

Roaming

1 Roaming

Un sistema cellulare deve permettere agli utenti di eseguire e ricevere chiamate ovunque essi si trovino. Perché ciò sia possibile, il sistema deve conoscere in ogni momento la posizione di ciascun utente, indipendentemente dal fatto che esso stia attualmente partecipando o meno a una chiamata.

L'insieme di funzioni con cui una rete mobile gestisce la mobilità degli utenti, tenendo traccia delle loro posizioni, prende il nome di **roaming**. In seguito, verrà illustrato il roaming nell'architettura di rete mobile **GSM** (altre architetture, come *GPRS* e *UMTS*, presentano alcune differenze, soprattutto nei nomi dati ai vari elementi del sistema).

2 Location area

Una **location area** è un insieme di celle entro cui un utente si può muovere senza dover inviare al sistema aggiornamenti sulla propria posizione. Il sistema conosce sempre la location area di ciascun utente, mentre conosce la specifica cella in cui l'utente si trova solo quando quest'ultimo ha una chiamata in corso.

Una location area *non* coincide necessariamente con un cluster: il raggruppamento delle celle in location area è sostanzialmente una questione di organizzazione amministrativa, indipendente dai cluster.

3 Elementi di sistema

Gli elementi di sistema che attuano le funzioni di roaming sono:

- **MSC (Mobile Switching Center)**: gestisce la mobilità degli utenti, le chiamate e l'handover in una (o più) location area. Esso è collegato a uno o più **BSC (Base Station Controller)**, ciascuno dei quali controlla le **Base Station** (BS, o *Base Transceiver Station*, BTS, in pratica le antenne) di varie celle. Ogni location area ha un unico MSC.

- **HLR (Home Location Register)**: un database unico per ogni provider, che contiene tutti i dati relativi a tutti gli utenti, tra cui in particolare l'informazione su quale sia l'MSC che sta attualmente gestendo ciascun utente.
- **VLR (Visitor Location Register)**: un database associato a un singolo MSC, che contiene i dati relativi agli utenti che sono attualmente all'interno delle location area gestite da questo MSC. In altre parole, esso è una copia parziale dell'HLR relativa agli utenti nelle location area del MSC.

4 Gestione del roaming

Quando un utente si sposta da una cella a un'altra, il terminale mobile (telefono cellulare) invia all'MSC della nuova cella un messaggio di **location update**. Se la cella appartiene alla stessa location area di quella precedente, l'MSC che riceve il location update è quello che già stava gestendo l'utente, quindi non deve compiere particolari azioni. Se invece l'utente si è spostato in una nuova location area (che si suppone sia gestita da un MSC diverso), viene eseguita una procedura di **location registration**. Complessivamente, i passi di questa procedura sono:

1. Il terminale dell'utente che si è spostato in una nuova location area invia all'MSC di quell'area un messaggio di location update.
2. L'MSC interroga il proprio VLR per determinare se sta già gestendo questo utente.
3. Il VLR risponde che l'utente non è nella propria memoria.
4. L'MSC richiede i dati dell'utente all'HLR.
5. L'HLR invia i dati richiesti all'MSC, e contemporaneamente comunica al vecchio MSC (quello della location area precedente) di cancellare i dati dell'utente in questione.
6. Il vecchio MSC invia all'HLR la conferma della cancellazione.

5 Call delivery

Quando un utente della rete cellulare chiama un altro utente, viene eseguita la seguente procedura di **call delivery** (consegna della chiamata):

1. Il chiamante invia la richiesta di chiamata al proprio MSC.
2. Dal numero dell'utente chiamato, l'MSC del chiamante risale all'HLR del chiamato, e inoltra a esso la richiesta di chiamata.
3. L'HLR del chiamato comunica all'MSC del chiamato che c'è una chiamata in arrivo.

4. L'MSC dell'utente chiamato determina se tale utente è occupato o libero (*idle*). Se è libero, gli assegna un identificativo temporaneo, il **TLDN (Temporary Location Directory Number)**, e lo comunica all'HLR del chiamato.
5. L'HLR del chiamato inoltra la disponibilità dell'utente all'MSC del chiamante.
6. Viene eseguita una procedura di **paging** per determinare la specifica cella in cui si trova l'utente chiamato.
7. L'MSC del chiamante realizza, attraverso la rete telefonica terrestre, un circuito per collegarsi all'MSC del chiamato.

Si osserva che questa procedura è resa possibile dai meccanismi di gestione del roaming: se il terminale dell'utente chiamato non inviava location update, l'HLR di tale utente non potrebbe sapere a quale MSC inoltrare la chiamata.

5.1 Procedura di paging

L'MSC dell'utente chiamato conosce la location area in cui si trova tale utente, ma non la specifica cella, ovvero non sa quale sia la base station che lo sta al momento servendo. Al fine di trovarla, l'MSC usa dei canali di controllo per inviare in broadcast, a tutte le base station della location area, un messaggio di ricerca dell'utente: solo una base station restituirà all'MSC un messaggio di risposta, comunicando che l'utente è all'interno della sua cella.

6 Miglioramenti delle tecniche di gestione del roaming

Le tecniche presentate finora possono essere migliorate in vari modi, con l'obiettivo di ridurre il numero di messaggi di controllo che devono essere inviati sulla rete, e quindi l'overhead e la latenza che essi introducono.

6.1 Quando inviare i location update

Se l'area di copertura di una rete cellulare viene suddivisa in location area prefissate dal gestore, piccoli spostamenti di un utente in una zona di confine possono avviare frequentemente la procedura di location registration, che può coinvolgere percorsi di comunicazione anche molto lunghi, generando un notevole overhead sulla rete.

La soluzione è rendere le location area non fisse, ma variabili, e adattarle alle caratteristiche di mobilità di ciascun utente. Le possibili strategie di location update sono:

- **a tempo:** l'utente comunica la sua posizione a intervalli di tempo regolari (Δt), indipendentemente dal numero di celle attraversate;

- **a movimenti:** l'utente comunica la sua posizione ogni d passaggi di cella;
- **a distanza:** l'utente comunica la sua posizione quando la cella in cui si trova dista D celle da quella in cui si trovava l'ultima volta che ha comunicato la sua posizione.

Le tecniche a tempo e a movimenti sono semplici da realizzare, in quanto si basano rispettivamente su un timer e un contatore, ma possono generare location update superflui se l'utente non si muove o si muove "in cerchio" (attraversando più celle vicine e tornando poi a quella di partenza). Invece, la tecnica a distanza è più complessa, poiché presuppone che il terminale dell'utente conosca la disposizione delle celle che lo circondano.

Rispetto al tempo, queste tecniche possono essere:

- **statiche:** ogni utente ha determinati valori per i parametri Δt , d e D , che non cambiano nel tempo;
- **adattive:** i parametri si adattano istantaneamente alle caratteristiche di mobilità dell'utente.

In ogni caso, è necessario individuare dei compromessi per i valori dei parametri di ciascun utente.

6.2 Per-user location caching

La tecnica di **per-user location caching** minimizza il numero di messaggi che devono transitare in rete durante la procedura di call delivery, facendo in modo che l'MSC del chiamante non abbia bisogno di contattare l'HLR del chiamato per determinare la posizione di quest'ultimo.

L'idea è di dotare ogni MSC di un database, chiamato **STP (Signal Transfer Point)**, in cui registrare gli ID e gli MSC/VLR dei terminali contattati di recente dagli utenti che si trovano nella location area di tale MSC. Così, quando viene effettuata una chiamata, l'MSC del chiamato viene prima cercato nell'STP: se è presente, lo si contatta direttamente, altrimenti si avvia la procedura standard. È anche possibile che il chiamato si sia spostato dopo che i suoi dati sono stati salvati nell'STP: in tal caso, deve essere eseguita comunque la procedura standard.

6.3 Pointer forwarding

La tecnica di **pointer forwarding** ha lo scopo di minimizzare il numero di messaggi che devono transitare in rete durante la procedura di location registration.

Quando un utente passa da un MSC a un altro, quest'informazione non viene trasmessa all'HLR, che potrebbe essere lontano. Invece, nel vecchio VLR si inserisce un puntatore al nuovo VLR.

Se arriva una chiamata per l'utente, l'HLR la cerca nel vecchio VLR, ma questo punta a quello nuovo, quindi la chiamata può essere comunque consegnata correttamente.

Quando l'utente attraversa più location area, viene creata una "catena" di puntatori: il primo VLR punta al secondo, che punta al terzo, ecc. Questa catena introduce però una latenza nella consegna delle chiamate, quindi, in genere, viene consentito un massimo di tre puntatori: quando sarebbe da crearne un quarto, si esegue invece la procedura standard di location registration, con cui si aggiorna l'HLR e si cancellano tutti i puntatori della catena (il comando di cancellazione che l'HLR invia al primo VLR viene inoltrato anche ai quelli successivi nella catena).