

# Especificação em SDL'92 das Sinalizações de *Registration* e *Call Setup* de uma Rede Local ATM Sem Fio

Matheus de Carvalho Barreto\* e Walter da Cunha Borelli

Faculdade de Engenharia Elétrica

Departamento de Telemática

Universidade Estadual de Campinas

DT/FEEC/UNICAMP

CP 6101, 13081-970, Campinas, SP, Brasil,

*e-mail*: {matheus,borelli}@dt.fee.unicamp.br Fax: (55) 192 39 13 95

**Resumo:** Nesse artigo é proposto o modelamento de uma rede local ATM sem fio, utilizando SDL'92, onde é especificado a sinalização necessária para o registro de um terminal móvel - *Registration*, e a sinalização necessária para o pedido de conexão entre dois terminais - *Call Setup*. Utilizando-se a rede modelada, é proposto uma sinalização para quando mais de uma estação base receber o pedido de registro do terminal móvel.

**Key words:** Redes de Computadores/ATM, Wireless, SDL'92, Simulação.

## 1. Introdução

Há uma crescente demanda por aparelhos que possuam a comodidade de ser móveis, e assim possam ser usados em qualquer lugar e a qualquer hora.

Atualmente, já está se tornando bastante comum a utilização, em empresas, de computadores móveis como laptops e notebooks. Contudo sempre existe a necessidade de conectar esses aparelhos em rede para que eles compartilhem informações entre si, e com outros computadores de maior porte.

A grande maioria das redes utilizadas para a conexão dessas máquinas usa cabos, quer sejam coaxiais, par trançado ou fibra óptica. Esse tipo de rede limita a mobilidade, que é uma grande característica desse tipo de equipamento, ao comprimento do cabo que o liga à rede.

Surgem então a necessidade de uma rede que não restringisse a mobilidade que é desejada a essas máquinas, afinal de nada valeria adquirir um laptop para ele ficar fixo sobre uma mesa.

As redes sem fio (Wireless Networks) aparecem como uma alternativa a esse problema. Contudo, ainda sem ter sido definido qual a tecnologia a ser usada, que poderia ser Ethernet, token bus, token ring ou mesmo rede local (LAN) ATM.

Com o avanço cada vez maior na transmissão de tráfego multimídia, e um exemplo bem conhecido da utilização desse tipo de tráfego é a vídeo conferência, há a necessidade de redes que trabalhem com alta velocidade para poder dar suporte a esse tipo de tráfego.

Juntando-se essas duas soluções surge então as redes ATM sem fio. Desse modo, permite-se, além de mobilidade a essas máquinas, uma alta taxa de transmissão de dados.

Os estudos nessa área de LANs ATM sem fio, ou WLANs, são bem recentes, sendo que o conceito "Wireless ATM" foi proposto pela primeira vez em 1992 [9], em um artigo de D. Raychaudhuri et al.

Esse trabalho propõe a especificação da sinalização necessária para o registro de um terminal (*Registration*) e a conexão entre dois terminais de uma WLAN (*Call Setup*). Com a descrição dessas sinalizações, em SDL'92[3], é possível uma evolução, usando conceitos de orientação objeto inerentes a esta versão de linguagem SDL, para a especificação de protocolos mais complexos, como para o tráfego de multimídia[2].

Outra vantagem de se ter essa rede especificada com as sinalizações sugeridas, é a possibilidade de se fazer um estudo sobre a perda de células durante o handoff<sup>1</sup> e, conseqüentemente, novas propostas para a solução dos problemas que ocorrem durante a troca de células pelos terminais.

O SDT<sup>2</sup>(*SDL Design Tool*)[11] foi utilizado para a especificação em SDL'92 e simulação das especificações propostas. Essa ferramenta permite a geração de gráficos temporais das sinalizações trocadas entre os componentes da rede WLAN, utilizando o MSC(*Message Sequence Charts*)[4].

## 2. Arquitetura de uma rede WLAN

Na figura 1 é apresentada a arquitetura de uma rede WLAN.

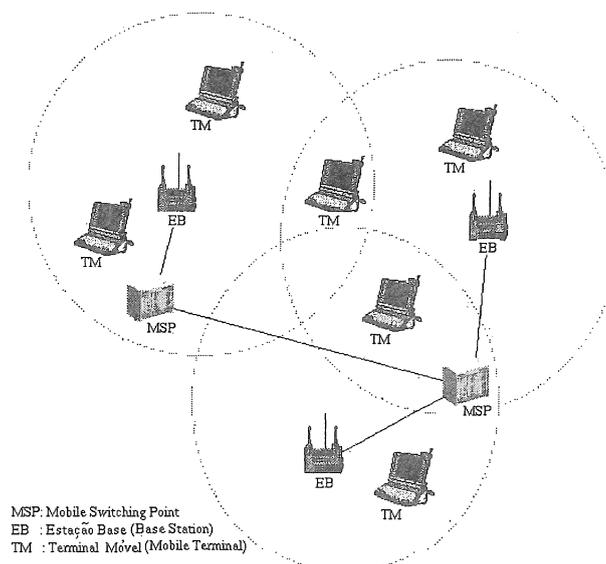


Figura 1: Topologia de uma Rede WLAN

Esse tipo de rede é composta por terminais móveis (*Mobile Terminal*), estações bases (*Base Station*) e computadores ATM (*Mobile Switching Point*).

O terminal móvel, que pode ser visto como um laptop, troca sinalização exclusivamente com as estações bases. Esse tipo de topologia, na qual os terminais comunicam-se diretamente apenas com as estações bases, é característica de uma topologia centralizada [6].

<sup>1</sup>Devido a mobilidade do terminal, ele poderá mudar de célula durante uma comunicação com outro terminal. Essa troca de célula é denominada de *handoff*.

<sup>2</sup>Pacote SDT, versão 3.01 (SDT Base, MSC Editor e Simulator): adquirido pelo DT/FEEC/UNICAMP através de um Projeto Temático FAPESP (Proc. 91/3660-0).

As células<sup>3</sup> geradas por essas estações são pico-células, e operam na mesma frequência umas das outras, assim evita-se a necessidade de handoff na camada física [5].

Estas estações bases ligam-se, por fio, ao *Mobile Switching Point*, ou simplesmente *MSP* [7]. Elas fazem, então, o papel de ponte entre a parte da rede sem fio e a com fio.

Cada *MSP* representa um domínio, e a ele podem está ligadas diversas estações bases, a quantidade exata varia com a capacidade do *MSP*.

A esse comutador está ligado dois bancos de dados. Um é destinado aos terminais que estão cadastrados em seu domínio - *Home\_Register*, e o outro é destinado aos terminais de outros domínios que estejam, por hora, nesse domínio - *Visiting\_Register*. Esse tipo de arquitetura com dois bancos de dados é denominada *two-tier database architecture* [1].

Esse conjunto de banco de dados, assim como o controle dele, foi denominado por [7] de *Domain Local Service* - *DLS*. Alguns autores como [7], [8] e [1], evidenciam esse banco de dados como um elemento a parte do comutador. Enquanto outros, como [9] e [12] desconsideram esse elemento. Nesse artigo considerou-se o banco de dados como um elemento a parte, contudo suas funções foram estabelecidas de tal modo que ele possa, sem muitas modificações, ser integrado ao *MSP*.

### 3. Sinalizações Propostas

Nesse artigo são propostas as especificações das seguintes sinalizações para *WLAN*:

- 1) Registro do terminal - *Registration*;
- 2) Pedido de conexão entre dois terminais - *Call Setup*.

#### 3.1. Registro do terminal

Essa sinalização tem como objetivo registrar o terminal à rede, para que esta saiba que ele está ativo.

De acordo com [1], o procedimento de registro inicia-se com a transmissão, pelo terminal, do número identificador do usuário (*UID* - *User Identification*) e a identificação do último domínio, ou zona, onde esse terminal esteve.

Quando o terminal recebe o sinal da estação base, este contém a identificação do domínio em que ele está no presente. O terminal fará, então, uma comparação desse domínio com o que ele tinha guardado.

---

<sup>3</sup>Se um canal de uma certa frequência cobre uma área de raio *R*, então essa mesma frequência pode ser reusada para cobrir outra área. Cada uma dessas áreas constitui uma célula [13].

Nesse artigo, é feito uma proposta um pouco diferente. No sinal *Handover\_request*, é enviado a identificação do usuário, e a identificação do domínio ao qual ele pertence. De acordo com [10], esses dados podem pertencer ao *UID*.

A informação de qual o último *MSP* (ou zona) que o terminal esteve é facultativa, pois o essencial é que o terminal tenha registrado qual seu domínio (*home*), pois nele estão, permanentemente, armazenados todos os seus dados.

Com essa modificação, em relação a [1], evita-se que o terminal faça comparação entre os domínios, além de excluir a necessidade deste ficar armazenando sua localização atual a cada vez que esta é modificada.

O terminal transmite, então, apenas seu *UID*. Essa transmissão é feita em *broadcasting*, e todas as estações bases, que estejam a uma determinada distância do terminal, distância esta que depende do alcance de recepção da estação base, irão recebê-la. Nesse trabalho foi definido que três estações bases recebem esse sinal, contudo o procedimento seria o mesmo se mais de três o recebessem. O trabalho [1], desconsidera a possibilidade de mais de uma estação base receber o *UID* do terminal.

Quando as estações recebem o sinal, elas enviam um sinal de *acknowledge* para o terminal, e geram um número aleatório para que, no bloco *DLS* (*Domain Local Service*), seja escolhida uma dentre as três.

Esse número aleatório é gerado, para determinar a potência do sinal do terminal que é recebida na estação base. Na prática, é essa potência de sinal que determina qual a estação base está mais próxima do terminal móvel, e conseqüentemente melhor recebe o seu sinal.

O pedido de registro é passado, das estações bases, para os *MSPs*. Cada estação base, que recebe o sinal *Handover*, pode ter domínio diferente, o que implica que podemos ter mais de um *MSP* envolvido no processo.

Quando o sinal chega ao *MSP*, este o envia ao bloco *DLS* que é o responsável por fazer as análises.

Quando o bloco *DLS* recebe o sinal, este verifica se o sinal provém do domínio do terminal ou não.

O banco de dados *Home\_Register* contém os dados dos terminais que são pertencentes a um determinado domínio. Cada domínio possui um *Home\_Register*.

Caso o pedido de registro, que chega ao *DLS*, venha de um *MSP* que é o próprio domínio do terminal, este dado é enviado ao *Home\_Register*, e lá é

verificado se a potência, desse sinal, é maior que a já armazenada. Se for, ele é armazenado em substituição ao antigo. Se não, ele é rejeitado.

Caso o pedido de registro venha de um MSP diferente do domínio, ele é enviado para o *Home\_Register* do domínio do terminal. É verificado, então, se a potência desse sinal é maior que a armazenada. Se não for, ele é rejeitado, mas se for, ele é enviado de volta ao DLS para que este o envie para o banco de dados *Visiting\_Register* do MSP que o enviou.

Quando o registro do terminal for concluído, o sinal *Handover\_complete* é enviado para o terminal.

### 3.2. Pedido de conexão entre dois terminais

Para que um terminal conecte-se a outro, também pertencente a uma WLAN, é enviado, pelo terminal de origem, o endereço do terminal destino à estação base.

A estação base, recebendo o endereço do terminal destino, o envia para o MSP, ao qual está conectado, e esse para o DLS, que é responsável pelo gerenciamento dos bancos de dados do MSP.

O DLS busca no banco de dados *Home\_Register*, do domínio do terminal, para verificar se o terminal destino pertence ao mesmo domínio que o terminal que fez o pedido. Se pertencer, a conexão já pode ser feita, já que todos os dados do terminal destino estão disponíveis.

Caso o terminal destino não pertença a esse domínio, é enviado um sinal para todos os domínios ligados a esse MSP, para que seja descoberto o domínio do terminal destino.

Pode ocorrer de o terminal destino não estar no seu domínio. Nesse caso, no *Home\_Register* do seu domínio, está indicado qual o MSP que ele se encontra, e o requerimento de conexão é enviado ao local onde ele está, para que seja verificado, no banco de dados *Visiting\_Register*, os dados desse terminal destino, e a conexão possa ser estabelecida.

### 4. Especificação Formal da Rede WLAN

A especificação da rede WLAN é apresentada na figura 2. Cada uma das caixas apresentadas na figura representa um bloco. Esses blocos estão ligados entre si, ou ao ambiente, por meio de canais. Por cada canal trafega um conjunto de sinais responsáveis pelo fluxo de informação entre os blocos. Como exemplo tem-se o bloco *Mobile* ligado pelo canal *Mo\_BS\_I* ao bloco *BaseStation*, esse canal interliga a porta A do primeiro bloco à porta B do segundo bloco.

No canto inferior da figura, é apresentado os sinais utilizados na especificação das sinalizações da rede WLAN. O *Signallist* é um recurso do SDL que

permite que seja dado um nome para um conjunto de sinais. Dessa forma, sempre que todos os sinais, de um determinado conjunto, for usado em um canal, ou rota, é suficiente que apenas o nome do conjunto seja escrito. Na figura 2, o conjunto dos sinais *RegisterMobile, InicializeSystem, Callup* é denominado de *L7*.

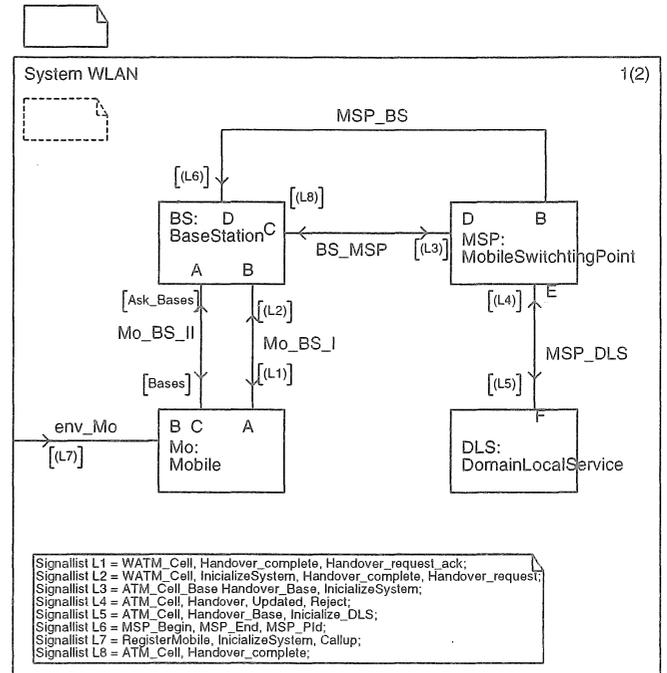


Figura 2: Rede WLAN modelada por blocos

Os blocos que compõem essa rede são: *Mobile*, que representa o terminal móvel; *BaseStation*, que representa a estação base; *MobileSwitchingPoint*, que representa os comutadores ATM; e *DomainLocalService*, que gerencia os bancos de dados dos comutadores ATM da rede WLAN.

Os sinais utilizados no modelamento do sistema WLAN (figura 2) são os seguintes:

O sinal *WATM\_Cell* é usado para o terminal enviar para a estação base, uma mensagem destinada a outro terminal, e também para a estação base transmitir ao terminal, uma mensagem a ele destinada por outro terminal.

O sinal *ATM\_Cell\_Base* transmite o conteúdo do sinal *WATM\_Cell* para o MSP.

O sinal *ATM\_Cell* transfere seu conteúdo para o sinal *WATM\_Cell*. Esse procedimento é feito pela estação base que, após isso, envia o sinal *WATM\_Cell* ao terminal ao qual ele se destina.



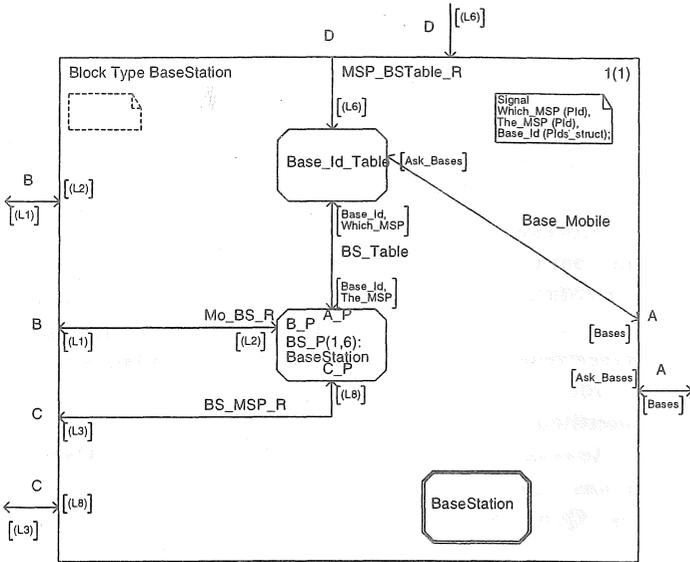


Figura 4: Bloco Estação Base

ser verificado pois há dois polígonos inscrevendo seu nome, um com linhas simples, localizado no centro da figura, e outro com linhas duplas, localizado no canto direito inferior da figura. Cada instancia desse processo é identificada por *Mo\_P*. Os números 1 e 3, que estão após o identificador, indicam, respectivamente, a quantidade mínima e máxima de instâncias desse processo.

Já o processo *Mobile\_Id.Table*, que é o gerenciador da tabela a qual contém o número identificador de cada terminal móvel, relacionando-o com a estação base com a qual ele troca sinalização; não é um processo instanciável.

O processo *Signal.Manager* tem a função de direcionar os sinais que chegam do ambiente, pela rota *env\_Mo\_P*, para as devidas instâncias dos processo *Mobile*.

O bloco *BaseStation* na figura 4 contém dois processos: *BaseStation* e *Base\_Id.Table*. O processo *Base\_Id.Table* controla uma matriz que associa cada estação base ao comutador correspondente. O processo *BaseStation* determina o funcionamento de uma estação base, conectando o terminal móvel ao comutador (MSP). Nesse processo é gerado um número aleatório que representa a potência de um sinal recebido, pela estação base, do terminal móvel. Esse número é utilizado para que seja determinado de qual estação base o terminal está mais próximo. No caso de empate de duas estações, o primeiro sinal que chegar ao MSP determinará a estação escolhida. O processo *BaseStation* é instanciável, e sua instância

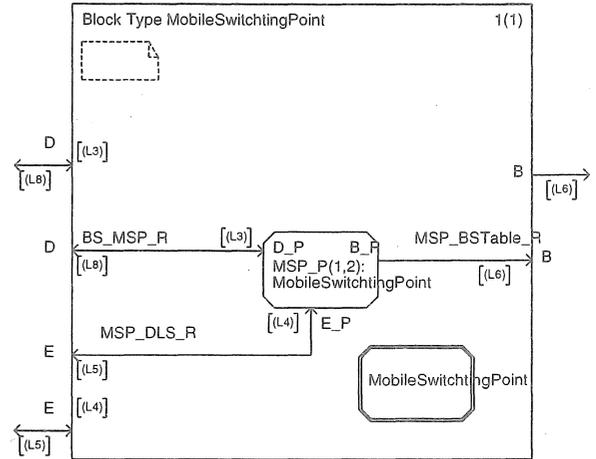


Figura 5: Bloco Comutador ATM (MSP)

apresenta o seguinte nome: *BS\_P*.

O bloco *Mobile Switching Point*, MSP, na figura 5 contém um único processo que recebe o mesmo nome do bloco, ou seja, *MobileSwitchingPoint*. Esse processo caracteriza um comutador, sendo o responsável pela conexão de um terminal da WLAN a outro terminal qualquer, que pertença a mesma WLAN ou a outra rede qualquer. Esse processo pode ser instanciável, possuindo no mínimo uma instância, e no máximo duas. As instâncias desse processo recebem o nome de *MSP\_P*.

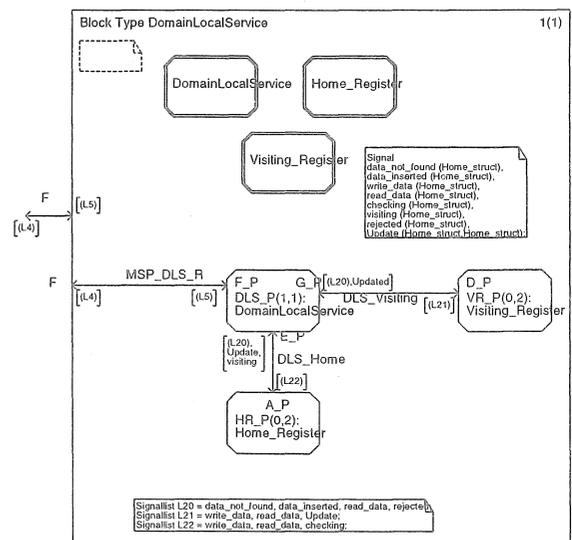


Figura 6: Bloco de Serviço do Domínio Local

O bloco de *Domain Local Service* (fig.6) é com-

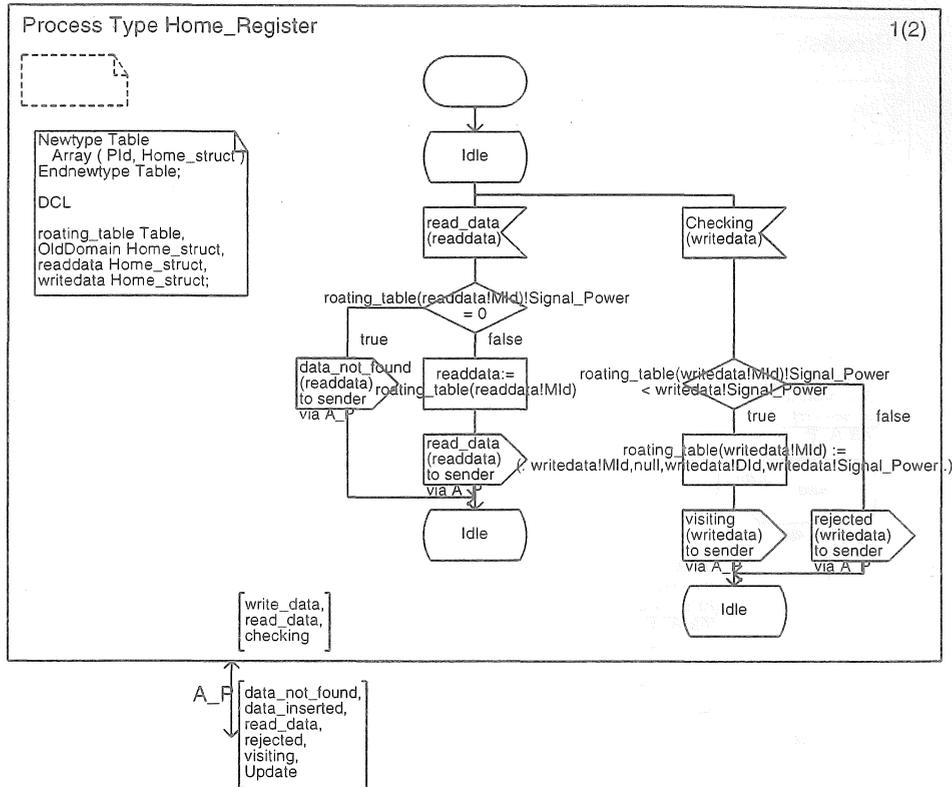


Figura 7: Processo Registro Local - Página 1

posto pelos processos *DomainLocalService*, *Home\_Register*, e *Visiting\_Register*. As instâncias desses processos apresentam os seguintes nomes: *DLS\_P*, *HR\_P* e *VR\_P*, respectivamente. Os processos *Home\_Register* e *Visiting\_Register* representam os bancos de dados da rede, cada MSP possui um conjunto desses dois bancos de dados. O processo *DomainLocalService* é responsável pelo gerenciamento dos bancos de dados da rede WLAN.

Uma especificação de processos em SDL'92 representa, principalmente, a troca de mensagens e o seu comportamento. Um exemplo de especificação de um processo, do sistema WLAN (fig.2), é mostrado pelas duas páginas que compõem o processo *Home\_Register*, apresentadas nas figuras 7 e 8.

O processo *Home\_Register* possui os dados de todos os terminais móveis pertencentes a um domínio, por isso a necessidade de instanciá-lo, senão seria preciso que ele fosse reescrito para cada MSP da rede.

Na figura 7 é apresentado como esse processo interpretará o pedido para verificação se um determinado terminal está no banco de dados. Por meio do

signal *read\_data*, o processo é acionado para pesquisar os dados de um terminal móvel, caso não exista nenhuma referência dele armazenada, é enviado o sinal *data\_not\_found*. Entretanto, caso haja registro desse terminal, o sinal *read\_data* é devolvido contendo os dados requisitados.

Na figura 8, o processo *Home\_Register* atende ao pedido de registro de um terminal. Os dados são recebidos por meio do sinal *write\_data*. É feita uma verificação se a potência do sinal é maior que o armazenado<sup>6</sup> no banco de dados (*routing\_table*), caso seja menor, ou igual, o registro é rejeitado. Senão, os dados serão inseridos, mas antes disto, o processo averigua se a localização anterior do terminal era seu próprio domínio. Se não for, o sinal *Update* é enviado para o MSP onde o terminal estava para os dados serem atualizados.

### 5. Simulação das Sinalizações Propostas

A simulação das sinalizações da WLAN, gerada com o *Simulator*[11], permite um acompanhamento

<sup>6</sup>Se não existir registro do terminal no banco de dados, a potência do sinal que está registrada, e que será comparada, é zero.

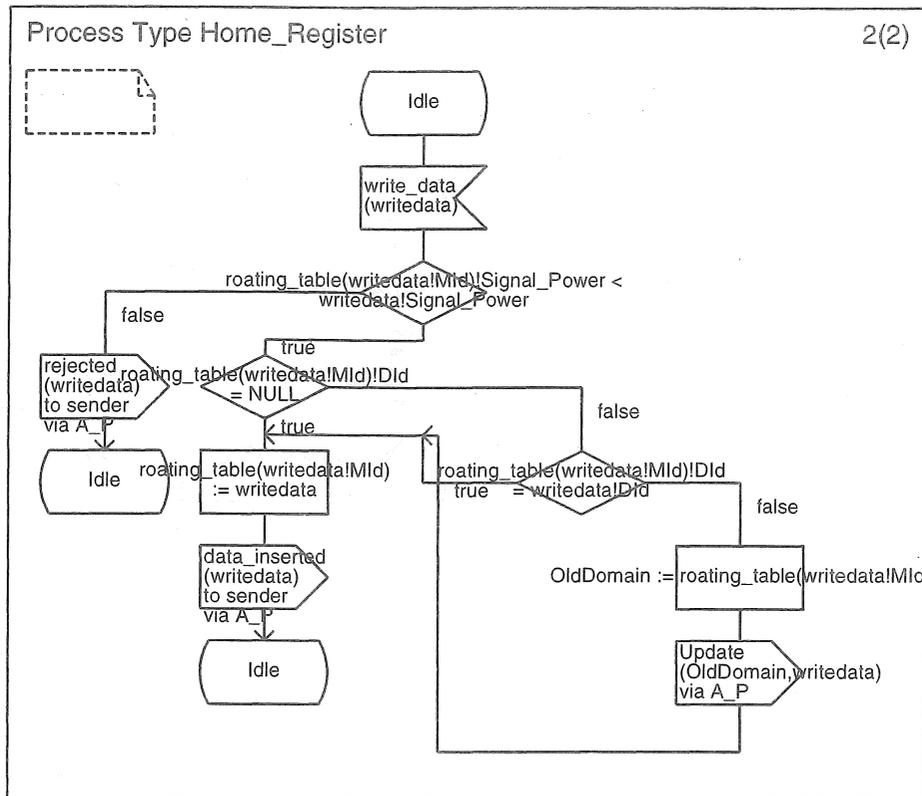


Figura 8: Processo Registro Local - Página 2

de execução do sistema, mostrando toda troca de sinal que ocorre entre os componentes da rede, tornando possível que seja verificado a perda de algum sinal, caso isso ocorra, entre os elementos da rede.

Uma parte de uma troca de sinais da sinalização de registro de um terminal (*Registration*), é mostrado no gráfico MSC (*Message Sequence Charts*) [10] da figura 9. Esse exemplo mostra a detecção de uma falha, de especificação, na troca de sinalização da rede. Um sinal *Handover\_complete* da instância *BS1\_P:2*, do processo *BS\_P* (*BaseStation*), chega ao terminal móvel (processo *Mo\_P*), que requereu seu registro, com a informação da sua localização<sup>7</sup>.

Enquanto o terminal analisa os dados que chegam, uma outra instância do mesmo processo *BS\_P*, envia um sinal análogo contendo outros dados, que são uma atualização dos anteriores. Devido a uma falha de especificação do terminal móvel, o se-

gundo sinal *Handover\_complete* (e seu conteúdo) é perdido<sup>8</sup>; isto é indicado na fig.9. Esse problema foi solucionado introduzindo um buffer<sup>9</sup> no processo *Mobile*.

Mediante outras simulações realizadas [2], observou-se que, diferentemente de [1], se o sinal *Handover\_request* enviado pelo terminal móvel fosse transmitido para o domínio ao qual ele pertence, em vez do último domínio que ele esteve, haveria menos trocas de sinais.

Segundo o modo alternativo proposto neste artigo, o pedido dos dados do terminal, já é feito diretamente ao seu próprio domínio. Isso evita a busca que é feita para que seja verificado se o terminal pertence, ou não, ao MSP.

Outro detalhe, mostrado durante a simulação, foi a necessidade de se ter, no domínio do terminal, uma indicação sobre qual MSP o terminal é encontrado.

<sup>7</sup>Apesar dessas informações serem facultativas para a comunicação do terminal, foram incluídas na sinalização para que fosse permitido, utilizando a modelagem proposta, criar-se um sistema de tarifação de acordo com o MSP sobre o qual o terminal está.

<sup>8</sup>O asterisco, em gráficos MSC, indica a perda de sinal: pelo fato de ter sido enviado a um processo inexistente, ou devido ao processo não estar pronto para recebê-lo no estado onde se encontra.

<sup>9</sup>Um buffer é modelado pela construção *save* em SDL.



Em uma rede WLAN, dependendo da sua extensão, existirá mais de uma estação base recebendo o pedido de registro do terminal. Entretanto o procedimento proposto por [1] não levou em consideração o que ocorre quando mais de uma estação base está envolvida no processo de registro do terminal. Por conseguinte, também não foi mencionado como proceder caso o terminal esteja próximo a duas células cujas estações base pertençam a MSPs diferentes.

Devido a isso, em uma rede mais extensa, haveria conflito na sinalização, pois poderia se ter dois MSPs atendendo ao mesmo terminal. Esse problema surgiria quando o terminal registrado fosse contactar-se a outro terminal. Nesse sentido, a modificação proposta neste artigo, na seção 3.1, mostrou-se eficaz, solucionando os problemas apresentados quando o registro do terminal envolver mais de uma estação base.

## Referências

- [1] B. A. Akyol and D. C. Cox. Signaling alternatives in a wireless atm network. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 15(1):35-49, Jan 1997.
- [2] M. C. Barreto. Master's thesis, UNICAMP, 1997. In preparation.
- [3] ITU-T, Geneve. *CCITT Specification and Description Language (SDL): programming languages*, 1993. Recommendation Z.100.
- [4] ITU-T, Geneve. *Mensagem Sequence Chart (MSC)*, 1993. Recommendation Z.120.
- [5] R. Jain. Wireless ATM. [http://www.cis.ohio-state/~jain/cis788/wireless\\_atm/index.html](http://www.cis.ohio-state/~jain/cis788/wireless_atm/index.html).
- [6] K. Pahlavan and A. H. Levesque. Wireless Data Communications. In *Proceedings of IEEE*, pages 1398-1430, 1994. Vol. 82, No. 9.
- [7] J. Porter and A. Hopper. An ATM based protocol for Wireless LANs. Technical report, Olivetti Research Limited, 1994. <ftp://ftp.orl.co.uk/pub/docs/ORL/tr.94.2.ps.Z>.
- [8] J. Porter, A. Hopper, D. Gilmurray, O. Mason, J. Naylor, and A. Jones. The ORL Radio ATM System, Architecture and Implementation. Technical report, Olivetti Research Limited, Jan 1996. <ftp://ftp.orl.co.uk/pub/docs/ORL/tr.96.5.ps.Z>.
- [9] D. Raychaudhuri, L. J. French, R. J. Siracusa, S. K. Biswas, R. Yuan, P. Narasimhan, and C.A. Johnson. WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 15(1), Jan 1997.
- [10] L. F. G. Soares, G. Lemos, and S. Colcher. *Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM*. Campus, 1995.
- [11] Telelogic AB, Malmö, Sweden. *Getting Started with SDT 3.01*, 1995.
- [12] U. Varshney. Supporting Mobility with Wireless ATM. *Network Magazine*, Jan 1997.
- [13] M. D. Yacoub. *Foundations of Mobile Radio Engineering*. CRC Press, 1993.