

Una Arquitetura para Análise de Carga de Sinalização em Redes de Comunicação Móvel Celular

Kelvin Lopes Dias, Jairo Coutinho de Oliveira, Demétrio de Souza M. Filho
e Djamel Fawzi Hadj Sadok

Centro de Informática - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Caixa Postal: 7851, CEP: 50732-970, Recife – PE - Brasil
Tel.: (081)-271-8430 r. 3301, Fax: (081) 271-8438
E-mail: {kld,jco,dsmf,jamel}@di.ufpe.br

RESUMO

Com o advento dos sistemas de segunda e terceira gerações é esperado que as operadoras se vejam obrigadas a enfrentar um aumento significativo da carga de sinalização que trafega sobre a parte fixa da rede móvel. Apesar disto, são raros os provedores de serviços de comunicações móveis que possuem atualmente a capacidade de prever com relativa precisão o montante deste aumento. Este artigo apresenta uma proposta de arquitetura de simulação para a análise de carga de sinalização em redes de comunicação móvel celular. Esta arquitetura está sendo implementada pela ferramenta de simulação CELSA (Cellular Signaling Analyzer¹) Resultados de simulações são apresentados.

Abstract

The advent of second and third generation cellular systems brings cellular operators to face considerable increase in the signaling traffic over their mobile networks. Service providers are hence required to have appropriate planning tools in order to maintain adequate quality levels of their services. This paper presents a proposal of a simulating architecture for analysis of signaling in mobile cellular networks. This architecture has been implemented by the simulating tool CELSA (Cellular Signaling Analyzer). Simulation results are presented.

¹ Ferramenta que está sendo desenvolvida pelo Centro de Informática da UFPE, juntamente com o CETUC - Centro de Telecomunicações da PUC-RJ, no projeto de pesquisa NOMADIC financiado pelo FINEP/PADCT-III e a empresa SIEMENS do Brasil.

procedimentos corresponder às células pertencentes a áreas de lazer.

Alguns fatores podem influenciar nos resultados da simulação de um ambiente de comunicação móvel celular. Por exemplo, a escolha da proporção de cada classe de usuários que formam a população simulada. No nosso caso, utilizamos uma população hipotética, entretanto, valores reais da distribuição destas classes de usuários dentro de regiões metropolitanas do Brasil também podem ser utilizadas nas simulações. Além disso, diferentes resultados podem ser obtidos, dependendo da topologia e rotas possíveis, isto é, as células pelas quais o usuário deve passar, dadas a célula de origem e a célula final de destino. Este aspecto é bastante dependente da topologia (ruas, áreas com acidentes geográficos, regiões de lagos, etc.) adotada.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Neste artigo foi apresentada uma arquitetura para a análise de sinalização em redes de comunicação móvel celular, implementação inicial do modelo na plataforma de simulação (CELSA - *Cellular Signaling Analyzer*) que está sendo desenvolvida pelo Centro de Informática da UFPE, juntamente com o CETUC - Centro de Telecomunicações da PUC-RJ, no projeto de pesquisa NOMADIC financiado pelo FINEP/PADCT-III e a empresa SIEMENS do Brasil. Resultados de simulações utilizando esta plataforma foram apresentados.

Fundamental em qualquer ferramenta para uma rede de comunicação móvel celular, é o modelo de mobilidade de usuários adotado. A proposta de um modelo multidimensional baseado em perfis de mobilidade permite a simulação de um ambiente bem mais próximo da realidade. Devido à grande complexidade desse tipo de problema a maioria dos modelos propostos na literatura são modelos analíticos onde são feitas simplificações que nem sempre correspondem ao ambiente do mundo real.

A arquitetura proposta permite a modelagem de topologias de redes e perfis de mobilidade variados e mais próximos da realidade, além disso, pode ser facilmente estendida para a inclusão de procedimentos relativos aos novos serviços de dados e multimídia que surgirão com o advento da terceira geração.

Os trabalhos futuros compreendem o estudo do efeito da carga de sinalização na QoS percebida pelos usuários, como: taxa de chamadas em andamento canceladas devido ao *handoff* e novas chamadas bloqueadas. Os procedimentos de *handoff*, atualização de localização e originação de chamadas estão em fase final de implementação. A partir destes procedimentos poderemos obter resultados conclusivos do efeito da carga de sinalização na rede, com a análise da quantidade de bytes trocada durante a efetivação dos procedimentos. Além disso, devem ser realizados estudos com relação ao efeito da carga de sinalização para novos serviços.

6. Referências

- [1] Donald C. Cox, "Wireless Personal Communications: What Is It ?", IEEE Personal Communications Magazine, Abril 1995
- [2] Introdução à Computação Móvel - 11" Escola de Computação - Rio de Janeiro - RJ

(R - Residencial, T - Trabalho, B - Banco, S - Shopping e L - Lazer, indicados nas barras dos gráficos com os resultados).

No gráfico da Figura 7, podemos perceber a predominância da sinalização na área de trabalho, isto é devido ao fato da maioria da população pertencer a esta classe e, no horário da manhã simulado, estar incluído o período onde a maioria da população se desloca para o trabalho e permanece até a hora do almoço (8 às 12 h). Alguns procedimentos ocorrem também nas áreas residenciais, que possuem um grande número de usuários efetuando sinalização de 6 às 8 h da manhã, período este que está incluído no tempo de simulação dos resultados apresentados pelo o gráfico da Figura 7.

É importante observar que, apesar deste horário não ser típico para o lazer, obtivemos uma média alta para esta região. Isto é justificado pelo fato de, nesta topologia, células pertencentes à região de lazer estarem em boa parte dos percursos que ligam as diversas células da topologia, por exemplo, usuários que se movimentam de casa (célula 3) para o trabalho (células 4 ou 16) podem gerar sinalização na células de lazer 6, 7 ou 17 (Ver Figura 6).

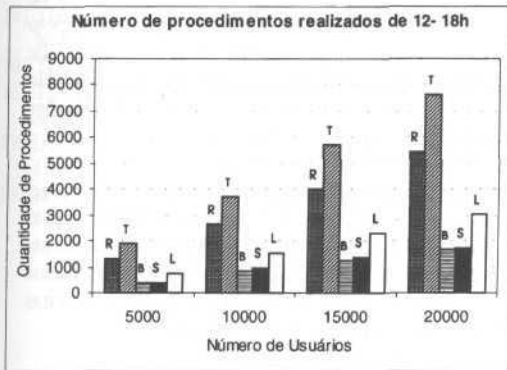


Figura 8: Sinalização à tarde.

O gráfico da Figura 8 apresenta o número de procedimentos efetuados por área no período da tarde. Um maior número de procedimentos é verificado na região composta por células pertencentes a zonas de trabalho. Neste período do dia existe um número razoável de usuários que se deslocam para suas residências para o almoço de 12 às 14 h, o que contribui, também, para um número elevado de sinalização em células pertencente a regiões

residenciais de nossa topologia. Se tivéssemos coletado estes dados no horário de 14 às 18 h, o efeito da sinalização nas regiões residenciais seria menor.

A Figura 9, que corresponde aos dados coletados no período da noite, apresenta um comportamento diferenciado dos dois últimos gráficos. A sinalização em células pertencentes a áreas residenciais é a mais intensa. Durante o período da noite é comum que os usuários saiam para festas ou cinema, daí a segunda maior quantidade de

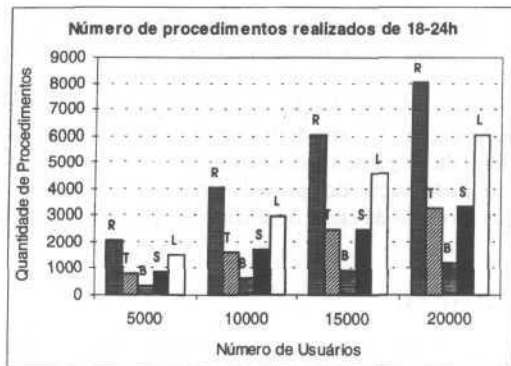


Figura 9: Sinalização à noite.

A velocidade dos usuários é uniformemente distribuída entre 40 e 80 km/h. Estes valores correspondem a variações de velocidades entre usuários que utilizam o sistema de transporte público e transporte particular. Neste estudo não levamos em consideração pedestres.

As tabelas 1 e 2 apresentam as probabilidades dos pontos de atração para as classes de usuários residenciais e trabalhador, respectivamente. Usuários com alta mobilidade não têm esta tabela de probabilidades pois podem se deslocar para qualquer célula de destino com a mesma probabilidade.

Horário(h)	Residência(%)	Trabalho(%)	Banco(%)	Shopping(%)	Lazer(%)
6-8	90	0	0	0	10
8-12	20	30	40	10	0
12-14	40	10	40	10	0
14-18	40	10	10	30	0
18-24	50	0	0	20	30

Tabela 1 - Tabela de Probabilidades dos Pontos de Atração para Usuário Residencial

Horário(h)	Residência(%)	Trabalho(%)	Banco(%)	Shopping(%)	Lazer(%)
6-8	90	0	0	0	10
8-12	10	80	10	0	0
12-14	40	10	30	20	0
14-18	10	80	5	5	0
18-24	50	0	0	20	30

Tabela 2 - Tabela de Probabilidades dos Pontos de Atração para Usuário Trabalhador Comum

4.3. Resultados da Simulação

Para estas simulações, dividimos os tempo simulados em três períodos: manhã, tarde e noite. Para um mesmo usuário, os procedimentos ocorrem distribuídos uniformemente em um intervalo de 30min a 1h entre um *power down* e o próximo *power up*, e intervalo de 4 e 8 h entre um *power up* e o próximo *power down*. A sinalização pode ser ativada em qualquer célula dentro de um percurso feito pelo usuário, dependendo do momento em que é escalonada. Cada gráfico apresenta resultados para diferentes populações: 5.000, 10.000, 15.000 e 20.000 usuários. Os resultados são coletados como o número médio de procedimentos efetuados por área de atração, por exemplo, resultados para a área residencial compreendem a média do número de procedimentos (*power up* e *power down*) realizados nas células que pertencem a este tipo de ponto de atração

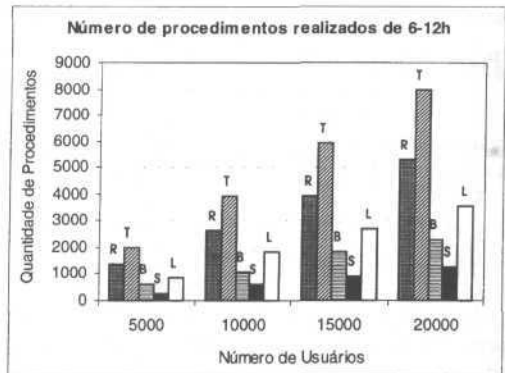


Figura 7: Sinalização pela manhã.

região metropolitana hipotética. Nestas simulações utilizamos apenas os procedimentos *power up* e *power down*. Apesar destes procedimentos não proporcionarem um grande impacto na carga total de sinalização em um ambiente móvel celular, nos permitem uma análise inicial do relacionamento do novo modelo de mobilidade implementado nesta plataforma de simulação, com a sinalização.

4.1. Topologia Adotada

A topologia adotada em nossos estudos é apresentada na Figura 6 e é composta de 17 células. Nesta topologia temos 4 áreas de localização, cada uma com um CCC. As células são classificadas em 5 pontos de atração: células pertencentes a regiões residenciais, de trabalho, de *shopping* (compras), de banco e de lazer (festas, parque, praia). Assumimos que nesta topologia, todas as células têm raio igual a 3 km, típicas de regiões metropolitanas. As rotas definidas para a mobilidade dos usuários são representadas pelas linhas cheias que ligam as células.

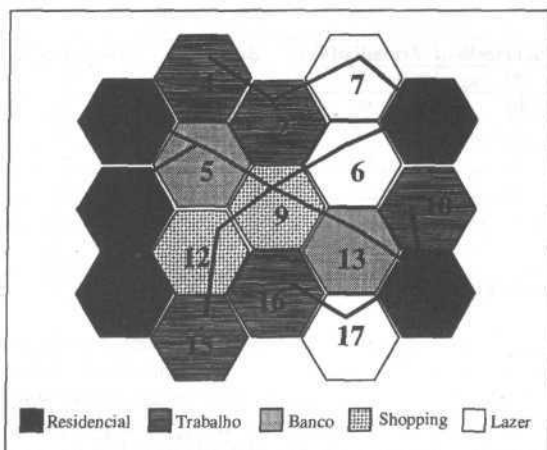


Figura 6: Topologia da Simulação

4.2. Parâmetros de Mobilidade

A mobilidade dos usuários é modelada levando-se em consideração os três tipos de usuários descritos anteriormente na seção que apresenta o modelo de mobilidade, com a seguinte distribuição:

- Usuários comuns (trabalhador) - 60%
- Usuários com alta mobilidade - 25%
- Usuários residenciais - 15%

A obtenção dos percentuais acima não é uma tarefa trivial e requer um bom conhecimento da população da região a ser coberta pela rede. Uma forma de se obter esses dados é através de relatórios oficiais do governo, censos demográficos, relatórios de institutos de pesquisa e empresas especializadas.

Registro(Tipo_de_Procedimento P, Usuário N)
Mensagem = Construir_Mensagem(P, N)
Enviar_Mensagem_Entidade(Mensagem, Entidade)
Inicializa_Timer(Timer);
Esperar até que haja uma mensagem de retorno
Se mensagem de retorno recebida antes do timer expirar, processar a mensagem
Senão retransmitir a mensagem
Fim Registro

Enviar_Mensagem_Entidade(Mensagem M, Entidade E)
Alocar E para processar mensagem enviada
Preparar Mensagem para ser enviada para próxima Entidade
Envia_Mensagem_Entidade(M,E)
Inicializa_Timer(Timer)
Se recebeu resposta antes do timer expirar, enviar uma mensagem de retorno,
Senão enviar mensagem de retorno para entidade anterior relatando a causa
Fim Enviar_Mensagem_Entidade

3.3. Módulo 3 - Arquitetura de Rede

Este módulo é responsável pelo gerenciamento da plataforma e pela utilização direta das informações recebidas dos demais blocos. Deseja-se que a partir desta configuração seja possível obter a carga de sinalização e as respostas de desempenho relativas aos diversos cenários, que são os objetivos imediatos desta plataforma. Este módulo permite a avaliação de sistemas bastante complexos, tornando possível:

- A utilização de enlaces com tráfego em ambas as direções (duplex) e carga distribuída (rotas diferenciadas), permitindo o uso de rotas alternativas em caso de falhas ou não disponibilidade de enlaces.
- Mudanças e/ou acréscimo no número de áreas de localização para cada comutador, permitindo avaliar cargas desequilibradas. Acréscimos do número de comutadores/BDs do sistema.
- Utilização de arquitetura com comutadores e bancos de dados em níveis diferentes.
- Ampliação do número de células em um sistema ou em uma área de localização.
- Utilização de células de tamanho e características distintas.
- A retirada de um enlace (suposto defeituoso ou indisponível) de modo a se verificar se o sistema de rotas alternativas é capaz de suportar o aumento da carga.
- A entrada em operação de um novo procedimento e/ou serviços, verificando-se o aumento da carga gerada.

Com esta estrutura pode-se permitir que o sistema trabalhe com diferentes modelos de mobilidade e diferentes cenários e mensagens, e deste modo se adapte às necessidades de cada usuário.

4. Estudo Preliminar da Carga de Sinalização

Nesta seção apresentamos alguns resultados obtidos com parte da implementação da arquitetura proposta, uma vez que mais procedimentos vêm sendo introduzidos no simulador. Realizamos algumas simulações com o objetivo de verificar o comportamento da sinalização em função dos perfis de usuários pertencentes a uma

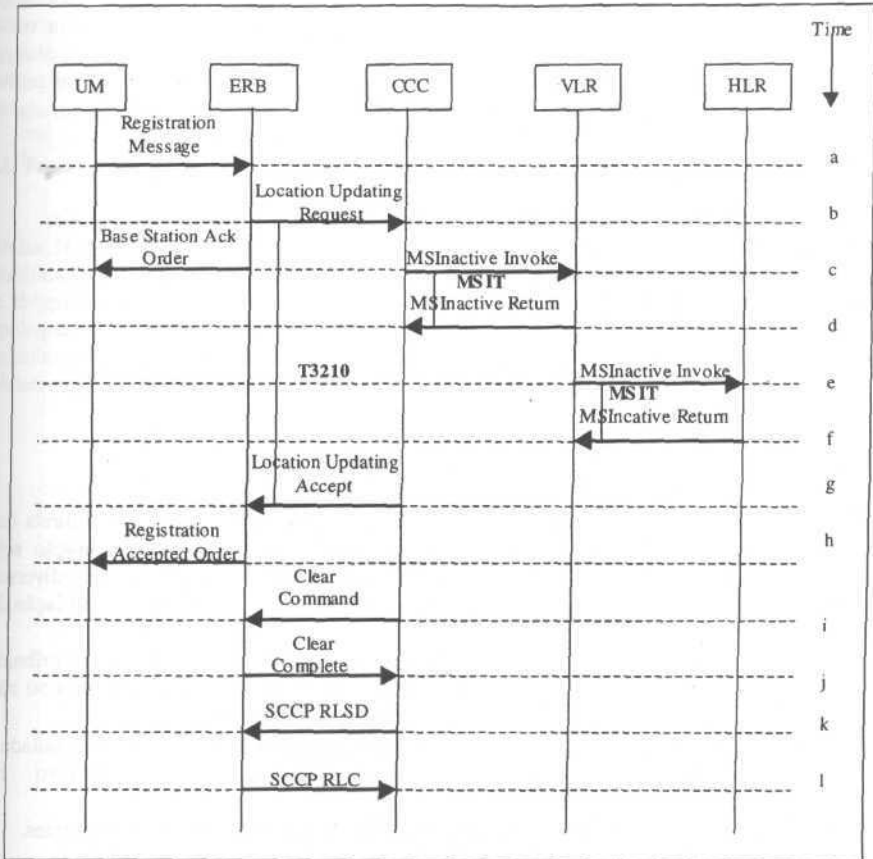


Figura 5: Procedimento *Power Down*

Algoritmo da Sinalização

Inicializa_Sinalização(Tipo_de_Procedimento P, Usuário N)

 Selecione P

 Caso Power_UP

 Registro(P, N)

 Caso Power Down

 Registro(P, N)

 Fim Selecione

Fim Inicializa_Sinalização

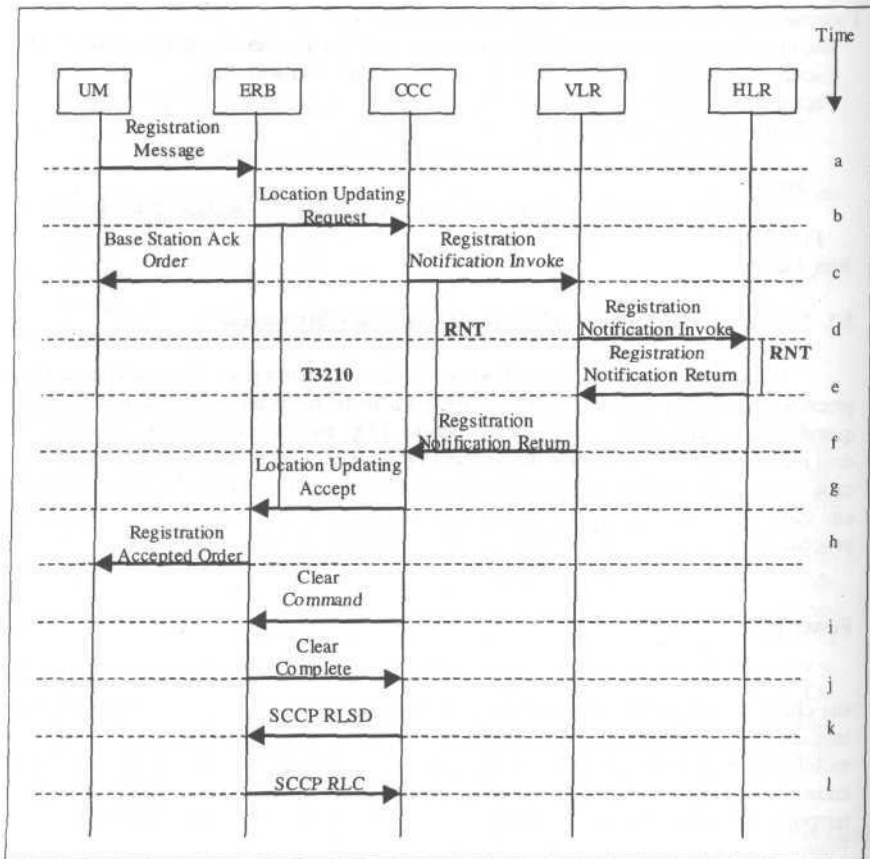


Figura 4: Procedimento *Power Up*

Power Down

Representa o momento em que a unidade móvel é desligada. A partir deste momento todos os temporizadores da UM são interrompidos e é iniciada a troca de mensagens entre as entidades componentes, com o objetivo de liberar os recursos que estavam alocados pela estação. Ao longo da troca de mensagens entre as entidades envolvidas neste procedimento ocorre o acionamento dos temporizadores: *MS Inactive Timer*(MSIT)[9] e T3210 [10], conforme Figura 5.

Módulo Geração de Mobilidade (usuário N, perfil do usuário N)

Faça até que Tempo_Simulado \geq Tempo_Parada

Escolher destino para usuário N de acordo com (hora, probab. dos pontos de atração)

Escolher rota para usuário N, dados (célula origem, célula destino)

Faça até que célula atual = célula destino

Se usuário chegou ao destino

Ativar tempo de residência: Uniforme(Tempo_Max, Tempo_Min)

Senão

Atravessar próxima célula da rota escolhida, dados (velocidade, raio da célula)

Fim_Faça

Fim_Faça

3.2. Módulo 2 - Carga de Sinalização de Cenários e Mensagens

O módulo "Carga de Sinalização de Cenários e Mensagens" fornece informações precisas sobre cada cenário. Estas informações incluem todas as mensagens trocadas quando um determinado procedimento ocorre, (e.g. mensagens entre as entidades de uma rede quando um procedimento de *hand-off* devser executado), em quais interfaces cada mensagem trafega, a carga de cada mensagem e o seu tempo de processamento em cada entidade. A seguir encontra-se detalhada a troca de mensagens para os procedimentos *power up* e *power down*, já implementados na ferramenta.

Power Up

O processo de *Power Up* é iniciado no momento em que a UM é acionada através de sua chave de força, fazendo com que o procedimento de registro descrito na Figura 4 seja iniciado e preparando a UM a executar qualquer outro procedimento decorrente de sua mobilidade e também ações originadas pelo usuário da UM. Ao longo da troca de mensagens entre as entidades envolvidas neste procedimento ocorre o acionamento de alguns temporizadores que são o *Registration Notification Timer*(RNT)[9], T3210 [10] conforme Figura 4.

Dimensão Temporal

Descreve o perfil dos diferentes períodos temporais de acordo com as características de mobilidade de cada horário. A mobilidade é altamente influenciada pela hora do dia, vejamos, por *exemplo*, um cenário típico de um usuário comum:

- pela manhã sai para trabalhar, entre 6:00 e 8:00 horas;
- até em torno das 12:00 horas permanece no local de trabalho;
- movimentação entre as 12:00 e 14:00 durante a hora do almoço;
- novamente permanecendo no local de trabalho até a hora do fim do expediente entre 17:00 e 20:00 horas;
- retornando para casa em seguida;
- movimentações para jantar, saídas noturnas de lazer, até voltar para casa e dormir;
- das 0:00 às 6:00 permanece em casa dormindo.

Dimensão Espacial

Descreve o perfil de cada classe de regiões diferentes. Podemos classificar cada célula da rede de acordo com o perfil de mobilidade da região onde ela se localiza. Células localizadas em bairros residenciais, por exemplo, são caracterizadas pela permanência dos usuários durante a noite até o início da manhã, ou seja, nesse horário essas células em regiões residenciais têm a capacidade de "reter" os usuários. Pelo começo da manhã os usuários se locomovem dos bairros residenciais para os locais de trabalho, logo as células localizadas em regiões tipicamente de trabalho como grandes centros financeiros, comerciais ou industriais, tem uma grande capacidade de "atrair" a movimentação de usuários no horário de início de expediente. Podemos observar que o perfil *sócio-econômico* da região influencia na mobilidade de usuários naquela área. Em [6], por exemplo, as regiões são divididas nas seguintes categorias: central, urbana, suburbana e rural, e em cada uma dessas regiões podem existir pontos de atração de movimento como residências, escritórios, *shopping-centers*, etc.

No caso da mobilidade, é necessário definirmos dois pesos diferentes: um peso para a capacidade de atrair movimentações de usuários e outro peso para a capacidade de reter os usuários na célula. A capacidade de uma célula em atrair movimentações de usuários está relacionado com o fato dos usuários escolherem aquela célula como destino de suas movimentações e a capacidade de uma célula de reter os usuários está relacionado com o tempo que ele permanece naquela célula. Esse poder de atração e de retenção de usuário das células varia em função da hora do dia, do tipo da região e do tipo de usuário.

Os perfis de mobilidade são resultado da combinação da dimensão pessoal, *temporal e espacial*, por exemplo: um determinado tipo de usuário (dimensão pessoal), em uma determinada hora do dia (dimensão temporal), em uma dada região (dimensão regional) possui um certo perfil de mobilidade. Algumas combinações são impossíveis de ocorrer: um usuário trabalhador comum no horário noturno nunca (ou praticamente nunca) vai estar numa região comercial, por exemplo. A seguir apresentados o pseudocódigo do algoritmo adotado para gera mobilidade dos usuários.

ambiente no mundo real. A proposta no nosso modelo é classificar a mobilidade em diferentes perfis, tentando cobrir os mais variados tipos de comportamentos dos usuários.

O ambiente a ser modelado é dividido em 03 (três) dimensões, como mostrado na Figura 3. Para cada combinação entre as dimensões pessoal, espacial e temporal de cada usuário é associado um *perfil de mobilidade*. A seguir temos uma descrição mais detalhada das dimensões pessoal, temporal e espacial.

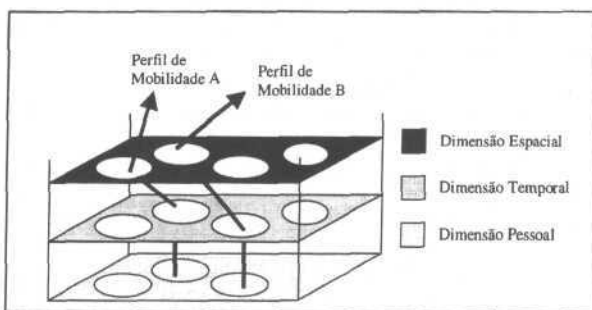


Figura 3 : Modelo de Mobilidade Multidimensional baseado em Perfis

Dimensão Pessoal

Descreve as diferentes classes de usuários com relação à sua mobilidade. Ao se analisar a mobilidade dos usuários de uma rede de telefonia celular em uma região metropolitana veremos que existe um certo padrão de comportamento entre alguns grupos de indivíduos. Por exemplo, o tipo de movimentação mais comum é o usuário acordar pela manhã, ir para o trabalho, passar o dia no local de trabalho, voltar para casa no início da noite e dormir até o início do próximo dia, recomeçando o ciclo, podendo ocorrer pequenas movimentações entre a hora do início e o do término do trabalho, como na hora do almoço, por exemplo. Chamaremos este tipo de usuário de "usuário trabalhador comum".

Ao contrário do usuário trabalhador comum, que passa a maior parte do dia em uma localização fixa, existem os usuários com perfil de alta mobilidade, que apesar de também passarem a noite em casa dormindo, durante o dia passam a maior parte do tempo se movimentando de um lugar para outro, sem permanecer por muito tempo em cada local visitado. Essa característica de alta mobilidade é devido ao tipo da profissão do usuário, que entre outras podemos citar: os representantes de vendas, corretores de seguros, corretores de imóveis, fiscais, investigadores, enfim, há uma grande variedade de atividades que exige uma alta mobilidade do profissional. Denominaremos este tipo de usuário como "usuário com alta mobilidade".

Outro padrão de comportamento é o do "usuário residencial", que não trabalha, passa a maior parte do tempo em casa, *realizando* movimentações esporádicas durante o dia, podendo permanecer desde alguns minutos até várias horas no local visitado, como em bancos, lojas, supermercados, praias ou casa de amigos, por exemplo.

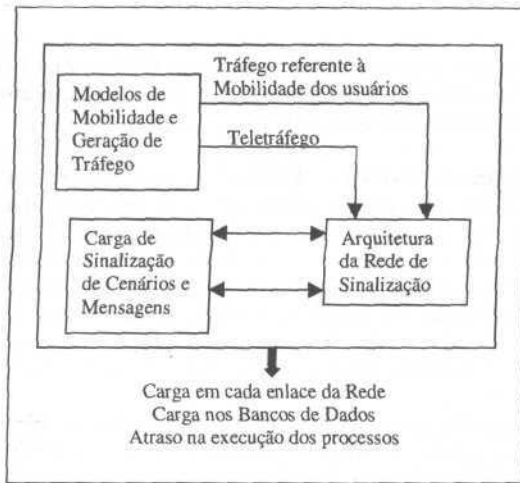


Figura 2 - Esquema da Plataforma CELSA

3.1, Módulo 1 - Mobilidade e Geração de Tráfego

O bloco "Mobilidade e Geração de Tráfego" é o principal alimentador do sistema. A partir dele são recebidas as informações relativas a quais procedimentos estão ocorrendo e em que condições e quantidades isto se dá. Na geração do tráfego a ferramenta deve simular a utilização da rede pelos seus usuários de acordo com os diferentes cenários a serem modelados. Neste módulo, por exemplo, são descritos: o número de chamadas por unidade de tempo, a duração média das chamadas, o tipo de serviço utilizado em chamada, o comportamento da mobilidade dos usuários. A seguir detalhamos a filosofia de um novo modelo de mobilidade que foi implementado como parte do módulo de *Mobilidade e Geração de Tráfego*.

Um Novo Modelo de Mobilidade Baseado em Perfis

O problema de tentar modelar a movimentação de usuários em uma rede de comunicação móvel celular é bastante complexo, pois como o objetivo é tentar prever o comportamento humano quanto à sua mobilidade, é necessário levar em conta diversos fatores como: a geografia e a rede de transportes urbanos da região, a distribuição sócio-econômica da população, a hora do dia, a época do ano, enfim, a quantidade de parâmetros que afetam a mobilidade é realmente muito grande.

A maioria dos modelos da literatura fazem simplificações para facilitar a análise da mobilidade: em [4] o autor assume que o número de usuário numa célula permanece sempre constante, em [3] a velocidade do usuário é assumida como sendo constante e em [4][8] a direção da movimentação dos usuários é modelada como sendo uniformemente distribuída entre $[0, 2\pi[$.

Essas simplificações tornam os cálculos dos parâmetros de qualidade da rede bem mais simples, mas podem distanciar muito as previsões dadas pelo modelo do

mapea as mensagens enviadas pela UM em direção ao CCC ou outro elemento qualquer da rede e vice-versa. Para cada ERB é designado um conjunto de canais específicos, e a área de cobertura de uma ERB é denominada de célula.

Centro Comutação Celular (CCC) - é uma central telefônica especialmente desenvolvida para redes celulares, e responsável pelo processamento e distribuição das mensagens geradas a partir de procedimentos realizados pela UM. Está conectada à CCC, principalmente, via enlaces terrestres e faz a interface entre as UM's e a rede pública de telefonia comutada. As células gerenciadas por um CCC cobrem uma região denominada de *área de serviço*. Os usuários cadastrados em uma *área de serviço* são chamados de *home subscribers* e a área a qual eles são vinculados é chamada de *home location*. Os usuários que estão fora da área onde foram registrados são chamados de *roamer subscribers*.

Home Location Register (HLR) - São bases de dados que contêm informações sobre as UM's. Pode existir um ou mais HLR's, dependendo da arquitetura do sistema. Nos HLR's são armazenadas informações como: o *Mobile Identification Number (MIN)*, *Electronic Serial Number (ESN)*, perfil do usuário com dados sobre *billing*, *call forward-to number*, estado (ativo ou inativo) e pontoeiro para o último VLR onde a UM se registrou.

Visitor Location Register (VLR) - Funciona em conjunto com os HLR's para suportar *roaming* automático. São repositórios locais, temporários, com dados da UM que está fora de sua área de serviço. Quando um *roamer subscriber* se registra em uma área de serviço o seu perfil é transferido para o VLR local, com o objetivo de reduzir o tráfego de sinalização entre as áreas de serviços e diminuir o tempo de estabelecimento de uma chamada.

3. Uma Arquitetura para a Análise da Carga de Sinalização

Esta seção tem como objetivo descrever a arquitetura de uma plataforma de simulação para redes de sinalização. Para a implementação desta plataforma propõe-se a utilização de um esquema de desenvolvimento modular, que permita uma maior abrangência e flexibilidade do simulador. A apresentação dos módulos da ferramenta é acompanhada da descrição de algoritmos e procedimentos já implementados e utilizados nas simulações realizadas neste artigo. Este esquema se baseia em três módulos principais. Veja a Figura 2:

- Módulo 1 - Mobilidade e Geração de Tráfego;
- Módulo 2 - Carga de Sinalização de Cenários e Mensagens;
- Módulo 3 - Estrutura de Rede.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve a arquitetura básica das redes móveis/celulares. A seção 3 apresenta a arquitetura proposta, com os módulos que a implementam em um simulador de eventos discretos, e o detalhamento de um modelo de mobilidade mais realístico para regiões metropolitanas. Na seção 4, resultados preliminares obtidos com a implementação parcial da arquitetura são apresentados e, finalmente, na seção 5 temos as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Arquitetura dos Sistemas Celulares

Arquitetura da Rede

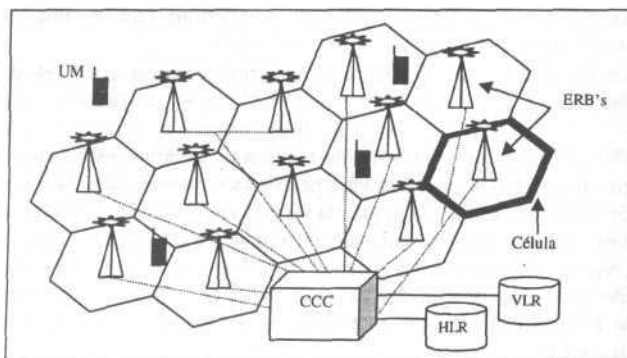


Figura 1 - Arquitetura de uma rede móvel celular

A Figura 1 mostra as entidades funcionais numa rede celular típica com os seguintes elementos :

- UM - *Unidade Móvel*
- ERB - *Estação Rádio Base*
- CCC - *Centro Comutação Celular*
- HLR - *Home Location Register*
- VLR - *Visitor Location Register*

Unidade Móvel (UM) - é a interface entre o cliente assinante da rede celular e as estações rádio-base, também chamada de estação móvel ou terminal. Além da transmissão de voz a UM também prove funções de controle e sinalização. À medida em que há movimentação da UM podem ser executados um ou mais procedimentos como, por exemplo: *power up*, *hand off*, *power down* dependendo se a UM será ligada, mudará de célula para outra, ou será desligada. Para cada procedimento haverá uma ou mais mensagens de sinalização que serão enviadas pelo aparelho celular para outros elementos da rede e cujas mensagens correspondem a parte do tráfego total da rede.

Estação Radio Base (ERB) - Formada pela unidade de rádio, com transmissores, receptores, torre e antenas, e pela unidade de controle, através de microprocessadores. É responsável pelo controle, supervisionamento e monitoração das chamadas de/para as UM's e

1. Introdução

A demanda mundial por serviços de comunicação pessoal [1], representada principalmente pelos serviços de telefonia celular, tem crescido significativamente nos últimos anos. O número de usuários em todo o globo tem aumentado a taxas exponenciais. Abaixo temos alguns números que demonstram esse crescimento [2]:

- no Japão o número de usuários cresceu de 11 para 20 milhões em menos de 1 ano, de março a outubro de 1996;
- nos países nórdicos para cada linha de telefonia fixa vendida, são vendidas 10 linhas de telefonia celular;
- nos Estados Unidos o número de usuários de *pager* em 1994 já passava de 30 milhões.

Além do enorme crescimento do número de usuários, estão surgindo novos tipos de serviços de comunicação oferecidos pelas redes móveis além da transmissão de voz, como por exemplo: transmissão de dados, imagens, vídeo e dados multimídia, que exigem uma maior banda passante do já limitado espectro de *rádio-frequência*. Esses novos serviços, juntamente com o maior número de usuários, fazem com que o tráfego transitando pelas redes seja muito mais intenso, tornando a preocupação com a qualidade de serviço (QoS) uma necessidade cada vez maior nas empresas operadoras de telecomunicações.

Os modelos de geração de tráfego e os de mobilidade de usuários são ferramentas essenciais na análise e planejamento da QoS. A caracterização da mobilidade dos usuários tem um papel fundamental no estudo dos sistemas móveis, uma vez que ela afeta diretamente o desempenho da rede através dos procedimentos de *handoff*atualização de localização, registro, *paging*, que são procedimentos realizados para garantir a mobilidade do usuário. Esses procedimentos são realizados através da troca de mensagens de sinalização entre os diversos elementos que compõem a rede de comunicação móvel, contribuindo para o aumento da carga de tráfego na rede. O modelo de mobilidade é fundamental na previsão e dimensionamento desse tráfego gerado pela mobilidade dos usuários, permitindo que se realize um melhor planejamento e alocação de recursos na construção e manutenção de uma rede de comunicação *móvel/celular* [7].

Com o advento dos sistemas de segunda e terceira gerações é esperado que as operadoras se vejam obrigadas a enfrentar um aumento significativo da carga de sinalização que trafega sobre a parte fixa da rede móvel. Apesar disto, são raros os provedores de serviços de comunicações móveis que possuem atualmente a capacidade de prever com relativa precisão o montante deste aumento.

O objetivo deste artigo é apresentar uma arquitetura de simulação para a análise de carga de sinalização em ambientes de redes de comunicação móvel celular. São descritos os módulos que formam esta arquitetura e a ferramenta de simulação (CELSA *Cellular Signaling Analyser*) implementada na linguagem SIMSCRIPT II.5 [12]. Neste artigo, dentre os componentes desta arquitetura, enfatizamos um novo modelo de mobilidade [13], implementado na ferramenta.

- [3] M. Y. Chung, T. S. Kim, H. S. Cho, D. K. Sung, "Modeling of Terminal Mobility to Evaluate the Number of Location Updates", IEEE, ISSN 0-7803-3925-8, pp. 1266-1270, 1997.
- [4] R. Thomas, H. Gilbert, G. Mazziotto, "Influence of the Moving of the Mobile Stations on the Performance of a Radio Mobile Cellular Network", apresentado no 3rd Nordic Seminar, Copenhagen, Dinamarca, paper 9.4, Setembro 1988
- [5] M. M. Zonoozi, P. Dassanayake, "User Mobility Modeling and Characterization of MobilityPatterns", IEEE JSAC, vol. 15, nº 7, pp. 1239-1252, Setembro 1997
- [6] J. G. Markoulidakis, G. L. Lyberopoulos, D. F. Tsirkas, E. D. Sykas, "Mobility Modeling in Third-Generation Mobile Telecommunications Systems", IEEE Personal Communications, pp. 41-56, Agosto 1997.
- [7] D. Hong, S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized HandoffProcedures", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-35, nº 3, pp. 77-92, Agosto 1986
- [8] E. Del Re, R. Fantacci, G. Giambene, "Handover and Dynamic Channel Allocation Techniques in Mobile Cellular Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 44, nº 2, pp. 229-237, Maio 1997.
- [9] TIA/EIA/IS-41.1-6.C, Cellular Radio-Telecommunications Intersystem Operations, November 1995
- [10] TIA/EIA/IS-634, MS/BS Interface for Public 800 MHz, December 1995.
- [11] TIA/EIA/IS-136.1-A, TDMA Cellular/PCS - Radio Interface - Mobile Station - Base Station Compability- Digital Control Channel, October 1996
- [12] Building Simulation Models with SIMSCRIPT II.5, CACI Products Company, February 1999
- [13] B. G. S. Alencar, D. Sadok, Modelo de Mobilidade de Usuários para Redes Móveis, 1º Workshop de Comunicação Sem Fio, Belo Horizonte - MG, 1999