

2 Transmissão de Pacotes na Segunda Geração

2.1. Introdução

Embora alguma forma de comunicação móvel já fosse possível desde a Segunda Guerra Mundial (através de aparatos eletrônicos montados sobre veículos militares), a telefonia celular só se tornou realidade no início da década de 80, quando a primeira geração foi concebida. Estes sistemas eram analógicos e o seu principal serviço era a comunicação através da transmissão da voz baseada em comutação por circuito. Nenhuma espécie de transmissão de dados era possível.

O primeiro sistema celular a entrar em operação foi o AMPS, em 1979, na cidade de Chicago, Estados Unidos. Durante a década de 80 vários outros sistemas analógicos foram implantados em todo o mundo. Devido à falta de padronização, a intercomunicação entre assinantes de sistemas diferentes era impossível.

Antes do final dos anos 80, ao mesmo tempo em que as redes de primeira geração estavam se tornando saturadas, iniciava-se uma demanda crescente por taxas de transmissão de dados cada vez maiores (principalmente devido ao desenvolvimento da Internet). Estava claro que as redes analógicas, com todas as suas limitações (baixa eficiência espectral, nenhuma interoperabilidade, grande susceptibilidade a interferências, etc), não seria adequada para tal demanda.

Além disso, a interoperabilidade era vista como um fator essencial para aumentar receitas e justificar investimentos. Na Europa, por exemplo, o mercado a ser explorado dentro de cada país não justificaria os altos custos de desenvolvimento e implementação de uma nova tecnologia. No início dos anos 80 a CEPT (*Conference of European Postal and Telecommunications*) criou o GSM (*Groupe Special Mobile*), cuja principal tarefa era a de promover o trabalho conjunto em torno da padronização de um sistema de comunicação móvel celular na faixa de 900 MHz. Em 1982 o grupo GSM realizou a sua primeira reunião, com a participação oficial de 11 países europeus. A mesma sigla, GSM, foi aproveitada para batizar o novo sistema que surgia: o *Global System for Mobile communications*. A responsabilidade pelo desenvolvimento do GSM foi logo transferida

para o SMG (*Special Mobile Group*) do ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Atualmente (desde o ano 2000) a evolução das tecnologias GSM está sob a responsabilidade do 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) que gerencia os esforços no sentido de desenvolver a GERAN (*GSM EDGE Radio Access Network*) e a UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) de forma integrada para atender aos requisitos da terceira geração (3G).

Os sistemas de segunda geração (2G) deviam atender, principalmente, os seguintes requisitos: a) Oferecer, além da tradicional transmissão de voz, serviços de transmissão de dados; b) Promover a padronização mundial das redes de comunicação celular; c) Interoperar de forma eficiente com os sistemas ISDN (*Integrated Services Digital Network*); d) Melhorar a eficiência espectral visando a atender um maior número de usuários; e) Aumentar a segurança através de autenticação do usuário e cifragem das chamadas; e f) Definir uma arquitetura aberta com interfaces padronizadas a fim de fomentar a concorrência e o desenvolvimento da tecnologia.

Seguindo esta linha, três tecnologias surgiram: o IS-136 (tecnologia TDMA evoluída do AMPS), o IS-95 (nova tecnologia baseada em CDMA) e o GSM.

O padrão GSM introduziu sua própria terminologia, novos componentes na rede e alguns conceitos inovadores. Desde o início houve uma preocupação muito grande em se definir interfaces entre as entidades do sistema (o que facilitava a interoperabilidade e a concorrência entre fabricantes). Após a implantação da segunda geração, a tecnologia GSM chegou a dominar 80% do mercado de telefonia celular.

2.2. GSM (*Global System for Mobile communications*)

A fim de oferecer rapidamente um padrão superior aos sistemas analógicos da primeira geração, a implantação do GSM foi dividida em duas fases sendo que a primeira foi finalizada tão logo quanto foi possível. Na primeira fase, além das chamadas de voz, era permitida a transmissão de dados a velocidades entre **300 e 9600 bps** através de canais de tráfego baseados em comutação por circuito. Outros serviços como o SMS (*Short Message Service*) e chamadas de emergência também foram implementados. Do ponto de vista da interface rádio, salto em frequência, controle de potência e transmissão descontínua eram obrigatórios. Na segunda fase (finalizada somente em 1995) foram oferecidos alguns serviços suplementares como o de chamadas em espera e o de teleconferências. A principal novidade nesta segunda fase foi a implementação dos canais

de meia taxa (TCH/H) que permitiam a multiplexação de duas chamadas de voz em um mesmo canal de tráfego e, sob condições favoráveis, duplicar os recursos de uma célula.

A figura 1 esquematiza a arquitetura GSM. O significado de cada sigla pode ser encontrado no início do texto desta dissertação, no item *Abreviaturas e Siglas*.

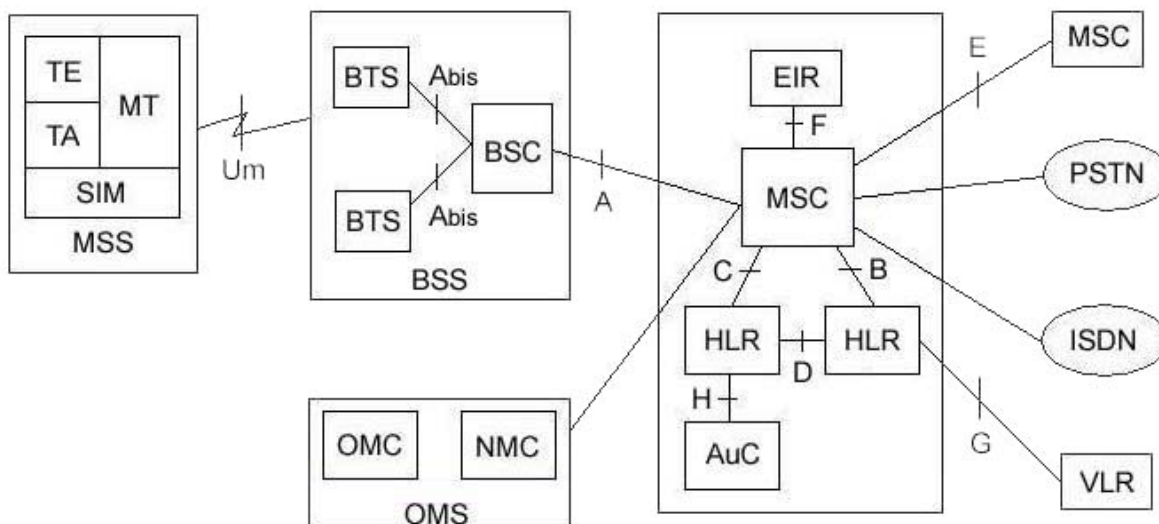


Figura 1: Arquitetura GSM [25].

2.2.1. A Transmissão de Dados no GSM

A estrutura de *slots* do GSM foi concebida de forma que uma portadora (ocupando 200 kHz) fosse compartilhada no tempo para formar diversos canais. Nessa estrutura, cada intervalo de 120 ms é dividido em 26 quadros (ou *frames*) com duração de 4.615 ms. Cada quadro é por sua vez dividido em 8 *slots* de 0.577 ms numerados de 0 a 7 (figura 2). A repetição sucessiva de um *slot* a cada quadro determina um canal físico.

A sequência de 26 quadros sucessivos é chamada de multiquadro. No GSM os canais de tráfego são sempre bidirecionais, ou seja, um TCH é estabelecido no sentido direto e no sentido reverso simultaneamente. Cada canal de tráfego pode ocupar 24 ou 12 *slots* dentro de um multiquadro (no caso do TCH/F ou do TCH/H, respectivamente). Os dois *slots* restantes no multiquadro são utilizados para sinalização no SACCH¹. Através dos SACCHs são trocadas informações sobre a qualidade do sinal no receptor (escolha

¹ No TCH/F, um *slot* é usado pelo SACCH e o outro permanece vazio. No TCH/H, como há dois canais de meia taxa, ambos os *slots* são utilizados pelos respectivos SACCHs de cada TCH/H.

do melhor esquema de codificação), níveis de potência das portadoras vizinhas, informações para controle de potência de emissão no terminal (economia de bateria) e ajuste do tempo de transmissão de acordo com a distância do terminal à BTS (evitar sobreposição de *slots*).

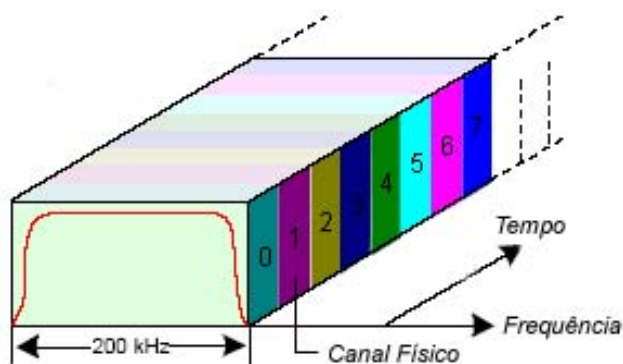


Figura 2: Estrutura de um *frame* GSM [5].

A figura 3 esquematiza o formato de rajada normal utilizado para transmitir dados (114 bits de informação) nos canais TCH. Além deste tipo de rajada, existem outros quatro tipos de rajadas no GSM utilizados para propósitos que não a transmissão de dados do usuário (correção da frequência, sincronização do terminal, primeira solicitação de acesso à rede, etc).

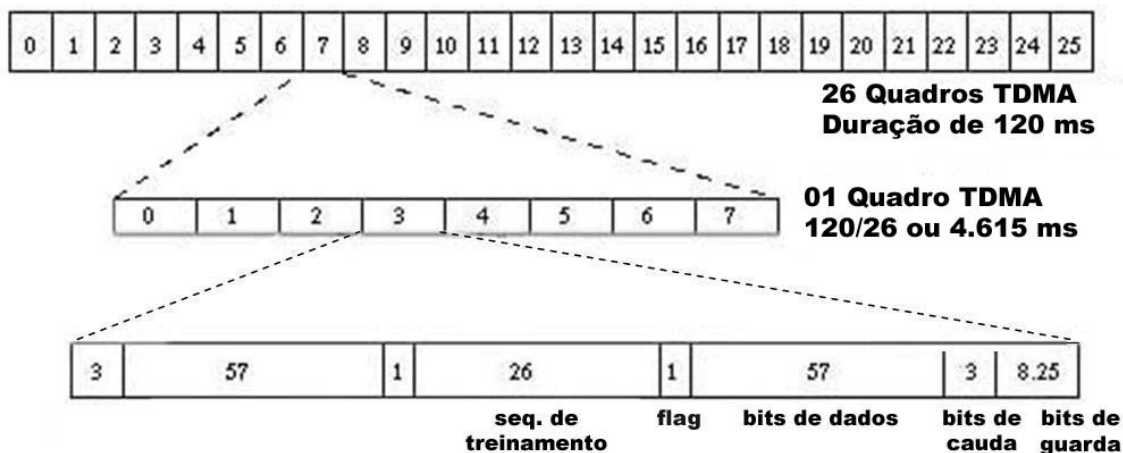


Figura 3: Estruturação do canal de tráfego (TCH) do GSM².

² Os bits de *flag* são usados para indicar o tipo de informação (dados ou sinalização).

Diferentes taxas de transmissão de dados podem ser obtidas na estruturação destes 114 bits de informação através de diferentes códigos corretores de erro que são escolhidos de acordo com estimativas da qualidade do meio (codificação do canal). Tanto o terminal quanto a rede podem extrair medidas através dos SACCHs.

No formato de rajada normal mostrado acima, a capacidade máxima de transmissão de símbolos na camada física do GSM é de **33.8 kbps** por canal (156.25 símbolos por *slot*, 26 *slots* a cada 120 ms, um bit por símbolo). Já sob o ponto de vista das camadas superiores, ou seja, considerando como “carga útil” apenas os bits que compõem o bloco RLC, cada canal de tráfego GSM oferece **22.8 kbps** (114 bits por *slot*, 24 *slots* a cada 120 ms) no canal de taxa completa (TCH/F) ou **12.4 kbps** no canal de meia taxa (TCH/H).

Porém, a taxa de transferência de dados real oferecida pelo GSM não passa de **9.6 kbps**. A explicação para este fato se deve à codificação do canal. Parte dos 114 bits transmitidos em cada rajada é composta por bits de redundância para detecção e correção de erros. Esta proteção será tanto maior quanto piores forem as condições de tráfego verificadas na rede e, quanto maior for tal redundância, menor será a velocidade efetiva de transmissão. Maiores detalhes sobre a arquitetura GSM e sobre a transmissão de dados nesta arquitetura podem ser obtidos em [25].