Università degli Studi di Padova

Gestione dei nomi

SCD

Anno accademico 2006/7
Corso di 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 le rendano fruibili
  - Riferimento, invocazione di servizio, etc.
- Un nome è una stringa usata per riferire entità
- I punti d'accesso (*access point*) sono entità speciali il cui nome è un indirizzo
- Una stessa entità può avere più punti di accesso
  - Più "punti di vista" simultanei o anche diversi nel tempo

Esempio

- Persona = entità
  - Un servizio
- Il suo telefono = l'*access point* dell'entità
  - Il *server* che fornisce quel servizio
- Il numero di quel telefono = l'indirizzo di quell'*access point* di quella entità
  - L'indirizzo di quel *server* è il suo (*end point*) di livello trasporto

Denominazione di entità – 2

- Trattare gli indirizzi come nomi speciali
  - Consente di decomporre la corrispondenza <entità-indirizzo> in 2 relazioni legate ma 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 indipendenti dagli indirizzi (*location independence*)

Denominazione di entità – 3

- È utile che certi nomi possano essere designare entità in modo univoco
  - Per questo usiamo identificatori
    - Non tutti i nomi sono identificatori
    - Alcuni nomi devono essere "trattabili" (*human-friendly*) ma non così gli indirizzi e neppure gli identificatori
- Un vero identificatore
  - Denota al più una singola entità
  - Non è riusabile
  - Una stessa entità non può averne più di uno
    - Così che, con essi, identificatori diversi designano entità diverse
  - Un numero di telefono fisso non un è vero identificatore di una entità "persona" perché può essere riassegnato!
- Nomi diversi per una stessa entità sono detti alias

Denominazione di entità – 4

- Lo spazio dei nomi (*name space*) 1/2
  - Grafo diretto etichettato
    - Gli archi sono etichettati con un nome
    - I nodi sono entità di sistema distribuito e hanno un identificatore
      - **Nodo repertorio** (*directory*) → da cui dipartono archi etichettati con un nome, contiene una tabella di corrispondenze `<etichetta d'arco, identificatore di nodo>`
      - **Nodo terminale** (foglia) → da cui non diparte alcun arco, contiene informazioni sull'entità che esso rappresenta (p.es. l'indirizzo, lo stato)
    - Il nodo con solo archi in uscita è detto **nodo radice** di *name space*
    - Uno spazio dei nomi può ammettere più nodi radice
  - Ogni nodo è un'entità del sistema distribuito ed è associato a un identificatore

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 5

- **Lo spazio dei nomi** 2/2
  - **Ogni cammino sul grafo (*path name*) è denotato dalle etichette degli archi percorsi**
    - **Cammino assoluto** se il nodo di origine è la radice del grafo
    - **Cammino relativo** altrimenti
  - **Un nome è sempre definito in relazione a un nodo repertorio**
    - **Nome globale** se viene sempre interpretato rispetto alla stessa *directory*
    - **Nome locale** se la sua interpretazione dipende dal contesto d'uso
  - **Il grafo dei nomi è spesso aciclico ma non tutti lo sono**

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

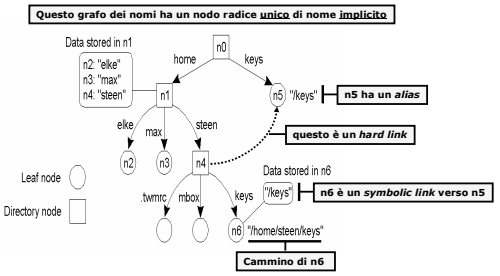
Denominazione di entità – 6

- **Risoluzione dei nomi**
  - ***Closure* determina il nodo dal quale il processo di risoluzione ha inizio**
    - **Esempio**: nel grafo dei nomi di un *file system* in UNIX e GNU/Linux 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 il processo di risoluzione**
    - **Esempio**: nel grafo dei nomi di un *file system* in UNIX e GNU/Linux l'identificatore di un nodo è il numero indice di un particolare *i-node*; questo ci dice l'indirizzo dei dati su disco; i dati infine ci forniscono il *name space* dove proseguire la risoluzione
  - ***Alias***
    - ***Hard link***: più cammini assoluti denotano lo stesso nodo di un grafo dei nomi
    - ***Symbolic link***: il nodo terminale contiene, come attributo, il cammino assoluto

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 7



Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 8

- **La risoluzione dei nomi può avvenire su più spazi dei nomi uniti trasparentemente**
  - **Il principio del `mount` su un *file system***
    - Un nodo repertorio di un grafo dei nomi diventa la radice di uno spazio dei nomi esterno importato
  - **Per accedere allo spazio dei nomi esterno occorre sapere**
    - Il nome del **protocollo di accesso** al nodo che lo ospita
    - Il nome dei **servente** che lo gestisce
    - Il nome della **radice** designata in esso

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

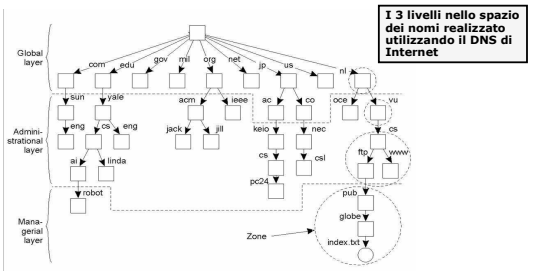
Denominazione di entità – 9

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

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 10



Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 11

- ***Name resolver***
  - **L'entità localmente responsabile per la risoluzione dei nomi**
- ***Name server***
  - **L'entità che gestisce i nomi del proprio repertorio**
- **2 tecniche di risoluzione dei nomi**
  - **Iterativa → ogni *name server* interrogato dal *resolver* fornisce la migliore risposta in suo possesso, senza fare ricerca**
    - Il *resolver* determina il nome (cammino) completo dell'entità desiderata e lo fornisce al *name server* radice
    - Il cliente svolge più lavoro del servente → non conviene fare *caching* presso il cliente
  - **Ricorsiva → ogni *name server* interrogato interroga a sua volta i *name server* di livello inferiore per costruire la risposta richiesta**
    - Il *name server* radice fornisce al *resolver* il nome (cammino) completo dell'entità richiesta
    - Il servente svolge più lavoro del cliente → conviene fare *caching* presso il cliente

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Denominazione di entità – 12

- **Servizi di repertorio (*directory services*)**
  - **Realizzano sistemi di denominazione basati su attributi piuttosto che su nomi strutturati (come il DNS)**
  - **Dalla combinazione delle due tecniche ha origine LDAP (*lightweight directory access protocol*)**
    - Derivante da OSI X.500 con ampi miglioramenti prestazionali
  - **Ogni istanza di servizio LDAP gestisce una DIB (*directory information base*) i cui campi hanno attributi dal nome unico**
    - L'architettura complessiva LDAP risulta molto simile a quella del DNS però anche più sofisticata e potente

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

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***

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

Entità mobili – 2

- **Cambiare i nomi usati come identificatori**
  - **Invalida i *symbolic link* che li utilizzano**
- **Modificare lo spazio dei nomi del nodo repertorio di origine**
  - **Associando un nuovo indirizzo al vecchio nome**
    - *Look-up* veloce
    - Ogni successivo aggiornamento (su nodo di origine) ha costo molto elevato
  - **Associando un nuovo nome al valore del vecchio nome**
    - = *symbolic link*
    - *Look-up* più lento
    - Facile aggiornamento tramite nuovo *symbolic link* locale al costo di un'ulteriore indirezione

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

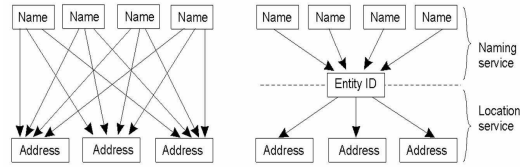
Entità mobili – 3

- **Entrambe le soluzioni sono inadeguate per sistemi distribuiti a larga scala**
- **Serve una tecnica che separi 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***

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: gestione dei nomi

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

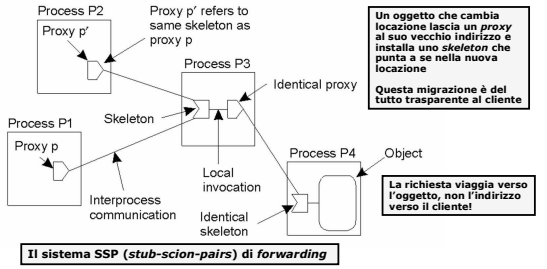
Entità mobili – 5

- **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 brutale: *broadcast***
  - **ARP (*Address Resolution Protocol*) restituisce l'indirizzo di livello collegamento dati (rete locale) corrispondente ad un indirizzo IP in ingresso**
  - **Troppo oneroso per reti vaste**
    - Meglio *multicast* verso gruppi specifici (anche dinamici) di nodi coinvolti

Entità mobili – 6

- **Soluzione meno brutale: *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
  - **Realizzato da una catena di coppie SSP <*proxy, skeleton*> in un sistema a oggetti distribuiti**
    - *Proxy* (***stub***) → riferimento allo *skeleton* finale o intermedio
    - *Skeleton* (***scion***) → riferimento locale all'oggetto oppure al suo *proxy* locale

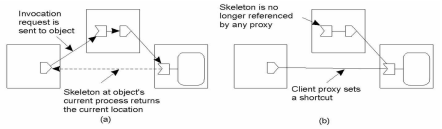
Entità mobili – 7



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**
  - **Questo consente di creare 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 al quale 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, ma al costo di un contatto obbligatorio con la *home location* del destinatario**

Entità mobili – 10

- **Soluzione ad approccio gerarchico 1/4**
  - **La rete di interconnessione è suddivisa in una collezione di domini (similmente all'organizzazione del 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 repertorio che conosce tutte le entità presenti in esso**
    - Il nodo repertorio del dominio di livello più alto è detto **nodo radice** e conosce tutte le entità dell'intero sistema

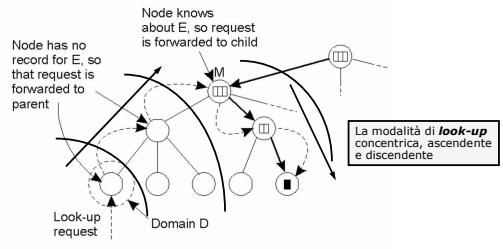
Entità mobili – 11

- **Soluzione ad approccio gerarchico 2/4**
  - **Ogni entità E presente in un dominio D è rappresentata da una voce (*location record*) nel nodo repertorio N di D**
    - La voce di E nel dominio foglia di appartenenza contiene l'indirizzo di E in D
    - La voce di E nel dominio di livello immediatamente superiore a (i.e. contenente) D avrà solo un riferimento puntatore a N
  - **Il nodo radice conterrà una voce (*name record*) per ogni entità del sistema, la quale conterrà l'inizio di una catena di puntatori a nodi repertori fino a quello una cui voce (*location record*) contiene l'indirizzo dell'entità**

Entità mobili – 12

- **Soluzione ad approccio gerarchico 3/4**
  - **Il *look-up* di E ha inizio nel nodo repertorio del dominio D_0 di residenza del cliente che lo richiede**
    - Se D_0 non contiene una voce per E allora E non si trova in D_0
    - In quel caso la richiesta viene inviata al nodo repertorio del dominio D_1 "genitore" di D_0, che per definizione è più ampio di D_0 (e quindi conosce più entità di D_0) e così via fino a che una voce per E venga trovata nel nodo repertorio del dominio D_N
    - Ciò significa che 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 4/4**
  - **Concentrare tutte le voci nel nodo radice pone problemi di scalabilità rendendolo collo di bottiglia del sistema**
  - **Conviene partizionarne la conoscenza ma il problema diventa decidere 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

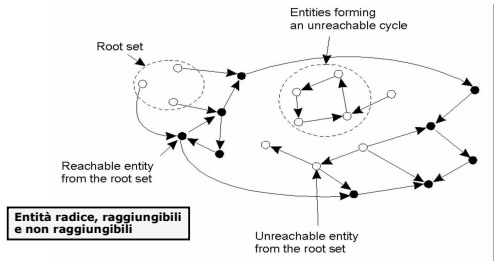
Entità non (più) riferibili – 1

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

Entità non (più) 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 <u>non riferiti</u> ma capaci di riferire è detto *root set***
  - **Esempio: servizi di sistema, utenti**
- **Gli oggetti <u>non riferiti</u> direttamente o indirettamente dal *root set* vanno rimossi**

Entità non (più) riferibili – 3



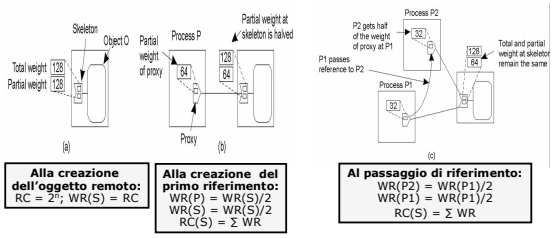
Entità non (più) riferibili – 4

- **Tecniche di rimozione: contatore dei riferimenti**
  - **Funziona bene in sistemi uniprocessore ma è ostacolata dai possibili errori di comunicazione nei sistemi distribuiti**
  - **L'oggetto distribuito mantiene il proprio contatore dei riferimenti nel suo *skeleton***
  - **Ogni *proxy* creato presso nodi utente invia una notifica di incremento allo *skeleton*, che ne conferma la ricezione**
    - La mancata ricezione di conferma (*acknowledgement*) 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 l'invio di una notifica di decremento allo *skeleton*, che può però andare perduta**
    - L'oggetto potrebbe restare in vita anche se privo di utenti

Entità non (più) riferibili – 5

- **Altro grave problema di questa tecnica è causato dalla *race condition* tra incrementi e decrementi**
- **Il problema sparisce usando solo decrementi**
  - **Alla creazione dell'oggetto remoto, al suo *skeleton* vengono assegnati un peso totale (RC = 2^n) e un peso parziale (WR = 2^m)**
    - Inizialmente n=m
  - **A ogni creazione di un riferimento, ½ WR dello *skeleton* viene ceduto al *proxy* corrispondente, con l'invariante RC = Σ (WR)**
    - A ogni passaggio di riferimento, il *proxy* emittente cede ½ del suo peso al destinatario
  - **A ogni rimozione di un riferimento il peso del corrispondente *proxy* viene sottratto a RC dello *skeleton***
  - **Quando RC dello *skeleton* va a 0 l'oggetto viene rimosso**

Entità non (più) riferibili – 6



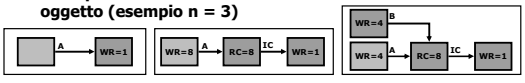
Alla creazione dell'oggetto remoto:
RC = 2^n; WR(S) = RC

Alla creazione del primo riferimento:
WR(P) = WR(S)/2
WR(S) = WR(S)/2
RC(S) = Σ WR

Al passaggio di riferimento:
WR(P2) = WR(P1)/2
WR(P1) = WR(P1)/2
RC(S) = Σ WR

Entità non (più) riferibili – 7

- **Il problema è ora che ogni oggetto remoto consente solo N riferimenti per N fissato**
  - **Quando WR di *skeleton* e/o di *proxy* non è 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 (esempio n = 3)**



Entità non (più) riferibili – 8

- **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 "affitto" (***leasing***) e rimosso automaticamente in assenza d'uso
  - **Prima che il GC locale rimuova un *proxy* ne comunica la cancellazione allo *skeleton* corrispondente**
    - Creazione e rimozione di riferimenti nella lista dello *skeleton* sono realizzate come RPC con semantica ***at-most-once***
- **Tecnica più informativa del semplice *reference count* che invece è anonimo**
  - **Ma ugualmente esposta alla *race condition* tra inserzioni e rimozioni di riferimenti**