla stessa *directory***
  - **Per un nome locale la *directory* di risoluzione è variabile**
- **I grafi dei nomi sono spesso aciclici ma non tutti**

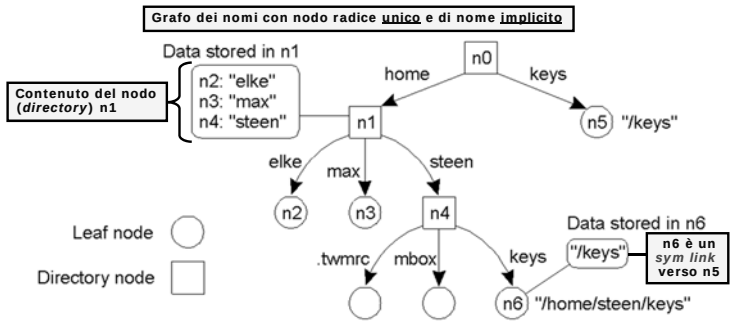
Lo spazio dei nomi – 3

- **Risoluzione dei nomi**
  - ***Closure* determina il nodo dal quale la risoluzione ha inizio**
    - **Esempio**: nel grafo dei nomi di un *file system* in UNIX il nodo radice è sempre il primo *i-node* della partizione che rappresenta il *file system*
  - ***Look-up* restituisce l'identificatore del nodo da cui proseguire la risoluzione**
    - **Esempio**: nel grafo dei nomi di un *file system* UNIX l'identificatore di nodo è l'indice di un particolare *i-node* che ci fornisce un indirizzo su disco dove si trova il *name space* da cui proseguire la risoluzione
  - ***Alias***
    - ***Hard link***: un cammino assoluto che denota una entità (nodo)
    - ***Symbolic link***: un attributo del nodo (entità) denota un cammino assoluto

Lo spazio dei nomi – 4



Lo spazio dei nomi – 5



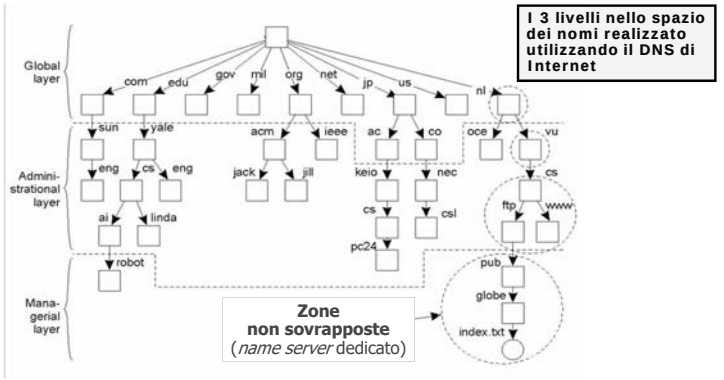
Lo spazio dei nomi – 6

- **La risoluzione dei nomi è possibile anche su più *name space* uniti trasparentemente**
  - **Analogamente al principio del *mount* su *file system***
  - **Dove un nodo *directory* di un *name space* diventa la radice di un *name space* esterno importato**
- **Per accedere al *name space* esterno serve conoscere**
  - **Il protocollo di accesso al nodo esterno che lo ospita**
  - **Il nome del *server* che lo gestisce**
  - **Il nome del nodo radice nel *name space* esterno**

Lo spazio dei nomi – 7

- **La realizzazione di uno spazio dei nomi può avere 3 livelli gerarchici**
  - **Livello globale → i nodi di più alto livello**
    - Radici e loro figli (informazione generalmente stabile)
  - **Livello amministrativo → i nodi *directory* amministrati da una singola autorità**
    - Ciascun nodo *directory* rappresenta gruppi di entità appartenenti alla stessa organizzazione o unità amministrativa
  - **Livello gestionale → i nodi che possono cambiare frequentemente**
    - Ciascun nodo gestito dall'utente e dall'amministratore di sistema

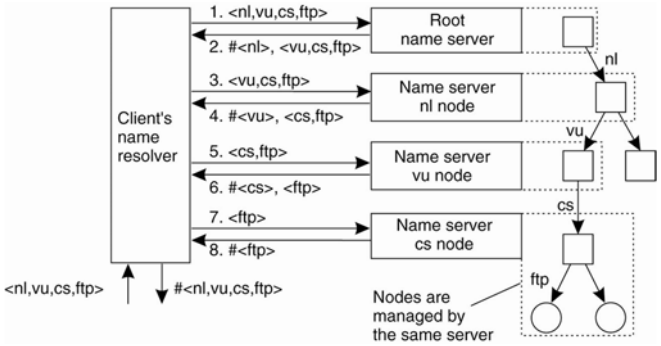
Lo spazio dei nomi – 8



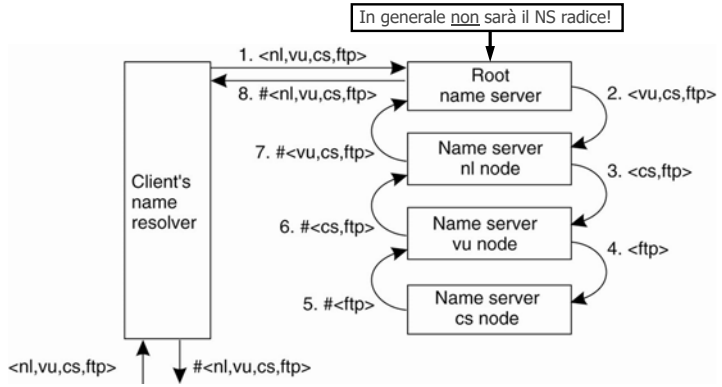
Lo spazio dei nomi – 9

- ***Name resolver***
  - **L'entità localmente responsabile per la risoluzione dei nomi**
- ***Name server***
  - **L'entità che gestisce i nomi della propria *directory***
- **2 tecniche di risoluzione dei nomi**
  - **Iterativa → il *name server* interrogato (quale?) fornisce la migliore risposta in suo possesso senza fare interrogazioni**
    - Il *resolver* determina il nome completo dell'entità e lo fornisce al *name server* radice
    - Il cliente svolge più lavoro del servente → non conviene fare *caching* presso il cliente
  - **Ricorsiva → il *name server* interrogato (quale?) interroga altri *name server* per costruire la risposta**
    - Il *name server* interrogato riceve il nome completo e fornisce la risposta finale
    - Il servente svolge più lavoro del cliente → conviene fare *caching* presso il cliente

Risoluzione iterativa



Risoluzione ricorsiva



Lo spazio dei nomi – 10

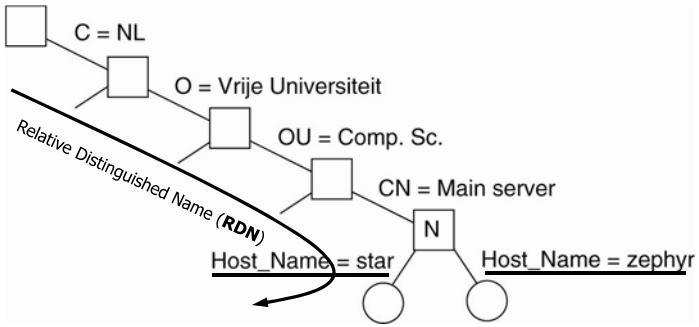
- ***Directory service***
  - **Realizzano sistemi di *naming* basati su attributi invece che (solo) su nomi strutturati**
    - Il DNS è un *naming service* perché i suoi nodi foglia non hanno attributi
  - **Dalla combinazione delle due tecniche ha origine LDAP (*lightweight directory access protocol*)**
    - Derivante da OSI X.500 con ampi miglioramenti prestazionali
    - Fondamentalmente un protocollo di accesso (:389) e uno schema dati
  - **Ogni istanza di servizio LDAP gestisce una DIB (*directory information base*) con campi con attributi dal nome unico**
    - L'architettura LDAP è molto simile a quella DNS ma più sofisticata e potente

LDAP *directory entry*

Attribute	Abbr.	Value
Country	C	NL
Locality	L	Amsterdam
Organization	O	Vrije Universiteit
OrganizationalUnit	OU	Comp. Sc.
CommonName	CN	Main server
Mail_Servers	—	137.37.20.3, 130.37.24.6, 137.37.20.10
FTP_Server	—	130.37.20.20
WWW_Server	—	130.37.20.20

Tanenbaum & Van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc

LDAP *directory information tree*



Tanenbaum & Van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall, Inc

Entità mobili – 1

- **I nomi dei livelli globale e amministrativo cambiano di rado**
  - **Il contenuto dei nodi dei loro grafi è stabile**
  - **Il *caching* delle relative risoluzioni è conveniente**
- **I nomi del livello gestionale cambiano più frequentemente**
  - ***Caching* non conveniente**
  - **Occorre minimizzare i costi di aggiornamento (del contenuto dei nodi) e di *look-up***

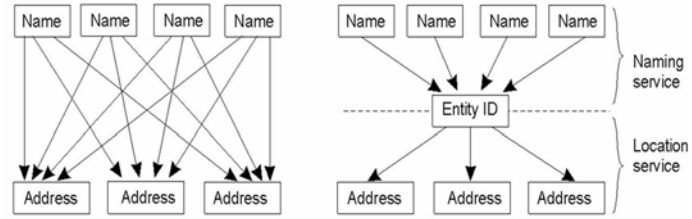
Entità mobili – 2

- **Cambiare i nomi usati come indirizzi invalida i *symbolic link* che li utilizzano**
  - **Così come una *cache eviction* per nuovo contenuto causa una *cache miss* per chi cerca il vecchio contenuto**
- **Si potrebbe allora modificare lo spazio dei nomi del nodo *directory* di origine**
  - **Associando il nuovo indirizzo al vecchio nome**
  - **Associando il nuovo nome al valore del vecchio nome**

Entità mobili – 3

- **Associare nuovo indirizzo a vecchio nome**
  - ***Look-up*** **veloce**
  - **Ogni successivo aggiornamento (su nodo di origine) costa molto**
- **Associare nuovo nome a valore del vecchio nome**
  - **Corrisponde a creare un *symbolic link***
  - ***Look-up*** **più lento**
  - **Facile aggiornamento tramite nuovo *symbolic link* locale al costo di ulteriore indirezione**

Entità mobili – 4



Corrispondenza diretta (1 livello) tra nomi e indirizzi → come nel DNS di *Internet*

Corrispondenza indiretta (2 livelli) con uso di identificatori come tramite di risoluzione

Entità mobili – 3

- **Entrambe le soluzioni sono inadeguate per sistemi distribuiti a larga scala**
- **Conviene separare i nomi dagli indirizzi**
  - **Non come nel DNS di *Internet***
- **Gli identificatori sono adatti a questo scopo**
  - **Da nome utente a identificatore → *naming service***
  - **Da identificatore a indirizzo → *location service***

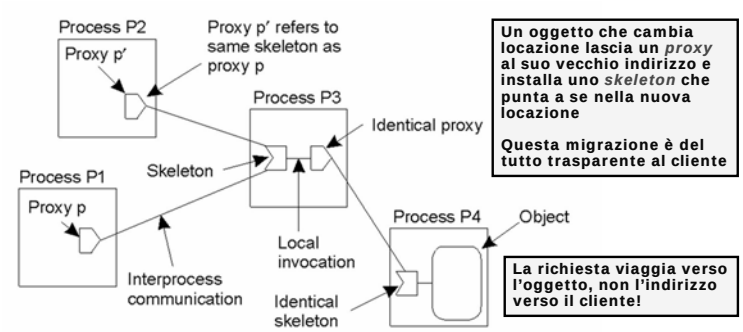
Entità mobili – 5

- **Un *location service* accetta un identificatore di entità e ne restituisce l'indirizzo corrente**
  - **Un indirizzo per ogni copia (o *access point*) dell'entità**
- **Soluzione semplicistica: *broadcasting***
  - **ARP (*Address Resolution Protocol*) restituisce l'indirizzo di livello collegamento dati in rete locale corrispondente a un indirizzo IP in ingresso**
  - **Troppo oneroso per reti vaste**
    - Meglio *multicast* verso gruppi specifici (anche dinamici) di nodi coinvolti

Entità mobili – 6

- **Soluzione migliorativa: *forwarding***
  - **Simile a una catena di *symbolic link* da ogni locazione precedente verso la successiva**
  - **3 importanti difetti**
    - Il costo di localizzazione di un'entità può diventare proibitivo
    - Tutte le "vecchie" locazioni devono conservare informazione relativa all'entità
    - Basta un collegamento interrotto o corrotto per rendere l'entità irraggiungibile
  - **Nei sistemi a oggetti distribuiti può essere realizzato con una catena di coppie SSP <*proxy, skeleton*>**
    - *Proxy* (*stub*) → riferimento allo *skeleton* finale o intermedio
    - *Skeleton* (*scion*) → riferimento locale all'oggetto oppure al suo *proxy* locale
      - Scion = discendente in linea ereditaria

Entità mobili – 7



Un oggetto che cambia locazione lascia un *proxy* al suo vecchio indirizzo e installa uno *skeleton* che punta a se nella nuova locazione

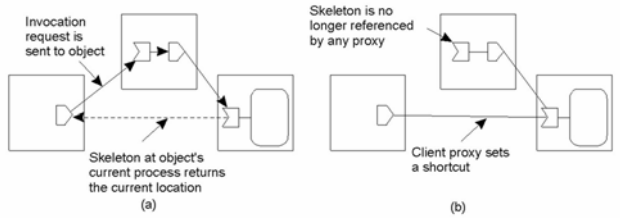
Questa migrazione è del tutto trasparente al cliente

La richiesta viaggia verso l'oggetto, non l'indirizzo verso il cliente!

Il sistema SSP (*stub-scion-pairs*) di *forwarding*

Entità mobili – 8

- **Il sistema SSP si presta a 2 ottimizzazioni**
  - **La richiesta include l'identificatore del *proxy* iniziale**
  - **La risposta include l'indirizzo attuale dell'oggetto**
  - **Ciò crea un cortocircuito tra cliente e oggetto remoto**



Entità mobili – 9

- **Soluzione migliore: *home location***
  - **Tecnica utilizzata per supportare indirizzi IP mobili**
  - **Ogni utente mobile ha un IP fisso cui corrisponde un *home agent***
  - **Quando l'utente si sposta su un'altra rete riceve un nuovo indirizzo temporaneo (*care-of*) che viene registrato presso l'*home agent***
  - **L'*home agent* gira ogni pacchetto indirizzato all'utente verso il suo indirizzo *care-of* e ne informa il mittente**
  - **Grande trasparenza al costo di un contatto obbligatorio con la *home location* del destinatario**

Entità mobili – 10

❑ Soluzione ad approccio gerarchico /I

- **Rete di interconnessione suddivisa in una collezione di domini (similmente al DNS)**
  - Un singolo dominio copre l'intera rete
  - Ogni dominio può essere decomposto in sotto-domini
  - Un dominio non decomposto (terminale) è detto foglia e corrisponde a un ben definito aggregato (p.es. una rete locale, una cella)
- **Ogni dominio ha un nodo *directory* che conosce tutte le entità presenti in esso**
  - Il nodo *directory* del dominio di livello più alto è detto nodo radice e conosce tutte le entità dell'intero sistema

Entità mobili – 11

❑ Soluzione ad approccio gerarchico /II

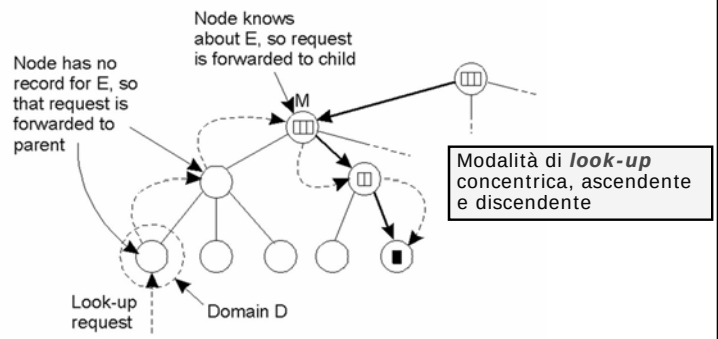
- **Ogni entità E di dominio D è rappresentata da un *location record* nel nodo *directory* N di D**
  - Il *location record* di E in N contiene l'indirizzo di E in D
  - Alla voce E nel dominio di livello immediatamente superiore a D (che contiene D) corrisponde solo un riferimento puntatore a N
- **Il nodo radice conterrà un *name record* per ogni entità di sistema**
  - Il *name record* conterrà l'inizio di una catena di puntatori a nodi *directory* fino a quello un cui *location record* contiene l'indirizzo dell'entità

Entità mobili – 12

❑ Soluzione ad approccio gerarchico /III

- **Il *look-up* di E ha inizio nel nodo *directory* del dominio D_0 di residenza del cliente che lo richiede**
  - Se D_0 non contiene informazioni per E allora E non si trova in D_0
  - La richiesta viene inviata al nodo *directory* del dominio D_1 "genitore" di D_0 (che per definizione conosce più entità di D_0) e così via fino a che un *name record* per E venga trovato nel nodo *directory* del dominio D_N
  - Allora E si trova in D_N dove verrà localizzato seguendo a ritroso la catena di riferimento, fino all'indirizzo di E nel suo dominio foglia
- **In questo modo il *look-up* sfrutta la località dei riferimenti**
  - La fase di "risalita" della ricerca avviene in domini concentricamente più ampi
  - Nel caso peggiore fino al nodo radice, per poi da lì ridiscendere

Entità mobili – 13



Entità mobili – 14

- **Soluzione ad approccio gerarchico /IV**
  - **Concentrare tutti i *name record* nel nodo radice pone gravi problemi di scalabilità**
    - Centralizzazione → collo di bottiglia
  - **Meglio partizionare la conoscenza**
  - **Dove localizzarne le parti?**
    - L'uso di calcolo parallelo o distribuito trasferisce il collo di bottiglia dall'elaborazione alla comunicazione
    - Meglio usare più (sotto-)nodi sparsi uniformemente in domini dell'intera rete
    - In questo caso il problema diventa la determinazione dei cammini minimi per localizzare il (sotto-)nodo responsabile dell'informazione richiesta

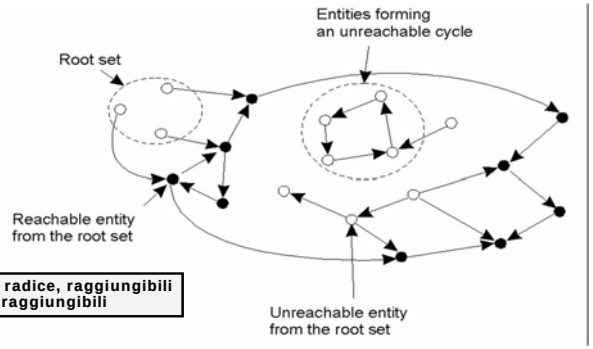
Rimozione entità non riferibili – 1

- **Un'entità che non possa essere riferita è inutile al sistema e va rimossa**
  - ***Garbage collection***
- **La rimozione può essere esplicita**
  - **"L'ultimo" processo a usare una data entità può rimuoverla**
  - **Come individuare "l'ultimo" processo in un sistema distribuito?**

Rimozione entità non riferibili – 2

- **L'insieme dei riferimenti tra oggetti è un grafo diretto nel quale gli oggetti sono nodi e gli archi sono riferimenti**
- **Uno specifico sottoinsieme di nodi non riferiti ma capaci di riferire è detto *root set***
  - **Esempio: servizi di sistema, utenti**
- **Gli oggetti non riferiti direttamente o indirettamente dal *root set* vanno rimossi**

Rimozione entità non riferibili – 3



Entità radice, raggiungibili e non raggiungibili

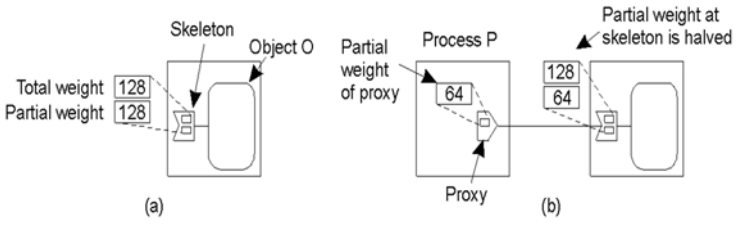
Rimozione entità non riferibili – 4

- **Tecniche di rimozione: *reference counting***
  - **Adatta ai sistemi centralizzati ma ostacolata dai possibili errori di comunicazione nei sistemi distribuiti**
  - **Contatore dei riferimenti nello *skeleton* dell'oggetto remoto**
  - **Ogni *proxy* creato presso nodi cliente invia una notifica di incremento allo *skeleton* con conferma di ricezione**
    - La mancata ricezione di conferma non implica il mancato incremento: rischio di duplicazione
    - Il passaggio di un riferimento remoto da un oggetto all'altro deve causare un incremento
  - **Ogni rimozione di *proxy* comporta invio di notifica di decremento allo *skeleton* che può però andare perduta**
    - L'oggetto potrebbe restare in vita anche se privo di utenti

Rimozione entità non riferibili – 5

- **Grave problema del *reference counting* è la *data race* tra incrementi e decrementi**
- **Meglio usare solo decrementi**
  - **Creazione oggetto remoto: allo *skeleton* vengono assegnati un peso totale ($RC = 2^n$) e un peso parziale ($WR = 2^m$)**
    - Inizialmente n = m
  - **Creazione riferimento: $\frac{WR}{2}$ dello *skeleton* viene ceduto al *proxy* corrispondente, con invariante $RC = \sum_i WR_i$**
    - A ogni passaggio di riferimento, il *proxy* emittente cede $1/2$ del suo peso al destinatario
  - **Rimozione di riferimento: il WR del corrispondente *proxy* viene sottratto a RC dello *skeleton***

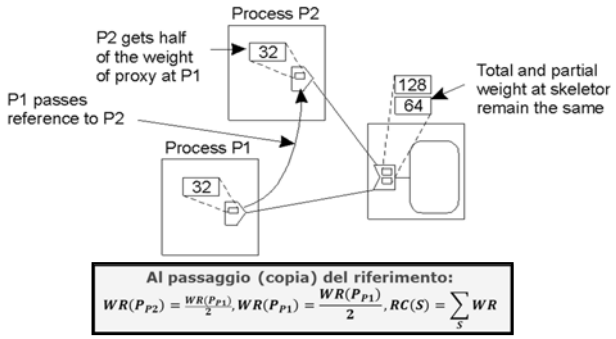
Rimozione entità non riferibili – 6



Alla creazione dell'oggetto remoto: $RC = 2^n, WR(S) = RC$

Alla creazione del primo riferimento: $WR(P) = \frac{WR(S)}{2}, WR(S) = \frac{WR(S)}{2}, RC(S) = \sum_S WR$

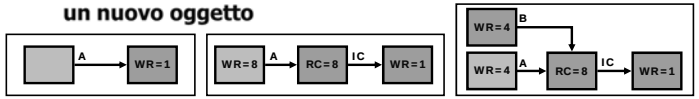
Rimozione entità non riferibili – 7



Al passaggio (copia) del riferimento: $WR(P_{P2}) = \frac{WR(P_{P1})}{2}, WR(P_{P1}) = \frac{WR(P_{P1})}{2}, RC(S) = \sum_S WR$

Rimozione entità non riferibili – 8

- **Ma in questo modo ogni oggetto remoto consente solo N riferimenti per N fissato**
  - **Per WR (di *skeleton* e/o di *proxy*) non più dimezzabile restituendo un intero non sono più consentiti riferimenti**
- **Risolto tramite variante del *forwarding***
  - **Una cella di indirezione (IC) rileva $WR = 1$ ma riceve $RC = 2^n$ che ripartisce tra i nuovi riferimenti come se fosse un nuovo oggetto**



Rimozione entità non riferibili – 9

- **Lista dei riferimenti**
  - **Usata da Java RMI per GC distribuito**
  - **Un processo che crea o riceve un riferimento remoto deve prima identificarsi presso lo *skeleton***
    - Ricevuta conferma (*ack*) crea il *proxy*
    - Lo *skeleton* dell'oggetto remoto mantiene la lista dei riferimenti
    - Il riferimento remoto viene considerato in *leasing* e rimosso in assenza d'uso
  - **Prima che il GC locale rimuova un *proxy* ne comunica la cancellazione allo *skeleton* corrispondente**
    - Gestione dei riferimenti nello *skeleton* via RPC con semantica *at-most-once*
  - **Più informativa del *reference counting* che è anonimo**
    - Ma con rischio di *data race* tra inserzioni e rimozioni di riferimenti