

Transmissão de dados através de telefonia celular: arquitetura das redes GSM e GPRS

Rodolfo Pedó Pirotti¹

Marcos Zuccolotto²

Resumo

O padrão de telefonia celular mais difundido no Brasil e no mundo é, atualmente, o padrão GSM, que disponibiliza o serviço GPRS como uma das alternativas para transmissão de dados através de dispositivos móveis, para, por exemplo, aplicações de telemetria. O projeto de sistemas monitorados ou acionados à distância demanda conhecimento prévio das condições e limites do enlace, o que torna necessário o conhecimento aprofundado sobre a arquitetura e os serviços disponibilizados pela rede GSM, permitindo avaliar melhor as possibilidades de implementação e tornar a aplicação mais robusta. Este é o primeiro de uma série de dois artigos e apresenta os conceitos básicos sobre telefonia celular, bem como a descrição da arquitetura das redes GSM e GPRS, servindo como uma introdução aos profissionais de automação ou sistemas de telemetria a esta nova tecnologia de comunicação.

Palavras-chave: GPRS; GSM; Transmissão de dados.

Abstract

The cellular phone standard most used in Brazil and in the world is, nowadays, the GSM standard, which offers the GPRS (General Packet Radio Service) service as an alternative to transmit data through mobile devices instead of voice. For a better development of remote systems, it is necessary to know the characteristics of the WAN (Wide Area Network) that will be used, allowing the engineer to prevent some possible errors and make the application has a better performance. This is the first of two articles about GPRS. In this one, it is presented the main concepts of a cellular phone network and the description of GSM and GPRS services.

Keywords: GPRS; GSM; Data transmission.

1 Introdução

O uso das redes de telefonia celular para transmissão de dados e não apenas voz tem se apresentado como uma alternativa de rede

de comunicação para aplicações em automação comercial, industrial e gerenciamento de distribuição e consumo de energia elétrica, gás e água.

¹ Engenheiro Eletricista. Engenheiro de Desenvolvimento da Elster Medição de Energia Ltda. Artigo baseado parcialmente em monografia apresentada para obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, 2008. E-mail: <rodolfopp@yahoo.com.br>

² Mestre em Engenharia Elétrica – UFRGS. Professor do curso de Engenharia Elétrica – UNISINOS e do Curso Técnico de Eletrônica – Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. Rua Inconfidentes, 395, Primavera, 93340-140, Novo Hamburgo, RS, Brasil. Email: <marcosz@unisinis.br>
Recebido em 12/2008 e aceito em 03/2009.

Nos casos em que para a troca de dados é aceitável uma pequena taxa de erro ou certa latência entre a requisição da informação e seu recebimento, o uso da infra-estrutura das redes de telefonia celular torna-se interessante por já possuir um alcance que cobre praticamente todo o Brasil.

A tecnologia mais difundida como padrão para este tipo de rede é a tecnologia GSM. Utilizando esta tecnologia, é possível transmitir dados a uma taxa de até 9,6 kbits/s, utilizando o serviço CSD (*Circuit Switched Data*), porém outros serviços foram desenvolvidos na rede GSM para tornar mais atrativo o seu uso para transmissão de dados, como o GPRS (*General Packet Radio Service*).

O GPRS permite uma taxa de transmissão de até 171 kbits/s, além de possuir o conceito de comutação por pacotes, ao contrário do CSD, que utiliza o conceito de comutação por circuitos. Recentemente, foi lançada tecnologia 3G (utilizando as tecnologias UMTS, HSDPA e outras) que se torna interessante quando se deseja trafegar grandes volumes de dados. Para pequenos volumes, como é o caso de equipamentos eletrônicos de monitoração remota, rastreamento de veículos e outras aplicações M2M (*machine-to-machine*), o GPRS apresenta uma relação custo/benefício mais favorável.

Este é o primeiro de uma série de dois artigos representando a síntese de uma monografia de engenharia elétrica. Neste, o objetivo é fazer uma revisão bibliográfica da arquitetura da rede GPRS, apresentando os princípios básicos de telefonia celular e os principais conceitos e arquitetura das redes GSM e GPRS, além de apresentar ao (futuro) profissional de automação industrial e áreas de gerenciamento e distribuição de energia elétrica, gás e água a possibilidade de utilização destas tecnologias como meio de transmissão para aplicações de supervisão à distância. No segundo artigo, é feita uma análise de uma implementação de um enlace de dados na rede GPRS, avaliando o desempenho e comparando duas operadoras de telefonia celular.

2 Telefonia móvel celular

De acordo com Alencar (2004), chamamos de comunicação sem fio aquela em que, como o nome já diz, não é necessária a utilização de fios para estabelecer a comunicação entre dois pontos, como a transmissão através de canais de rádio. Já comunicação “Móvel Celular” é definida como a rede de comunicação, também por rádio, que permite aos elementos envolvidos a movimentação constante, porém sem interrupção da mesma, através da passagem da comunicação de uma “célula” para outra.

Foram os laboratórios Bell, nos Estados Unidos, em 1947, que propuseram, inicialmente, a rede de comunicações celulares, embora os experimentos só tenham começado em 1978. Em 1973, a Motorola patenteou o telefone celular. Porém, apenas em 1984 é que o sistema de comunicação celular começou a ser instalado completamente na América. O primeiro país a oferecer o serviço celular foi a Suécia, em 1981.

3 Tecnologias de acesso múltiplo

As tecnologias de acesso múltiplo são responsáveis por prover acesso ao meio físico (canal de rádio) da rede a diversos dispositivos transmissores/receptores, possibilitando o compartilhamento do mesmo por mais de um elemento de rede, atuando assim na camada de enlace do modelo OSI. As três principais estratégias de acesso múltiplo compartilhado utilizados na telefonia celular são: FDMA (*Frequency-Division Multiple Access*), TDMA (*Time-Division Multiple Access*) e CDMA (*Code-Division Multiple Access*).

4 Célula

Conforme Sverzut, (2005), com o avanço dos sistemas de comunicações e da telefonia móvel, uma das formas de viabilizar o aumento do número de usuários foi a divisão de determinadas áreas geográficas em “células”, que são agrupadas em *clusters*. Cada célula é

servida pelo seu próprio conjunto de radiotransmissores e radiorreceptores. Assim, reduz-se a potência necessária nas interfaces de RF (radiofrequência) permitindo a reutilização das faixas de frequência em *clusters* diferentes. Dessa forma, em locais com grande densidade de usuários, projeta-se um sistema celular com células menores e transmissores de menor potência, para que os canais de frequência possam ser reutilizados mais vezes, aumentando a capacidade de usuários do sistema.

Cada célula possui um determinado número de canais designados de acordo com o espectro disponível, e as BTSs (*Base Transceiver Station*- Estações-Base Transceptoras) são projetadas para atingir apenas a área de cobertura da sua célula.

5 Rede GSM

O padrão GSM para telefonia celular começou a ser desenvolvido na Europa, no início da década de 80. O então criado grupo *Groupe Spéciale Mobile* teve o objetivo de desenvolver um novo padrão que substituisse os diversos padrões usados até então. Embora tendo sido pensado inicialmente apenas para a Europa, o padrão demonstrou condições de se tornar um padrão global (ALENCAR, 2004).

Lançado no mercado europeu em 1991, a sigla GSM foi alterada para *Global System for Mobile Communications*. Por razões econômicas, o processo de padronização para o GSM só poderia ocorrer com o lançamento de seus serviços e, portanto, foram criadas fases para o desenvolvimento, as *GSM Phase 1* e *GSM Phase 2*. Atualmente utilizam-se as nomenclaturas de 2,5G e 3G, correspondentes as recentes implementações do padrão GSM. No Brasil, o padrão foi adotado no ano de 2002 (ALENCAR, 2004)

6 Arquitetura da rede GSM

Uma rede de telefonia celular é composta por diversos elementos, interligados entre si através de canais de comunicação. Cada elemento possui uma função distinta, como enviar

o sinal de RF até um telefone celular ou buscar numa base de dados se o usuário que solicitou uma chamada tem autorização para isto. Esses elementos são instalados de acordo com a região de cobertura e as necessidades da operadora de telefonia celular.

A arquitetura da Rede GSM pode ser subdivida em três subsistemas, os quais são chamados de BSS (*Base Station Subsystem*), NSS (*Network and Switching Subsystem*) e OMS (*Operations and Maintenance System*). O BSS é visto como o subsistema da estação radiobase (BTS), o NSS é o subsistema de gerenciamento e comutação da rede, enquanto o OMS é o subsistema de suporte e operação. A figura 1 representa a arquitetura da rede GSM.

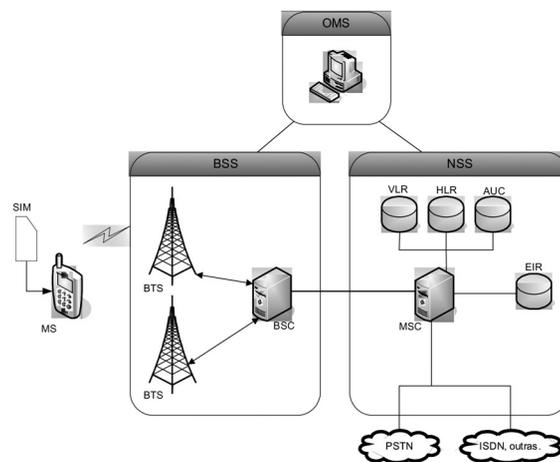


Figura 1 – Arquitetura da rede GSM

- Estação móvel (MS – *Mobile Station*): é o equipamento que se comunica na rede GSM, podendo ser, atualmente, um telefone celular ou também um equipamento qualquer que utilize a rede GSM para enviar ou receber informações. A MS ao movimentar-se ao longo de diferentes células, é capaz de medir a potência do sinal recebido por cada BTS e, caso o sinal esteja fraco, realizar uma troca de BTS. A opção sempre é pela BTS com melhor sinal e maior canal de frequência, pois a potência necessária na transmissão é menor (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

- Identidade internacional do assinante móvel (IMSI – *International Mobile Subscriber Identity*): é o número que identifica o usuário na rede GSM, estando armazenado no *SIM*

Card, e sendo transmitido na fase de inicialização de uma chamada. É composto pelos códigos MCC (*Mobile Country Code*), MNC (*Mobile Network Code*) e MSIN (*Mobile Subscriber Identification Number*) (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

- Identidade internacional do equipamento móvel (IMEI): assim como o IMSI, que é único por *SIM Card*, cada equipamento móvel apto a comunicar-se na rede GSM possui um número de identidade único, o IMEI. O IMEI é a forma de barrar acesso à rede de equipamentos não-aptos, como equipamentos roubados (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

- Módulo de identidade do assinante (SIM): o módulo de identidade do assinante, SIM (*Subscriber Identity Module*), fornece a identificação da MS para conexão na rede GSM. O número do assinante na rede não fica armazenado no *SIM Card* (cartão de identificação da MS), fica armazenado na operadora de telefonia celular da rede GSM.

- Sistema de estação base (BSS): o BSS é responsável pela conexão entre a MS e o sistema de comutação da rede GSM, o MSC, realizando o gerenciamento da interface aérea, canais de RF e comutação do sinal para que o mesmo chegue ao MSC. É composto pela estação transceptora base e controlador de estação base.

- Estação transceptora base (BTS): uma BTS é o conjunto de antenas e transceptores em cada célula da rede. Tipicamente a BTS se localiza no centro de uma célula. A potência dos transmissores da BTS é dimensionada de acordo com o tamanho desejado para a célula; em cada célula pode haver de um até dezesseis transceptores, cada um representando um canal GSM diferente (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

- Controlador de estação base (BSC – *Base Station Controller*): controla e gerencia um grupo de BTS's, sendo a quantidade variável. Dentre outras tarefas, o BSC é responsável por gerenciar o *handover* (troca de células), controle de frequência e níveis de potência das BTS's. Possui também uma matriz de comutação digital, utilizada para interconectar os canais de RF da interface aérea com as MS's

e os circuitos terrestres provenientes da MSC (*Mobile services Switching Center*). Desta forma, para o MSC é transparente como a informação chegará a determinada MS, pois o BSC gerencia esta comutação (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

- Sistema de comutação da rede (NSS – *Network Switching System*): gerencia as funções de comutação, controle de mobilidade e base de dados dos assinantes da rede GSM. O NSS é composto por central de comutação móvel, registro de localização local, centro de autenticação, registro de localização de visitante e registro de identidade do equipamento.

- Central de comutação móvel (MSC – *Mobile services Switching Center*): é o componente central do NSS, responsável pelo processamento de chamadas, operação e supervisão do sistema GSM, tarifação e interconexão entre a rede GSM e demais redes, como a rede pública de telefonia fixa.

- Registro de localização local (HLR – *Home Location Register*): é responsável pela administração da base de dados dos assinantes locais. Quando um serviço GSM é contratado, o assinante é cadastrado no HLR de sua operadora. Ali estão informações de serviços disponíveis para este usuário, IMSI, estado (registrado ou não), chave de autenticação e localização.

- Registro de localização de visitante (VLR): é responsável por manter, por um tempo determinado (definido pelo operador de rede), informações sobre os assinantes visitantes que estejam conectados na rede.

- Centro de autenticação (AuC – *Authentication Center*): normalmente fica instalado junto ao HLR e é responsável pelas funções de autenticação e criptografia na rede. Ele fornece alguns parâmetros para autenticação, enviando estes dados ao HLR que, por sua vez, reenvia ao VLR.

- Registro de identidade de equipamento (EIR – *Equipment Identity Register*): é uma base de dados contendo os números IMEI dos equipamentos. A base de dados do EIR é formada por três listas: lista branca, contendo todos os IMEI's de MS's habilitadas a utilizar

o sistema, a lista negra, que contém os IMEI's de MS's que não estão habilitadas a utilizar o sistema, como por exemplo MS roubada e a lista cinza, contendo os IMEI's de MS's com algum tipo de problema ou pendência, mas que não justifica a entrada das mesmas na lista negra.

- Sistema de operação e manutenção (OMS): o sistema de operação e manutenção permite a supervisão e manutenção remota dos elementos da rede GSM (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

7 Interface aérea na rede GSM

Cada canal de rádio na interface aérea da rede GSM possui uma largura de faixa de 200 kHz. Utilizando a técnica de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), cada canal suporta ainda 8 canais, através da divisão de um período de tempo em intervalos de tempo de canal (ITC ou *time slots*). Cada canal é numerado de 0 a 7, sendo a sequência de divisão repetida a cada 4,615 ms, o que chamamos de quadro (portanto cada *slot* dura 576,92 μ s). A informação que está sendo transmitida num ITC por uma MS é chamada de *burst* (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

Assim, podemos concluir que há uma combinação da técnica FDMA com a TDMA no GSM. Existindo diversos canais de frequência para transmissão, cada canal possui sua frequência e largura de banda própria (técnica FDMA), porém o tempo de transmissão ainda é dividido em oito partes, sendo cada parte designada a uma MS que transmite, teoricamente, por um quadro e fica ociosa os sete quadros seguintes (técnica TDMA). Na prática, a repetição garantida de um *slot* disponível para a MS a cada quadro pode variar em função do tráfego da rede, nível de sinal da MS e outros fatores (SVERZUT, 2005; ALENCAR, 2004).

Os canais utilizados para envio e recepção de informação são separados, possuindo frequências distintas. Cada um destes pares de frequências recebe um código para sua identificação que é chamado de ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Numbers* – Números de canal de radiofrequência absoluta).

O quadro 1 apresenta um resumo das características de cada padrão GSM. As faixas de frequência possuem um intervalo não reservado, existente entre os canais de *uplink* e *downlink* (EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE, 2008).

	GSM 850	GSM 900	GSM	PCS 1900
Frequência	824 MHz a 894 MHz	890 MHz a 960 MHz	1710 MHz a 1880 MHz	1850 MHz a 1990 MHz
Códigos ARFCN	128 a 251	0 a 124 e 955 a 1023	512 a 885	512 a 810
Período de quadro	4,615 ms			
Período do timeslot	576,9 μ s			
Período do bit	3,692 μ s			
Modulação	0,3 GMSK			
Espaçamento entre canais	200 kHz			
Potência máxima da MS	20 W (8 W atualmente)		4 W	2 W

Quadro 1 – Características da interface aérea na rede GSM

8 Rede GPRS

Com a popularização da telefonia celular, novas possibilidades e necessidades começaram a surgir, como o uso da infra-estrutura já existente para o tráfego de dados. A rede GSM foi concebida, inicialmente, para o tráfego de voz, tendo o serviço CSD como uma alternativa para o tráfego de dados, mas se mostrando pouco interessante pela taxa de transmissão limitada e pela forma de tarifação pois utiliza o modelo de comutação por circuitos. Estão sendo implantados outros serviços utilizando a arquitetura básica da rede GSM. Atualmente, encontram-se em operação os serviços 2,5G GPRS (*General Packet Radio Service*), 2,75G EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) e o sistema de terceira geração 3G UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*).

O serviço GPRS (também chamado de rede GPRS) utiliza os recursos já existentes na rede GSM, acrescentando alguns equipamentos na infra-estrutura da rede para suportar os novos serviços de dados. Além de permitir aos usuários a troca de dados e acesso à internet, a rede GPRS permitiu que as operadoras de telefonia utilizassem esta rede para testar e implementar novos serviços, que futuramente seriam aproveitados na implementação das redes 3G (SVERZUT, 2005).

9 Arquitetura da Rede GPRS

Para a implementação do serviço de GPRS, utilizando a rede GSM, foram introduzidos

novos elementos na arquitetura da rede, representados na figura 2 e descritos na sequência.

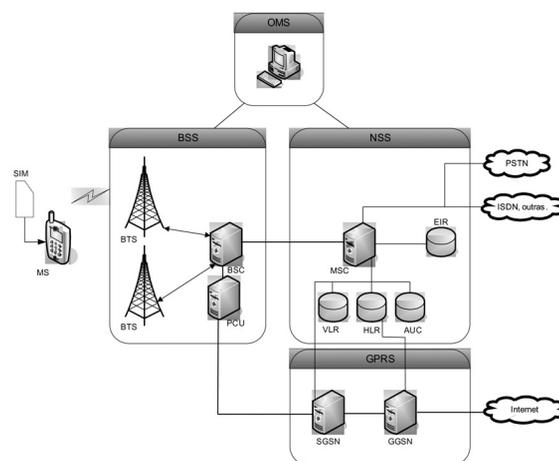


Figura 2 - Arquitetura rede GSM + GPRS

As principais modificações realizadas na rede GSM para a implementação da rede GPRS estão indicadas no quadro 2.

- Unidade de controle de pacote (PCU – *Packet Control Unit*): provê as interfaces lógica e física para o tráfego de dados na rede GPRS. Quando a rede GPRS está sendo usada, o tráfego dos dados é transferido através da PCU, que os envia para o SGSN. O tráfego de voz continua utilizando o mesmo caminho da rede GSM, passando do BSC para o MSC (SVERZUT, 2005).

- Servidor do nó de suporte GPRS (SGSN – *Serving GPRS Support Node*): provê o acesso das MS's à rede GPRS. Quando uma MS realiza o *attach* na rede GPRS, o SGSN passa a gerenciar a mobilidade da MS, guardando

Elemento de rede	Modificações
MS	A MS precisa estar apta a acessar a rede GPRS.
BTS	Atualização de <i>software</i> nas BTS's existentes.
BSC	Atualização de <i>software</i> nos BSC's existentes e instalação de um novo <i>hardware</i> (PCU) para controle do tráfego de dados.
SGSN e GGSN	Dois novos elementos de rede para o serviço GPRS.
VLR, HLR, AuC, EIR	Atualização de <i>software</i> para suportar novas funções do GPRS.

Quadro 2 – Modificações na rede GSM para suportar a rede GPRS

informações de localização e segurança (SVERZUT, 2005; MISHRA, s.d.)

Quando a MS solicita uma ativação de contexto PDP (*Packet Data Protocol*), o SGSN estabelece um contexto PDP para os propósitos de roteamento necessários dentro da rede GPRS local do usuário e de acordo com o GGSN que o mesmo estiver usando, ou caso seja necessário acessar outra rede externa, como a internet. Os pacotes de dados recebidos no SGSN, após o devido processamento, são enviados ao GGSN destino. A conexão do SGSN com o GGSN é realizada através de redes IP (MISHRA, s.d.).

As principais funções do SGSN são gerenciamento de mobilidade (MM – *Mobile Management*), processamento de registro e autenticação da MS, compressão e criptografia dos dados, tarifação dos dados trafegados e interface com o HLR (para obter os dados dos usuários GPRS) (SVERZUT, 2005; MISHRA, s.d.).

Um SGSN pode direcionar os dados a mais de um GGSN de acordo com a APN utilizada pela MS.

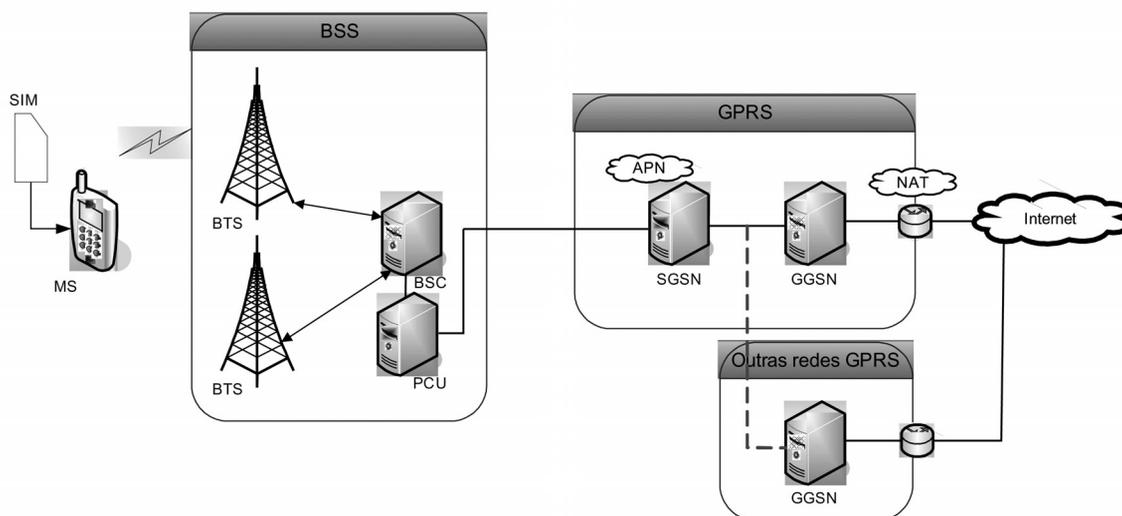
- *Gateway do nó de suporte GPRS (GGSN – Gateway GPRS Support Node)*: provê a conexão da rede GPRS com as redes de dados externas. O GGSN possui informações de roteamento dos usuários conectados na rede GPRS para direcionar corretamente os pacotes de dados.

As principais funções do GGSN são manutenção das informações de roteamento, mapeamento de endereços de rede e assinante e mapeamento das classes de qualidade de serviço (QoS) GPRS nas classes utilizadas na internet. (SVERZUT, 2005).

Um GGSN pode receber e enviar dados a mais de um SGSN.

- Nome do ponto de acesso (APN – *Access Point Name*): é um serviço da rede GPRS que designa qual aplicação, protocolos e serviços o usuário acessará e poderá utilizar. Os endereços APN são endereços que podem seguir a padronização utilizada na internet, como, por exemplo, *operadora.com.br*, e apontam para o servidor que fornece as informações (SVERZUT, 2005). A MS, ao solicitar uma conexão de dados na rede GPRS, deve informar a APN utilizada para que os elementos da rede identifiquem os serviços disponíveis.

- *Network address translator (NAT)*: é um serviço tipicamente implementado entre o GGSN e a rede de comunicação externa, como a internet, por exemplo. Devido ao alto número de endereços IP que seriam necessários para endereçar todas as MS's, que eventualmente necessitassem transmitir dados pela internet, é utilizado o serviço NAT para atribuir endereços de IP temporários a cada MS, permanecendo ativo por um tempo, e, após a MS encerrar a conexão, este endereço IP pode ser atribuído a outro usuário (ERONEN,



2008). A figura 3 resume, de forma gráfica, a arquitetura da rede GPRS.

10 Terminais GPRS

Os terminais GPRS, denominados MS, são os equipamentos capazes de utilizarem os serviços da rede GPRS. Também chamados de *modems* GPRS, possuem o *hardware* para a comunicação RF, além do suporte à GSM e GPRS de acordo com as normas GSM, sendo configurados e utilizados através de comandos AT.

Os *modems* GPRS podem ser classificados de diversas formas, como (*EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE*, 2000):

- Classes A, B ou C: os terminais classificados como classe A podem utilizar os serviços GPRS e GSM simultaneamente. Os terminais classe B podem utilizar os dois serviços, mas não simultaneamente. Já os terminais classe C podem utilizar apenas os serviços GPRS.

- Classes de *multislot*: esta classificação indica a capacidade dos terminais de receber e enviar dados e o uso de *slots* da rede para isto. Existem 29 classes definidas. No quadro 3, são mostradas as primeiras 12 classes.

Classe de <i>Multislot</i>	Número máximo de <i>slots</i>		
	Rx	Tx	Soma
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

Quadro 3 – Classes de *multislot* GPRS

Neste exemplo, um terminal classe 12 pode utilizar 4 *slots* para envio e 4 para recebimento, mas a soma dos dois não pode ultrapassar 5.

- *Coding scheme*: são esquemas de modulação utilizados na interface RF da rede utilizados para tornar o enlace de rádio mais robusto. São definidos 4 tipos de codificação, sendo que os terminais são obrigados a suportar os 4 esquemas de codificação, enquanto as operadoras de telefonia precisam suportar pelo menos o CS-1. O quadro 4 indica os esquemas de codificação (chamados de CS-1 a CS-4) e a taxa máxima de dados (em kbits/s) suportada em função do número de *timeslots* utilizados no quadro TDMA.

<i>Slots</i>	CS-1	CS-2	CS-3	CS-4
1	9,05	13,4	15,6	21,4
2	18,1	26,8	31,2	42,8
3	27,15	40,2	46,8	64,2
4	36,2	53,6	62,4	85,6
5	45,25	67,0	78,0	107,0
6	54,3	80,4	93,6	128,4
7	63,35	93,8	109,2	149,8
8	72,4	107,2	124,8	171,2

Quadro 4 – Esquemas de codificação e taxa máxima de transmissão

11 Considerações finais

Esta revisão da rede GSM e do serviço GPRS apresenta os principais elementos e variáveis necessárias a serem consideradas no caso do uso dessas redes, em especial a GPRS, para um enlace de dados a distância.

Diversos fatores podem influenciar no desempenho, como nível de sinal, cobertura da operadora de telefonia, *coding scheme* em uso, classe do dispositivo móvel, APN em uso, dentre outros. Além disso, a existência do serviço NAT pode dificultar o acesso ao dispositivo, uma vez que pode existir a troca de endereço IP na rede em determinadas condições. Nota-se, também, a variabilidade da taxa de transmissão teórica, em função de

determinadas condições da rede e dos dispositivos que a acessam.

De qualquer forma, com uma aplicação robusta e um serviço de boa qualidade, o uso desta rede é uma alternativa viável para aplicações que não utilizem grande volume de dados e suportem um tempo relativamente alto entre a solicitação da informação e o recebimento da mesma. Mas é preciso atentar para a qualidade do sinal e do serviço prestado pelas operadoras de telefonia celular, que varia dependendo da região onde a aplicação será utilizada.

Referências

- ALENCAR, Marcelo Sampaio. **Telefonia celular digital**. São Paulo: Editora Érica, 2004.
- ERONEN, Pasi. **TCP Wake-Up: Reducing Keep-Alive Traffic in Mobile IPv4 and IPsec NAT Traversal**. Nokia Research Center. 2008. Disponível em: <<http://research.nokia.com/files/NRCTR2008002.pdf>>. Último acesso em outubro de 2008.
- EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE (ETSI). **Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) - AT Command set for GSM Mobile Equipment (ME)**. 3GPP TS 07.07 version 7.8.0, 1998. Sophia Antipolis: ETSI TS 100 916 V7.8.0, 2003.
- _____. **Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) - General Packet Radio service (GPRS) - Mobile Station (MS) supporting GPRS**. 3GPP TS 07.60 version 7.2.0, 1998. Sophia Antipolis: ETSI TS 101 356 V7.2.0. 2001.
- _____. **Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) - General Packet Radio Service (GPRS) - Service description - Stage 2**. GSM 03.60 version 7.4.1, 1998. Sophia Antipolis: ETSI EN 301 344 V7.4.1. 2000.
- _____. **Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) - Radio transmission and reception**. 3GPP TS 45.005 version 7.13.0 Release 7. Sophia Antipolis: ETSI TS 145 005 V7.13.0. 2008.
- MISHRA, Amitabh. **Performance and architecture of SGSN and GGSN of General Packet Radio Service (GPRS)**. Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University, s.d.
- SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS**. São Paulo: Editora Afiliada, 2005.

