

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



Trabalho de Conclusão de Curso

Configurações de Estações Rádio – Base GSM

Apresentado por: Luciano Dantas Pereira Júnior

Orientador: Edmar Candeia Gurjão

Campina Grande, Agosto de 2006.



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Capítulo 1 – Introdução	1
Capítulo 2 – Introdução ao Sistema GSM	2
2.1 Introdução	2
2.2 Breve Histórico do GSM	3
2.3 Fases do GSM	4
2.4 Componentes da Rede GSM	6
2.4.1 Componentes do Sistema de Comutação (SS)	8
2.4.1.1 Registrador de Localização de Origem (HLR)	8
2.4.1.2 Centro de Comutação de Serviços de Rede Móvel (MSC)	9
2.4.1.3 Registrador de Localização de Visitantes (VLR)	9
2.4.1.4 Centro de Autenticação (AUC)	9
2.4.1.5 Registrador de Identidade de Equipamento (EIR)	10
2.4.2 Componentes do Sistema de Estação Base	10
2.4.2.1 Controlador da Estação Base (BSC)	10
2.4.2.2 Estação Rádio Base (RBS)	10
2.4.3 Centros de Monitoração de Rede	10
2.4.3.1 Centro de Operação e Manutenção (OMC)	10
2.4.4 Estação Móvel (MS)	11
2.5 Estrutura de Rede Geográfica do GSM	11
2.5.1 Célula	11
2.5.2 Área de Localização (LA)	11
2.5.3 Área de Serviço da MSC	12
2.5.4 Área de Serviço da Rede Móvel Terrestre Pública (PLMN)	12
2.5.5 Área de Serviço do GSM	12
2.6 Bandas de Frequência do GSM	13
2.6.1 GSM 900	13

2.6.2 GSM 1800	14
2.6.3 GSM 1900	14
2.7 Termos-Chave	14
2.7.1 Registro da Estação Móvel e <i>Roaming</i>	15
Capítulo 3 – Conceitos Básicos	17
3.1 Conceitos Básicos	17
3.1.1 Largura de Banda	17
3.1.2 Canais	17
3.1.2.1 Distância Duplex	18
3.1.2.2 Separação de Portadora	18
3.1.2.3 Capacidade e Reutilização de Frequência.....	19
3.2 Taxa de Transmissão	20
3.3 Método de Modulação	21
3.4 Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo.....	22
3.5 Problemas de Transmissão	22
3.5.1 <i>Path Loss</i>	23
3.5.2 Sombreamento	23
3.5.3 Desvanecimento por Múltiplo Percurso	23
3.5.4 Alinhamento de Tempo.....	24
3.6 Soluções para os Problemas de Transmissão	24
3.6.1 Codificação do Canal	24
3.6.2 Multi Taxa Adaptativa (AMR)	25
3.6.3 Entrelaçamento (<i>interleaving</i>)	26
3.6.4 Sistemas de Antenas Distanciadas (Diversidade)	27
3.6.5 Equalização Adaptativa	28
3.6.6 <i>Frequency Hopping</i>	29
3.6.7 Timing Advance	30
3.7. Processo de Transmissão do GSM	30
3.7.1 Estágio 1: Conversão Analógica para Digital	30
3.7.2 Estágio 2 e 3: Segmentação e Codificação de Voz	33
3.7.3 Estágio 4: Codificação do Canal	35

3.7.4 Estágio 5: <i>Interleaving</i>	36
3.7.5 Estágio 6: Cifragem/Criptografia	38
3.7.6 Estágio 7: Formatação da Rajada	38
3.7.7 Estágio 8: Modulação e Transmissão	39
Capítulo 4 – Conceitos de Canal	40
4.1 Introdução a Canais Físicos e Lógicos	40
4.2 Canais Lógicos	41
4.3 Canais de Controle	42
4.4 Canais de Tráfego	44
4.5 Rajadas	45
4.6 Relação Entre Rajada e Quadros	46
4.7 Caso de Tráfego	47
Capítulo 5 – UltraSite BTS Nokia	49
5.1 Introdução	49
5.2 Unidades da BTS UltraSite Nokia	50
5.2.1 Transceptores (TRX)	51
5.2.2 Unidade de Operação (BOIA)	51
5.2.3 Dual BaseBand Unit (BB2)	51
5.2.4 Fonte de Alimentação (PWS)	52
5.2.5 Wideband Combiner	52
5.2.6 Receiver Multicopler – 2 way or 6 way (M2HA)	52
5.2.7 Dual Variable Gain Duplex Filter (DVDA)	53
5.2.8 Remote Tune Combiner (RTC)	53
5.2.9 Transmissão	53
5.2.9.1 Transmissão por Rádio	53
5.2.9.2 Transmissão por Fibras Ópticas	54
5.2.9.3 Transmissão por Cabos	54
5.3 Configurações	55
5.3.1 Combinação <i>By-Pass</i>	55
5.3.2 Combinação <i>2-Way</i>	56
5.3.3 Combinação <i>4-way</i>	57

5.3.4 Remote Tune Combiner.....	58
5.4 Configuração da Unidade de Transmissão FXC.....	60
5.4.1 Acessando as Unidades de Transmissão.....	61
5.4.2 Configurações da Interface de Linha.....	62
5.4.3 Configurações da Interface Abis.....	63
5.4.4 Definição das Configurações de Sincronismo	65
5.5 <i>Cross-Connections</i>	66
Capítulo 6 – Conclusão	71
Bibliografia	72

Lista de Figuras

Figura 01 – Modelo do Sistema GSM	7
Figura 02 – Área de Serviço do MSC	12
Figura 03 – Relação entre áreas de no GSM	13
Figura 04 – Distância Duplex	18
Figura 05 – Separação da Portadora	19
Figura 06 – Reutilização de Frequências	20
Figura 07 – TDMA	22
Figura 08 – <i>Interleaving</i>	27
Figura 09 – Equalização Adaptativa	29
Figura 10 – Amostragem	31
Figura 11 – Quantização	32
Figura 12 – Segmentação e Codificação de Conversação	34
Figura 13 – Codificação de Canal	36
Figura 14 – <i>Interleaving</i> de 20 ms de conversação codificada.....	36
Figura 15 – Rajada normal	37
Figura 16 – Segundo nível de <i>interleaving</i>	37
Figura 17 – <i>Timeslots</i> Ocupados	39
Figura 18 – Processo de Transmissão GSM	39
Figura 19 – O Conceito de Canal TDMA	40
Figura 20 – Canais Lógicos e Rajadas	41
Figura 21 – Rajadas e Quadros	46
Figura 22 – Unidades da UltraSite BTS Nokia	50
Figura 23 – Combinação <i>by-pass</i>	56
Figura 24 – Combinação 2 – <i>Way</i>	57
Figura 25 – Combinação 4 – <i>Way</i>	58
Figura 26 – <i>Remote Tune Combiner</i>	59
Figura 27 – Menu de Conexões	61
Figura 28 – Visualização do Equipamento	61

Figura 29 – Configurações de Interface de Linha	62
Figura 30 – Opções de Configuração	63
Figura 31 – <i>Traffic Maneger</i>	64
Figura 32 – Sincronização	65
Figura 33 – <i>Cross-Connections</i> na Rede GSM	66
Figura 34 – Editando <i>cross-conections</i>	68
Figura 35 – Adicionando <i>cross-connection</i>	69
Figura 36 – Finalizando <i>cross-connection</i>	69

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Marcos do GSM	4
Tabela 02 – Termos-Chave	15
Tabela 03 – Tipos de Canais	17
Tabela 04 – Codificação do Valor Codificado 2157	33
Tabela 05 – Canais de Difusão	42
Tabela 06 – Canais de Controle Comuns	43
Tabela 07– Canais de Controle Dedicado	44

Capítulo 1

Introdução

Os avanços que a telefonia celular proporcionam ao mundo são indiscutíveis e fazem cada vez mais parte do cotidiano de cada um, seja na comunicação, cada vez mais eficiente e de qualidade, na transmissão, e na disponibilidade de serviços, seja na usabilidade e conforto que toda tecnologia proporciona.

Visando um estudo abrangente da telefonia celular, mas especificamente sobre o padrão GSM (*Global System for Mobile Communications*), é que surge então o enfoque principal para o desenvolvimento desse trabalho. Uma descrição que reúne em um só contexto conceitos básicos, porém essenciais, para o entendimento de toda estrutura do sistema em questão, bem como sua arquitetura de rede. Além disso, o trabalho apresenta procedimentos para configuração de transmissão da Estação Rádio Base da Nokia, que o aluno teve a oportunidade de conhecer e operar durante o estágio realizado no ano de **2006** pela Savenge Engenharia.

No capítulo 2 é apresentado um breve histórico, a arquitetura e os componentes de rede do sistema GSM, bem como a estrutura geográfica utilizada.

No capítulo 3 são apresentados conceitos básicos para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema GSM, descrevendo as etapas do processo de transmissão, os possíveis problemas e suas respectivas soluções.

No capítulo 4 são apresentados conceitos de canal físico e canal lógico, relacionando rajadas e quadros e exemplificando caso de tráfego entre uma estação móvel e uma BTS.

No capítulo 5 é apresentado a UltraSite BTS Nokia, equipamento utilizado para prover serviços de rádio em cada célula da rede GSM. São descritos nesse capítulo, suas unidades e configurações de transmissão.

Finalmente, na conclusão são realizadas as considerações finais a respeito do trabalho como um todo.

Capítulo 2

Introdução ao Sistema GSM

2.1 Introdução

O surgimento das tecnologias móveis pode ser considerado como um marco importante no universo das telecomunicações. A comunicação móvel é vista agora como necessidade e é uma das tecnologias de maior demanda e de crescimento mais rápido, visto que as tecnologias utilizadas nos sistemas de comunicação evoluíram com o tempo.

Os sistemas de primeira geração da telefonia móvel foram os analógicos com rede de razoável confiabilidade no que diz respeito a segurança e privacidade do assinante, entretanto com oferecimento limitado de serviços e não permitiam *roaming* entre redes.

Os sistemas móveis de segunda geração (2G) são digitais e trazem vantagens significativas em termos de sofisticação de serviço, capacidade e qualidade. O GSM (*Global System for Mobile Communications*) é uma tecnologia 2G. O aumento da demanda para acesso móvel à Internet conduziu a mais desenvolvimentos dentro do sistema 2G. O GPRS (*General Packet Radio Services*) é um exemplo de tecnologia 2,5G e é um sistema de comutação por pacotes padronizados possibilitando o acesso móvel a Internet.

Outras técnicas opcionais e padronizadas de rede móveis digitais aparecerem ao longo do tempo incluindo técnicas de Rede Inteligente, técnicas de posicionamento móvel, SMS (*Short Message Service*) e desenvolvimentos na sinalização e software de gerenciamento de rede.

O crescimento da demanda por serviços de comunicação móvel celular atribuído a necessidade dos usuários em obter informações e dados *on-line*, conduziram ao conceito de sistemas de terceira geração que permitem comunicação, informação e serviços de entretenimento a ser entregues via terminais móveis. O fundamento para estes serviços já foi colocado nos sistemas 2G, mas a fim de suportar tais serviços é preciso de capacidades

mais altas nos enlaces de rádio assim como compatibilidade entre sistemas com o objetivo de fornecer acesso global completo.

O GSM é portanto uma tecnologia pivô da qual podemos olhar para trás nas tecnologias anteriores e examinar tendências futuras.

2.2 Breve Histórico do GSM

Na Tabela 01 pode-se verificar eventos marcantes que aconteceram para o surgimento e a consolidação do GSM.

Data	Atividade
1982-1985	A CEPT (<i>Conférence Européenne des Postes et Télécommunications</i>) começou a especificação de um padrão de telecomunicações digital europeu. Esse padrão depois se tornou conhecido como Sistema para Comunicação Móvel Global ou GSM.
1986	Testes de campo foram mantidos em Paris para selecionar qual tecnologia de transmissão seria utilizada. A escolha foi o Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA) ou Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA).
1987	Uma combinação de TDMA e FDMA foi selecionada como tecnologia de transmissão para GSM. Operadoras de doze países assinaram um Memorando de Compromisso, comprometendo-se a introduzir o GSM até 1991.
1988	O CEPT começou a produção de especificações de GSM para uma implementação em fases.
1989	O Instituto de Padrões de Telecomunicação Europeu (ETSI) assumiu a responsabilidade pela especificação do GSM.
1990	A Fase 1 das especificações foi interrompida para permitir que os fabricantes desenvolvessem o equipamento de rede.
1991	O padrão GSM 1800 foi lançado e um outro adendo foi adicionado ao Memorando permitindo que países de fora do CEPT assinassem.
1992	A Fase 1 de especificações foi completada e lançada. O primeiro acordo de

	<i>roaming</i> internacional foi estabelecido entre a Telecom da Finlândia e a Vodafone na Grã-Bretanha.
1993	A Austrália se tornou o primeiro país não europeu a assinar o Memorando. O número de assinantes GSM chegou a 1 milhão. O primeiro sistema DCS 1800 (<i>Digital Cellular System</i>) comercial foi lançado na Grã-Bretanha.
1994	Mais redes GSM eram lançadas e o número de assinante já excedia 3 milhões.
1995	A especificação para Serviços de Comunicação Pessoal (PCS) foi desenvolvida nos EUA, versão do GSM 1900MHz. O número de assinantes aumentava a uma taxa de dez mil por dia.
1996	Os primeiros sistemas GSM 1900 foram disponibilizados, em conformidade com o padrão PCS 1900.
1998	Os assinantes GSM já representavam 31% do mercado de rede móvel do mundo com mais de 70 milhões de clientes.
1999	Redes GSM já existiam em mais de 179 países.
2002	Funcionalidade do GSM estendida para incorporar EDGE (<i>Enhanced Data rates for Global Evolution</i>), AMR (<i>Adaptive Multi-Rate</i>) e suporte para serviços flexíveis de posicionamento.
2003	Mais de 1 bilhão de assinantes em todo mundo.

Tabela 01 – Marcos do GSM

2.3 Fases do GSM

No final dos anos 80, os grupos envolvidos no padrão GSM perceberam que dentro do prazo de tempo determinado, não poderiam completar as especificações para toda faixa de serviços do GSM e facilidades conforme planejado originalmente. Por causa disso foi decidido que o GSM seria liberado em fases de forma que cada nova fase seria montada com base nos serviços das fases existentes.

A fase 1 continha a maioria dos serviços comuns incluindo:

- Telefonia de voz;

- *Roaming* internacional;
- Serviços Básicos de fax/dados (até 9,6 kbit/s)
- Direcionamento de chamada;
- Barramento de chamada;
- *Short Message* (SMS).

Esta fase também incorporou facilidades como cifragem e cartões de Módulo de Identidade de Assinante (SIM). As especificações da Fase 1 forma então fechadas não podendo ser modificadas.

Facilidades adicionais foram introduzidas na fase 2 do GSM que incluiu:

- Aviso de tarifação;
- Identificação de chamada;
- Chamada em espera;
- Chamada retida;
- Chamada em conferência;
- Grupos de usuários fechados;
- Capacidade de comunicação de dados adicionais.

A fase posterior foi denominada de programa 2+, a qual cobriria múltiplos assinantes e uma variedade de facilidades orientadas a negócios. Algumas das melhorias oferecidas pela fase 2+ incluem:

- Múltiplos perfis de serviço;
- Planos de numeração privados;
- Acesso a serviços de Centrex;
- Cooperação com GSM 1800, GSM 1900.

As prioridades e cronogramas para as novas funções e facilidades dependem principalmente do interesse mostrado pelas companhias operadoras e dos fabricantes e desenvolvimentos técnicos nas áreas relacionadas.

A fase subsequente denominada programa 2++ incluiu as seguintes melhorias sofisticadas a interfaces de rádio.

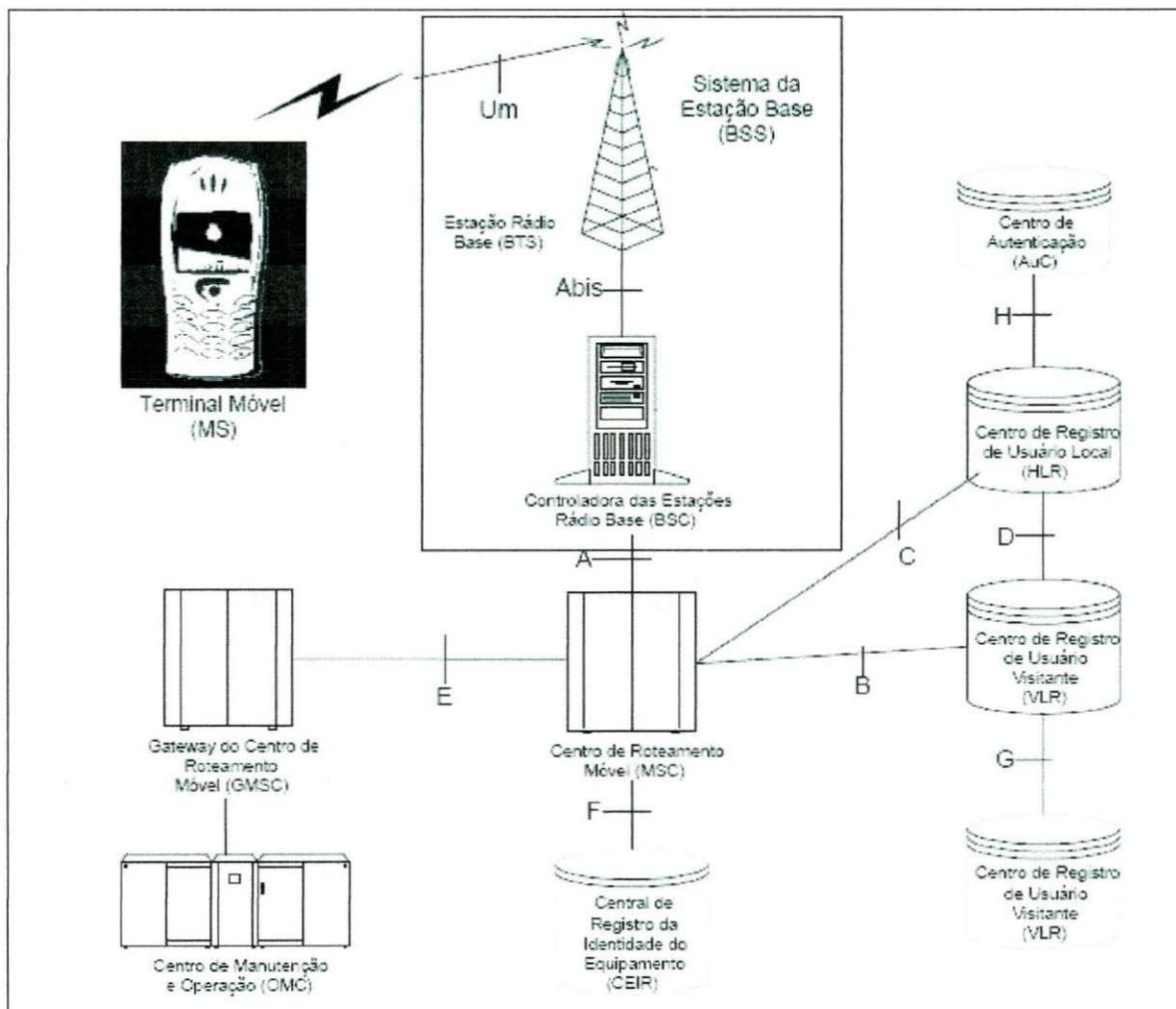
- *Enhanced Datarates for Global Evolution (EDGE)*, um novo método de modulação que permite transmissão a uma taxa maior pela interface aérea.
- *Customized Application for Mobile Enhanced Logic (CAMEL)*, um padrão, governando acesso a serviço IN (*Intelligence network*) ao fazer *roaming* internacional.
- *High Speed Circuit Switched Data (HSCSD)*, um método de envio de taxas mais altas de dados por assinante alocando um número acrescido de intervalos de tempo por chamada.

2.4 Componentes de Rede GSM

A rede GSM está dividida em dois sistemas. Cada um desses sistemas é compreendido por um número de unidades funcionais que são componentes individuais da rede móvel. Os dois sistemas são:

- Sistema de Comutação (SS);
- Sistema de Estação Base (BSS).

Além disso, todas as redes de telecomunicações, redes GSM, são operadas, mantidas e gerenciadas a partir de centros computadorizados. O modelo do sistema pode ser visualizado na Figura 01.



Fonte: CAMILO (2002)

Figura 01 – Modelo do Sistema GSM

O Sistema de Comutação (SS) é responsável pela execução do processamento da chamada e das funções relacionadas ao assinante. Isto inclui as seguintes unidades funcionais:

- Centro de Comutação de Serviços da rede móvel (MSC);
- Registrador de Localização de Origem (HLR);
- Registrador de Localização do Assinante (VLR);
- Centro de Autenticação (AUC);
- Registrador de Identidade de Equipamento (EIR);

O Sistema Estação Base (BSS) efetua todas as funções relacionadas com rádio e é composto das seguintes unidades funcionais:

- Controlador de Estação Base (BSC)
- Estação Transceptora Base (BTS)

O Centro de Operação e Manutenção (OMC) efetua todas as tarefas de operação e manutenção para a rede como a monitoração do tráfego da rede e de alarmes de rede possuindo acesso tanto ao SS como ao BSS.

2.4.1 Componentes do Sistema de Comutação (SS)

2.4.1.1 Registrador de Localização de Origem (HLR)

O HLR é uma base de dados centralizada da rede, que armazena e gerencia todas assinaturas da rede móvel pertencente a uma operadora específica. Este atua como uma memória permanente para uma informação de assinatura da pessoa até que aquela assinatura seja cancelada. A informação armazenada inclui:

- Identidade de assinante;
- Serviços suplementares de assinante;
- Informação de localização de assinante;
- Informação de autenticação de assinante.

O HLR pode ser implementado no mesmo nó da rede com MSC ou como uma base de dados *stand-alone*. Se a capacidade de um HLR é excedida pelo número de assinantes, HLR's adicionais podem ser acrescentados.

2.4.1.2 Centro de Comutação de Serviços de Rede Móvel (MSC)

O MSC efetua funções de comutação de telefonia para a rede móvel, controlando as chamadas para outros sistemas telefônicos e de dados, como a Rede Telefônica Pública Comutada (PSTN), Rede Digital de Serviços Integrados (RSDI), redes de dados públicos, redes privadas e outras redes móveis.

A funcionalidade de *gateway* permite a uma MSC interrogar um HLR da rede de modo a rotear uma chamada para uma estação móvel. Se uma pessoa conectada à PSTN deseja fazer uma chamada para um assinante GSM, então a central PSTN irá acessar a rede GSM conectando inicialmente a chamada a um MSC.

2.4.1.3 Registrador de Localização de Visitantes (VLR)

A base de dados do VLR contém informação sobre todos assinantes móveis localizados no momento em uma área de serviço do MSC. Assim, há um VLR para cada MSC em uma rede. O VLR armazena temporariamente a informação de assinatura de forma que o MSC possa servir a todos os assinantes visitantes daquela área de serviço do MSC no momento. O VLR pode ser tratado como um HLR distribuído, visto que este contém uma cópia da informação do HLR armazenada sobre o assinante.

Quando um assinante desloca-se para uma nova área de serviço do MSC, o VLR conectado àquele MSC requisita informação sobre o assinante a partir do HLR do assinante. O HLR envia uma cópia de informação para o VLR e atualiza sua própria informação de localização. Quando o assinante faz uma chamada, o VLR já terá a informação requerida para o estabelecimento da chamada.

2.4.1.4 Centro de Autenticação (AUC)

Tem como função principal autenticar os assinantes que tentam utilizar uma rede. Dessa forma, este é usado para proteger às operadoras de rede contra fraude.

O AUC é uma base de dados conectada ao HLR que provê a esta os parâmetros de autenticação e as chaves de cifragem utilizadas para garantir a segurança da rede.

2.4.1.5 Registrador de Identidade de Equipamento (EIR)

O EIR é uma base de dados que contém informação de identidade do equipamento móvel que ajuda a bloquear chamadas de Estações Móveis roubadas, não autorizadas, ou com defeito. Deve ser observado que devido à separação entre o equipamento e o assinante no GSM, o barramento de equipamento da Estação Móvel não implica necessariamente no barramento automático do assinante.

2.4.2 Componentes do Sistema de Estação Base

2.4.2.1 Controlador da Estação Base (BSC)

O BSC gerencia todas as funções relacionadas com rádio de uma rede GSM. Este é um comutador de alta capacidade que provê funções como transposição de controle (*handover*) da Estação Móvel, atribuições de canal de rádio e a coleta de dados de configuração de célula. Vários BSC's podem ser controlados por cada MSC.

2.4.2.2 Estação Rádio Base (RBS)

A RBS controla a interface de rádio para a Estação Móvel. A RBS compreende o equipamento de rádio como os transceptores e antenas que são necessárias para servir cada célula na rede. Um grupo de RBS's é controlado por uma BSC.

2.4.3 Centros de Monitoração de Rede

2.4.3.1 Centro de Operação e Manutenção (OMC)

Um OMC é um centro de monitoração computadorizado que é conectado a outros componentes de rede como MSC's e BSC's. O OMC recebe informações sobre o status da rede e pode monitorar e controlar uma variedade de parâmetros do sistema.

2.4.4 Estação Móvel (MS)

Uma Estação Móvel é utilizada por um assinante móvel para comunicar-se a rede. Diferente de outros padrões, no GSM o assinante é separado do terminal móvel. Cada informação do assinante é armazenada como um “*smart card*” SIM, podendo ser conectado em qualquer terminal móvel GSM.

2.5 Estrutura de Rede Geográfica do GSM

Cada rede telefônica precisa de uma estrutura específica para rotear às chamadas de entrada para a central correta e em seguida para o assinante. Em uma rede de telefonia móvel, essa estrutura é muito importante porque os assinantes se movem através dela. As estruturas são utilizadas para monitorar a localização das Estações Móveis.

2.5.1 Célula

Uma célula é a unidade básica de um sistema celular e é definida como a área de cobertura de rádio dada por um sistema de antena da estação base. Cada célula recebe um número único denominado Identidade Global de Célula (CGI). Em uma rede completa que cobre um país inteiro, o número de células pode ser muito alto.

2.5.2 Área de Localização (LA)

Uma Área de Localização é definida como um grupo de células. Dentro da rede, uma localização de assinante é conhecida pela LA na qual a mesma está. A identidade da LA na qual a Estação Móvel está localizada no momento é armazenada no VLR.

Quando uma Estação Móvel ultrapassa o limite de uma célula pertencente a uma LA, e entra em uma célula pertencente a uma outra LA, esta deve relatar sua nova localização à rede. Quando uma Estação Móvel ultrapassa um limite de célula dentro de uma LA, esta não precisa relatar sua nova localização à rede. Quando há uma chamada para

uma Estação Móvel, é difundida uma mensagem de *paging* dentro de todas as células pertencentes a uma LA.

2.5.3 Área de Serviço da MSC

Uma área de serviço de MSC é composta de um número de LA's e representa a parte geográfica da rede controlada por um MSC. De modo a ser possível rotear uma chamada para uma Estação Móvel, a área de serviço do MSC do assinante também é registrada e monitorada. Essas informações são armazenadas no HLR.

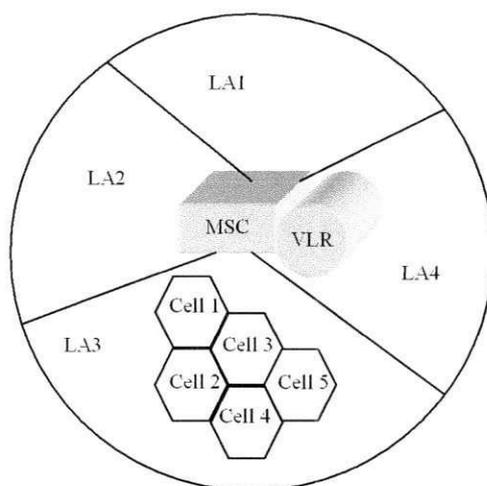


Figura 02 – Área de Serviço do MSC

2.5.4 Área de Serviço da Rede Móvel Terrestre Pública (PLMN)

Uma área de serviço da Rede Móvel Terrestre Pública (PLMN) é todo conjunto de células servido por uma operadora de rede e é definida como a área na qual uma operadora oferece cobertura de rádio e acesso a sua rede. Em qualquer país pode haver várias áreas de serviço de PLMN, um para cada operadora de rede móvel.

2.5.5 Área de Serviço do GSM

A área de serviço do GSM é toda a área geográfica na qual um assinante pode obter acesso a uma rede GSM. A área de serviço de GSM aumenta conforme, as operadoras

assinam contratos de acordos para operarem juntas. Atualmente, a área de serviço do GSM espalha-se por dezenas de países através do mundo incluindo o Brasil.

O *roaming* internacional é o termo aplicado quando uma Estação Móvel move-se de uma PLMN para uma outra quando está fora do país.

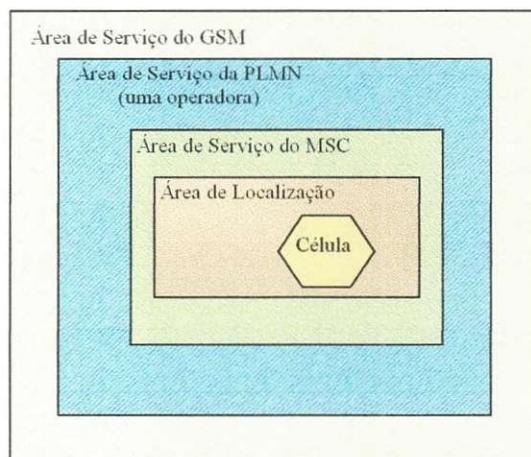


Figura 03 – Relação entre áreas de no GSM

2.6 Bandas de Frequência do GSM

Conforme o GSM tem crescido ao redor do mundo, este tem expandido para operar em três bandas de frequência: 900MHz, 1800MHz e 1900MHz.

2.6.1 GSM 900

A banda de frequência original especificada para o GSM era de 900MHz. A maioria das redes GSM ao redor do mundo utiliza essa banda. Em alguns países a versão estendida do GSM 900 pode ser utilizada, a qual provê capacidade extra à rede. Essa versão estendida do GSM é chamada de E-GSM, enquanto que a versão com capacidade primária é denominada P-GSM.

2.6.2 GSM 1800

Em 1990, de modo a aumentar a competição entre operadoras, o Reino Unido solicitou o início de uma nova versão do GSM adaptada para a banda de frequência de 1800MHz. Licenças têm sido emitidas em vários países e as redes estão em plena operação.

Ao conceder licenças para o GSM 1800 além do GSM 900, um país pode aumentar o número de operadoras. Dessa forma, devido ao aumento da competição, o serviço aos assinantes é melhorado.

2.6.3 GSM 1900

Em 1995, o conceito de Serviços de Comunicação Pessoais (PCS) foi especificado nos Estados Unidos. A idéia básica é permitir-se a comunicação “pessoa-a-pessoa” ao invés de “estação-para-estação”.

O PCS não requer que tais serviços sejam implementados utilizando tecnologia celular, apesar de ter sido provado esse o método mais efetivo.

As frequências disponíveis para o PCS estão em torno de 1900MHz. Como o GSM 900 não poderia ser utilizado na América do Norte devido à prévia alocação de frequências de 900MHz, o GSM 1900 foi visto como uma oportunidade para cobrir essa brecha.

As principais diferenças entre o padrão GSM 1900 Americano e o GSM 900 é que este suporta a sinalização ANSI.

2.7 Termos-Chave

Durante o desenvolvimento dos sistemas móveis, surgiram muitos termos que são utilizados para descrever os termos de chamada e situações que envolvem Estações Móveis. Os principais termos utilizados estão descritos abaixo.

Uma estação móvel pode se encontrar nos seguintes estados:

- Livre: A MS está ligada, mas nenhuma chamada está em progresso;
- Ativa: A MS está ligada e uma chamada está em progresso;

- Desconectada; A MS está desligada.

A Tabela 02 define os termos-chave utilizados para descrever os casos de tráfego de rede GSM.

Modo	Termo	Descrição
Livre	<i>Registro</i>	Processo no qual a MS informa à rede que esta conectada.
Livre	<i>Roaming</i>	Deslocamento de uma MS no modo livre, através de uma rede.
Livre	<i>Roaming</i> Internacional	Processo na qual uma MS move-se em uma rede diferente da rede de origem.
Livre	Atualização de localização	Informação à rede de uma MS em <i>roaming</i> , quando este entra em uma nova LA.
Livre	<i>Paging</i>	Processo pelo qual uma rede tenta conectar uma MS em particular. Isso é conseguido difundindo-se uma mensagem de <i>paging</i> contendo a identidade daquela MS.
Ativa	<i>Handover</i>	Processo no qual o controle de uma chamada é passado de uma célula para outra enquanto a MS move-se entre células.

Tabela 02 – Termos-Chave

2.7.1 Registro da Estação Móvel e *Roaming*

Quando o assinante liga a Estação Móvel, este varre as frequências do GSM procurando por canais especiais chamados canais de controle. Quando encontra um canal de controle, a Estação Móvel mede a intensidade do sinal que esta recebe naquele canal e a registra. Quando todos os canais de controle tiverem sido medidos, a Estação Móvel sintoniza-se naquele mais forte.

Ao ser ligada, a Estação Móvel deve registrar-se com a rede, que irá então atualizar o status da Estação Móvel para livre. Se for percebido que a localização da Estação Móvel é diferente daquela localização atualmente armazenada, então irá ocorrer uma atualização da nova localização.

Conforme a MS move-se através da rede, esta continua a varrer os canais de controle para garantir que esta sintonizada no canal de maior intensidade possível. Se a Estação Móvel encontra um que é mais forte, então re-sintoniza-se neste novo canal de controle. Se o novo canal de controle pertence a uma nova LA, a Estação Móvel também irá informar a rede de sua nova localização.

Capítulo 3

Conceitos Básicos

3.1 Conceitos Básicos

A seguir serão apresentados alguns conceitos fundamentais para melhor entendimento dos princípios de funcionamento do sistema GSM.

3.1.1 Largura de Banda

Largura de Banda é o termo usado para descrever qual a faixa de frequências alocada para uma aplicação. A largura de banda determinada para uma aplicação depende da quantidade de espectro de frequência disponível.

A largura de banda disponível é um fator importante na determinação da capacidade de um sistema móvel, ou seja, do número de chamadas que podem ser tratadas.

3.1.2 Canais

Um outro fator importante na determinação da capacidade de um sistema móvel é o canal. Um canal é a frequência ou o conjunto de frequências que podem ser alocadas para transmissão e quando possível na recepção de informação. Os canais de comunicação de qualquer formato podem ser dos tipos apresentados na Tabela 03:

Tipo	Descrição	Exemplo
Simplex	Somente uma direção.	Rádio FN, televisão.
Half Duplex	Duas direções, somente uma de cada vez.	Rádio de polícia
Full Duplex	Duas direções, ambas ao mesmo tempo.	Sistemas móveis

Tabela 03 – Tipos de Canais

Um canal simplex, como uma estação de música de rádio FM, utiliza uma única frequência, somente em uma direção. Um canal full duplex, como aquele usado durante uma chamada móvel, utiliza duas frequências: uma que chega na MS e outra que sai da MS. A direção da MS para a rede é chamada de enlace de subida ou *uplink*. A direção da rede para a MS é chamada de enlace de descida ou *downlink*.

3.1.2.1 Distância Duplex

O uso de full duplex requer transmissões de *uplink* e *downlink* sejam separadas em frequência por uma distância mínima, que é chamada de distância duplex. Sem esta, as frequências de *uplink* e *downlink* iriam interferir uma na outra.

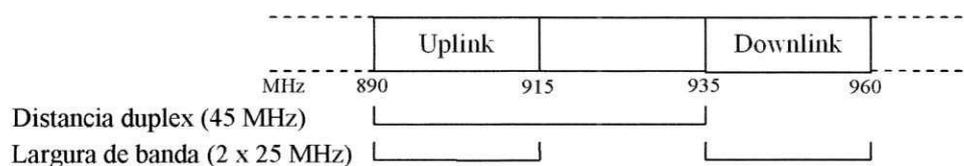


Figura 04- Distância Duplex

3.1.2.2 Separação de Portadora

Além da distância duplex, cada sistema móvel inclui uma separação de portadora que nada mais é do que a distância na banda de frequência entre canais que são transmitidos na mesma direção. Isso é requerido de modo a evitar a sobreposição de informação em um canal adjacente.

A distância de separação entre dois canais é dependente da quantidade de informação que vai ser transmitida dentro do canal. Quanto maior a quantidade de informação a ser transmitida, maior a separação necessária.

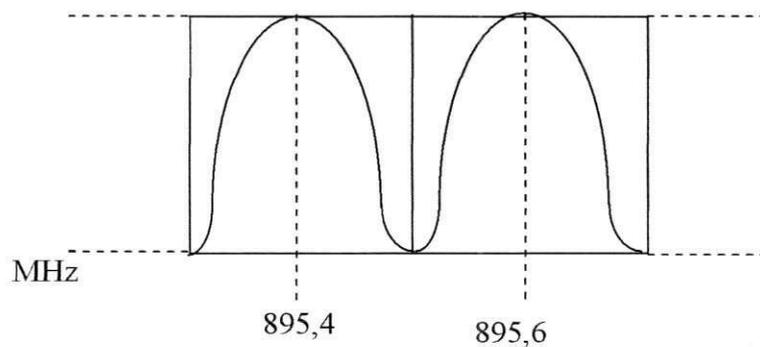


Figura 05 - Separação de Portadora

A partir da Figura 05, pode ser visto que a informação a ser enviada é modulada em torno da frequência de portadora de 895,4 MHz. O mesmo acontece para a informação a ser enviada em 895,6 MHz. Para evitar interferência entre dois conjuntos de informação, é necessária uma distância de separação de 200KHz. Se for utilizada menos separação, será gerado uma interferência e um assinante em 895,4 MHz pode experimentar diafonia ou ruído do assinante a 895,6 MHz.

3.1.2.3 Capacidade e Reutilização de Frequência.

É o número de frequências em uma célula que determina a sua capacidade. Para cada companhia com uma licença para operar uma rede móvel é alocado um número limitado de frequências. Essas são distribuídas através das células em sua rede. Dependendo da carga de tráfego, uma célula pode ter uma ou mais frequências alocadas.

É importante para a alocação de frequências que a interferência seja evitada. A interferência pode ser causada por uma variedade de fatores. Um fator comum é o uso de frequências similares em células próximas uma da outra. Quanto maior a interferência, menor a qualidade da chamada.

Para cobrir um país inteiro, por exemplo, frequências devem ser reutilizadas muitas vezes em diferentes localizações geográficas de modo a prover-se uma rede com capacidade satisfatória. As mesmas frequências não podem ser utilizadas em células

vizinhas visto que estas iriam interferir uma na outra. Dessa forma, padrões especiais de utilizações de células são determinados durante o planejamento da rede.

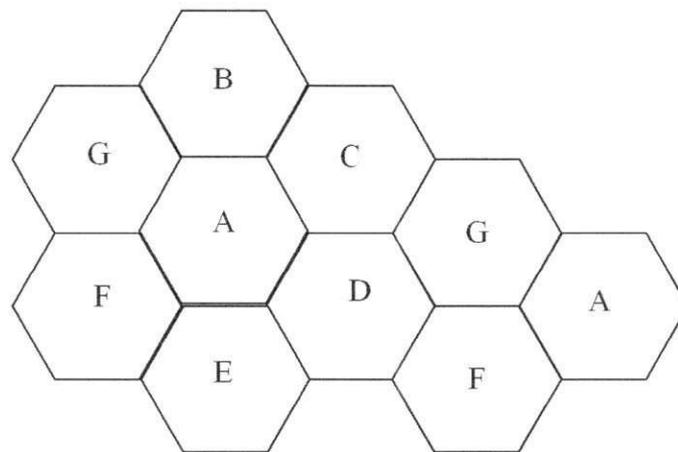


Figura 06 – Reutilização de Frequências

Esses padrões de reutilização de frequência garantem que quaisquer frequências que sejam reutilizadas estejam localizadas a uma distância suficiente umas das outras para garantir que haja uma interferência mínima entre elas. O termo “distância para reutilização de frequência” é utilizado para descrever a distância entre duas frequências idênticas em um padrão de reutilização. Quanto menor a distância para reutilização de frequência, maior a capacidade disponível para a rede.

3.2 Taxa de Transmissão

A quantidade de bits transmitidos através de um canal de rádio por um período de tempo é conhecida como a taxa de transmissão. A taxa de transmissão em bits por segundo ou bit/s. No GSM a taxa de bit da rede através da interface de ar é de 270Kbit/s.

3.3 Método de Modulação

No GSM 900 um assinante é alocado ao intervalo de tempo, em uma frequência em torno de 900 MHz. Esta é a frequência que transportará voz ou dados no formato digital e é chamada frequência portadora ou simplesmente uma portadora. Posteriormente será examinado como a voz é transformada de sua forma analógica original em forma digital, mas, por enquanto vamos olhar como a onda portadora carrega a informação digital.

Para uma frequência portadora carregar uma informação digital, nós devemos ser capazes de modificar a forma de onda portadora de algum modo, de forma que ela represente um dígito “1” e modificá-la novamente para que apresente um dígito “0”. Este processo de modificação é chamado de “modulação” e há diferentes métodos disponíveis. Nós podemos modificar, amplitude, fase ou frequência da portadora, para que ela represente o dígito “1” na entrada, ou quando não modificada, a forma de onda representará um dígito “0”. Dependendo do método de modulação usada, cada variação da forma de onda poderá representar um ou vários bits.

A maioria dos esquemas de modulação aumenta a largura de banda da portadora e em contrapartida há um limite na capacidade de banda de frequência disponível. No GSM, a largura de banda portadora é de 200 KHz.

A técnica de modulação utilizada no GSM é do Chaveamento por Deslocamento Mínimo Gaussiano (GMSK). O GMSK permite a transmissão de 270Kbit/s dentro de um canal de 200KHz. Isso permite uma taxa de bit de 1,3 bit por segundo por Hert. Essa é uma taxa de bit muito baixa mais aceitável visto que o canal utilizado possui alto nível de interferência no ar.

A capacidade do canal no GSM não se compara de forma favorável com outros padrões móveis digitais, os quais podem alojar mais bit/s por canal. Dessa forma a capacidade de outros padrões de rede móvel é superior. Entretanto o GMSK do GSM oferece mais tolerância a interferências. Isso por sua vez permite a reutilização mais apertada das frequências, o que leva a um ganho geral na capacidade, que suplanta outros sistemas.

3.4 Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo.

A maioria dos sistemas celulares digitais utiliza a técnica de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) para transmitir e receber sinais de conversação. Com o TDMA, uma portadora é utilizada para transportar um número de chamadas, e cada chamada utiliza aquela portadora em períodos de tempo designados. Esses períodos de tempo são referidos como *timeslots*. Cada MS em uma chamada aloca um *timeslot* na frequência de *uplink* e um na frequência de *downlink*. A informação enviada durante um *timeslot* é chamada de rajada.

No GSM, um quadro TDMA consiste de oito *timeslot*. Isso significa que uma portadora de rádio GSM pode transportar até oito chamadas ao mesmo tempo.

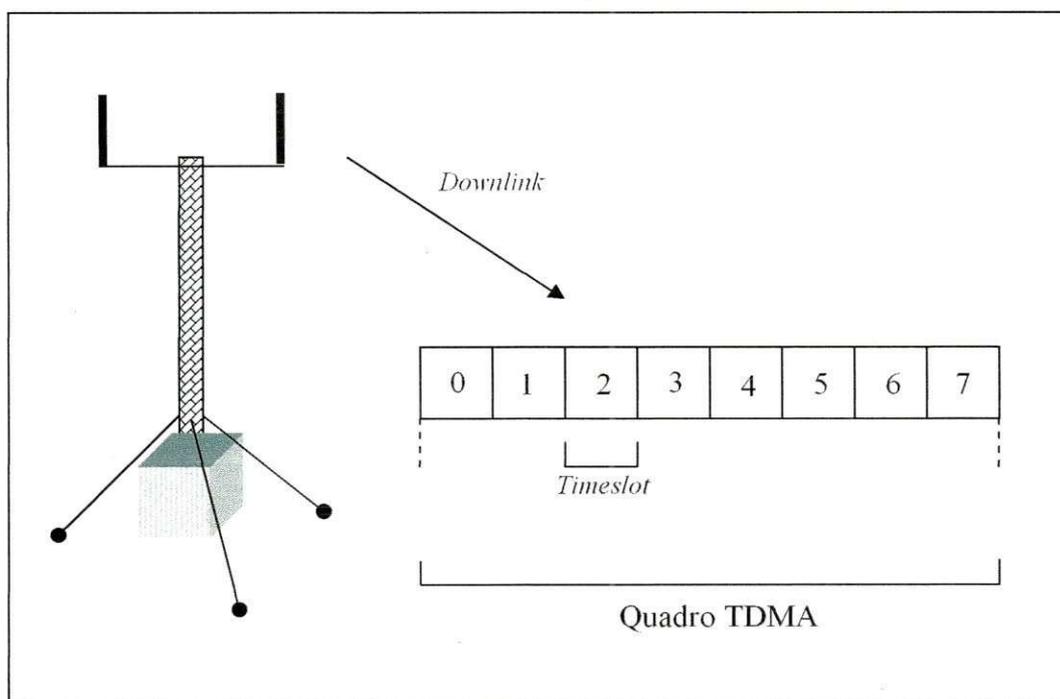


Figura 07-TDMA

3.5 Problemas de Transmissão

Muitos problemas podem ocorrer durante a transmissão de um sinal de rádio. Alguns dos problemas mais comuns são descritos a seguir.

3.5.1 Path Loss

O que causa perda de potência é a atenuação do sinal causada por distanciamento físico entre a MS e a BTS, mesmo não havendo obstáculos entre a antena de transmissão e de recepção. Esse problema dificilmente leva uma chamada a ser derrubada porque antes do problema se tornar extremo, é estabelecida uma nova via de transmissão através de uma outra BTS.

3.5.2 Sombreamento

O sombreamento ocorre quando há obstáculos entre a BTS e a MS. Esses obstáculos criam um efeito de sombreamento que pode diminuir a intensidade do sinal recebido. Quando a MS se move, a intensidade do sinal flutua, dependendo dos obstáculos que ele encontra.

Um sinal influenciado pelo sombreamento varia sua intensidade. Diminuições repentinas na intensidade são chamadas de depressões de diminuição seletiva, ou desvanecimento.

3.5.3 Desvanecimento por Múltiplo Percurso

O desvanecimento por múltiplo percurso ocorre quando há mais do que um percurso de transmissão para a MS ou BTS, e por essa razão chegam mais do que um sinal no receptor. Isso pode ser devido a prédios ou montanhas, seja próximo ou distante do dispositivo de recepção.

A diminuição seletiva *Rayleigh* e a dispersão no tempo são exemplos de desvanecimento por múltiplo percurso.

A diminuição seletiva de *Rayleigh* ocorre quando os obstáculos estão próximos à antena de recepção. O tempo que decorre entre duas depressões de *Rayleigh* depende tanto da velocidade com que a MS se movimenta como da frequência de transmissão. Como uma aproximação, a distância entre duas depressões causadas pela diminuição seletiva de *Rayleigh* é de aproximadamente metade de um comprimento de onda.

A dispersão no tempo é um outro problema relacionado com múltiplas vias para a antena de recepção, tanto de uma MS como de uma BTS. Entretanto, o sinal refletido decorre de obstáculos distante da antena de recepção.

A dispersão no tempo provoca interferência entre símbolos, onde os bits consecutivos interferem um no outro tornando difícil a interpretação correta do receptor.

3.5.4 Alinhamento de Tempo

Para cada MS em uma chamada é alocado um *timeslot* em um quadro TDMA. Essa é a quantidade de tempo durante o qual a MS transmite a informação para a BTS. A informação também deve chegar a BTS dentro daquele *timeslot*. O problema de alinhamento no tempo ocorre quando parte da informação transmitida por uma MS não chega dentro do *timeslot* alocado. Ao invés disso, aquela parte pode chegar durante o próximo *timeslot*, podendo interferir na informação de uma outra MS que estiver utilizando aquele outro *timeslot*.

Uma grande distância entre a MS e a RBS provoca o alinhamento de tempo. De fato, o sinal não pode viajar através de uma grande distância dentro de um tempo determinado.

3.6 Soluções para os Problemas de Transmissão

Alguns das soluções para os problemas de transmissão são apresentados nas seções seguintes. Muito embora muitas dessas soluções não resolvam completamente todos os problemas na via de transmissão de rádio, exercem uma parte importante na manutenção da qualidade da chamada por mais tempo quanto possível.

3.6.1 Codificação do Canal

Em transmissão digital, a qualidade do sinal transmitido é muitas vezes expressa em termos de quantos dos bits recebidos estão incorretos. Isto é chamado de Taxa de Erro de

Bit (BER). O BER define o percentual do número total de bits recebidos que foram detectados incorretamente.

Bits Transmitidos	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Bits recebidos	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Erros		↑					↑	↑		
BER	3/10		=	30%						

Esse percentual deverá ser o mais baixo possível. Não é possível reduzir o percentual para zero porque a via de transmissão está constantemente alterando-se. Isso significa que deve haver uma tolerância para uma determinada quantidade de erros e ao mesmo tempo uma capacidade para restauração da informação, ou pelo menos de detecção de erros de forma que os bits de informação incorreta não sejam interpretados como corretos. Isso é especialmente importante durante a transmissão de dados, ao contrário à conversação, para qual é aceitável um BER mais alto.

A codificação do canal é usada para detectar e corrigir erros em uma rajada de bits recebidos. Esta acrescenta bits a uma mensagem, esses bits permitem a um decodificador de canal determinar se a mensagem possui bits com falhas e potencialmente corrigir esses bits com falha.

3.6.2 Multi Taxa Adaptativa (AMR)

Visto que a codificação de canal fornece um modo de proteger os bits enviados de erros, a quantidade de codificação de canal utilizada depende de como a rede GSM é configurada. A configuração padrão do GSM insere um número fixo de bits de codificação de canal para o intervalo de tempo do TDMA. Entretanto, se a rede estiver equipada com Multi Taxa Adaptativa (AMR), então a taxa de bits de codificação do canal e a taxa fundamental do codec de voz podem ser adaptadas para melhor se ajustar ao ambiente de rádio prevalecente.

O AMR consiste de um número de codecs diferentes, que junto com a codificação de canal associada foram otimizados para diferentes ambientes de rádio. Depende da condição da Razão de Interferência de Canal (C/I), a melhor taxa de codec de voz para as condições atuais é escolhida, que resulta em uma melhoria significativa na qualidade de voz. A possibilidade de aumentar ou diminuir a quantidade de codificação de canal dependendo da Razão de Interferência de Canal torna o canal mais robusto em relação a erros de bits. Essa codificação de canal mais robusta torna possível comprimir o planejamento de frequência e através disso, aumentar a capacidade de rede de rádio.

Há, no total oito codecs de voz definidas para AMR dos quais seis foram definidos para uso em canais de meia taxa de transmissão completa (HR). A diferença entre quando um codec é usado em um canal de taxa de transmissão completa (FR) e um canal de meia taxa é a quantidade de decodificação do canal, que está muito maior em um canal de taxa completa. Em resumo, canais FR fornecem proteção melhor sobre a interface de ar e portanto melhor qualidade de voz.

3.6.3 Entrelaçamento (*interleaving*)

Na realidade, os erros de bit muitas vezes ocorrem em seqüência, provocados por longas depressões de diminuição seletiva que afetam vários bits consecutivos. A codificação de canal é mais efetiva na detecção e correção de erros únicos e de seqüências curtas de erros. Não é apropriado para tratamento de seqüências mais longas de erro de bits, por essa razão um processo chamado *interleaving* é usado para separar bits consecutivos de uma mensagem de forma que esses sejam transmitidos de uma forma não consecutiva.

Por exemplo, um bloco de mensagem pode consistir de 4 bits (1 2 3 4). Se for necessária a transmissão de quatro blocos de mensagem, e for perdido um na transmissão, sem a *interleaving* há BER total de 25%, mais uma BER de 100% para aquele bloco de mensagem perdida. Não é possível a recuperação a partir dessa situação.

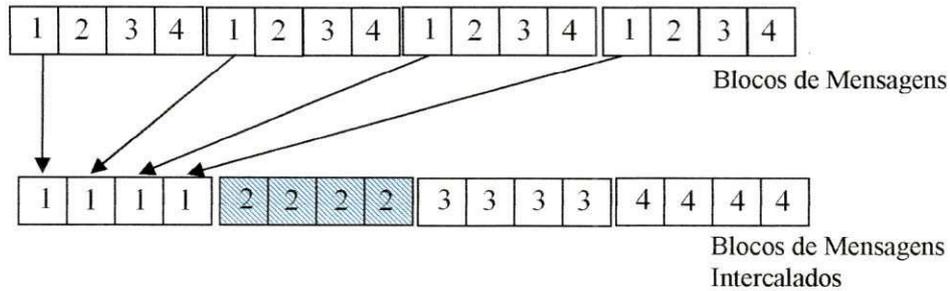


Figura 08 – *Interleaving*

Se for utilizada a *interleaving*, conforme mostrada na Figura 08, os bits de cada bloco podem ser enviados de uma maneira não consecutiva. Se for perdido um bloco de transmissão, novamente há um BER global de 25%. Entretanto, esse percentual é espalhado através de todo o conjunto de blocos de mensagem, proporcionando um BER de 25% para cada. Isso é mais gerenciável e há uma maior possibilidade de correção dos erros por parte do decodificador de canal.

3.6.4 Sistemas de Antenas Distanciadas (Diversidade)

O sistema de antenas distanciadas aumenta a intensidade do sinal recebido, tomando vantagem das propriedades naturais das ondas de rádio. Há dois métodos principais de diversidade: diversidade de espaço e diversidade de polarização.

O aumento de intensidade do sinal de recepção pode ser conseguido montando-se duas antenas receptoras ao invés de uma. Se duas antenas receptoras (R_x) estiverem fisicamente separadas, a probabilidade de que ambas sejam afetadas ao mesmo tempo por uma depressão de diminuição seletiva profunda é baixa. A 900MHz, é possível obter-se um ganho de 3dB com uma distância de 5 a 6 metros entre as antenas. A 1800MHz a distância pode ser encurtada por causa do menor comprimento de onda.

A diversidade de espaço oferece um ganho de antena ligeiramente melhor do que a diversidade de polarização, mas requer mais espaço.

Com a diversidade de polarização, as duas antenas de diversidade de espaço são substituídas por uma antena de polarização dual. Essa antena possui o tamanho normal mas

contém duas matrizes de antenas polarizadas de forma diferente. Os tipos mais comuns são as matrizes vertical/horizontal e as matrizes na orientação $\pm 45^\circ$ de inclinação. As duas matrizes são conectadas as respectivas ramificações de recepção (R_x) na BTS. As duas matrizes também podem ser usadas como antenas de transmissão/recepção (T_xR_x) combinadas. Para a maioria das aplicações, a diferença entre o ganho de diversidade para a diversidade de espaço e a diversidade de polarização é desprezível, mas a diversidade de polarização reduz o espaço necessário para a antena.

3.6.5 Equalização Adaptativa

A equalização adaptativa é uma solução desenvolvida especificamente para contrapor-se ao problema da dispersão de tempo. Funciona da seguinte forma:

- Existem oito conjuntos de padrões pré-definidos conhecidos, chamados de seqüência de instrução. Essas são conhecidas para BTS e a para MS (programado durante a fabricação). A BTS instrui a MS a incluir uma dessas seqüências em suas transmissões a BTS.
- A MS e a BTS incluem a seqüência de instrução (mostrado na Figura 09 como “S”) em suas transmissões.
- O outro lado recebe a transmissão e examina a seqüência de instrução nesta. A seqüência de instrução recebida é comparada com a seqüência de instrução conhecida, que é usada nessa célula. Pode-se assumir que problemas na via de rádio afetem esses bits, mas também afetem de forma similar os bits de dados de conversação enviados na mesma rajada.
- O receptor inicia processo utilizando seu conhecimento do que aconteceu na seqüência de instrução, para corrigir os bits de dados de conversação.

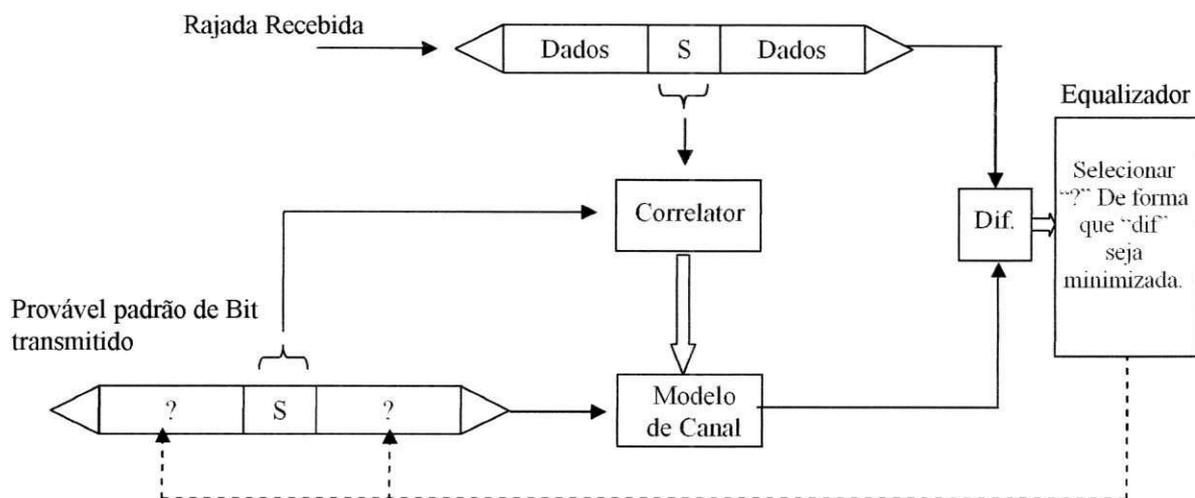


Figura 09 – Equalização Adaptativa

Devido a vários fatores relacionados a transmissão via de rádio, a equalização adaptativa não pode resultar em uma solução perfeita todas as vezes. Entretanto, um resultado satisfatório será conseguido.

3.6.6 Frequency Hopping

Conforme mencionado anteriormente o desvanecimento *Rayleigh* é dependente de frequência. Isso significa que ocorrem diminuição seletiva em diferentes frequências. Para diminuir o efeito deste fato, é possível a BTS e MS saltar de frequência em frequência (*frequency hopping*) durante uma chamada. O salto de frequência da BTS e MS é sincronizado.

No GSM há 64 padrões de salto de frequência, um deles é um único ciclo ou um padrão sequencial. Os 63 restantes são conhecidos como padrões pseudo-aleatórios os quais a operadora pode selecionar.

Há dois tipos de saltos que são suportados pela BSC:

- Saltos de banda básica envolvem saltos entre frequências em diferentes transceptores em uma célula.

- Salto de sintetizados, que envolvem saltos de frequência num mesmo transceptor em uma célula.

3.6.7 Timing Advance

O *Timing Advance* é uma solução desenvolvida especificamente para se contrapor o problema de alinhamento de tempo. Funciona instruindo a MS desalinhada a transmitir sua rajada mais cedo ou mais tarde do que normalmente ocorreria.

No GSM a informação de *Time Advance* relaciona-se a tempos de bit. Assim, uma Estação Móvel pode ser instruída a fazer sua transmissão por um determinado número de tempo de bit mais cedo ou mais tarde em relação a posição anterior, para alcançar seu *timeslot* na BTS no tempo certo. Podem ser usados no máximo 63 tempos de bit nos sistemas GSM, isso limita o tamanho normal da célula do GSM num raio de 35Km. No entanto, com o equipamento de alcance estendido de distâncias de até 70 Km ou mesmo 121 Km podem ser controladas, utilizando-se dois *timeslots*.

3.7. Processo de Transmissão do GSM

3.7.1 Estágio 1: Conversão Analógica para Digital

Uma das funções de uma MS é a conversão da informação de conversação analógica para o formato digital, para poder transmitir o sinal digitalmente. O processo de conversão de analógico para digital (A/D) gera uma coleção de informações binárias que representam a entrada da conversação.

A conversão (A/D) é efetuada utilizando-se um processo chamado Modulação por Código de Pulso (PCM). O PCM envolve três passos principais:

- Amostragem;
- Quantização;
- Codificação.

Passo 1: Amostragem

A amostragem envolve a medição do sinal analógico a intervalos de tempo específicos.

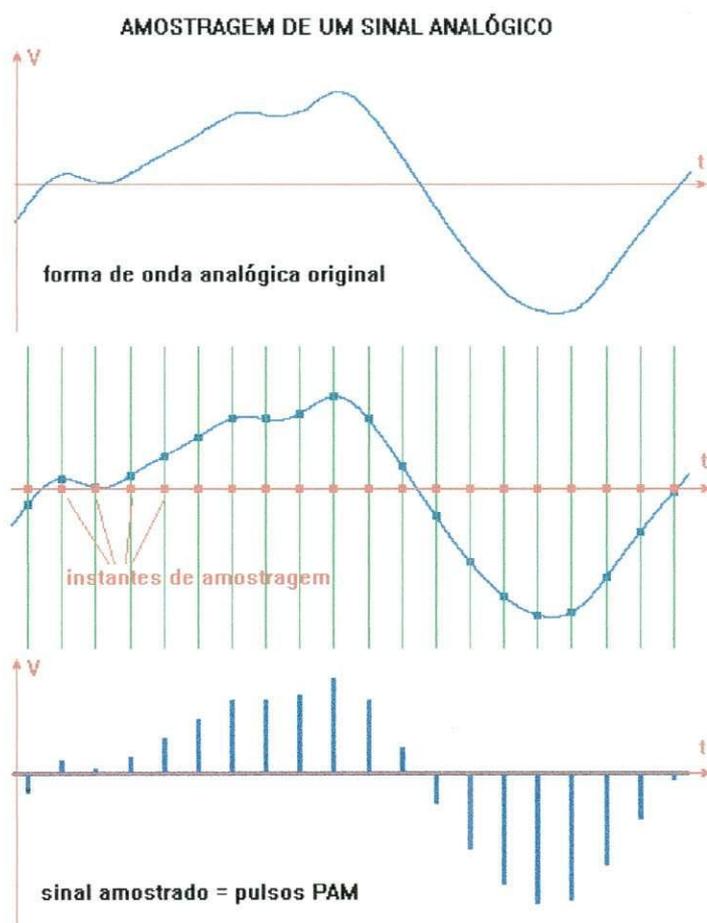


Figura 10 – Amostragem

A precisão da descrição do sinal analógico em termos digitais depende muitas vezes do sinal analógico amostrado. Isso é expresso como a frequência de amostragem. A teoria da amostragem estabelece que para reproduzir-se um sinal analógico sem distorção, o sinal deve ser amostrado com pelo menos duas vezes a frequência de sua componente de frequência mais alta.

A conversação normal contém principalmente componentes de frequência mais baixos do que 3400 Hz. Os componentes mais altos têm baixa energia e podem ser omitidos sem afetar significativamente a qualidade da conversação. Aplicando-se a teoria

da amostragem a sinais de conversação analógicos, a frequência de amostragem de 8KHz, o que é aceitável na teoria da amostragem.

Passo 2: Quantização

O próximo passo é associar para cada amostra um valor. Na figura 11 é apresentado o princípio de quantização aplicado a um sinal analógico.

Pode ser visto que um ligeiro erro é introduzido nesse processo quando o sinal é quantizado ou aproximado. O grau de precisão depende do número de níveis de quantização utilizados. Dentro da telefonia convencional, são utilizados 256 níveis, enquanto no GSM são usados 8192 níveis.

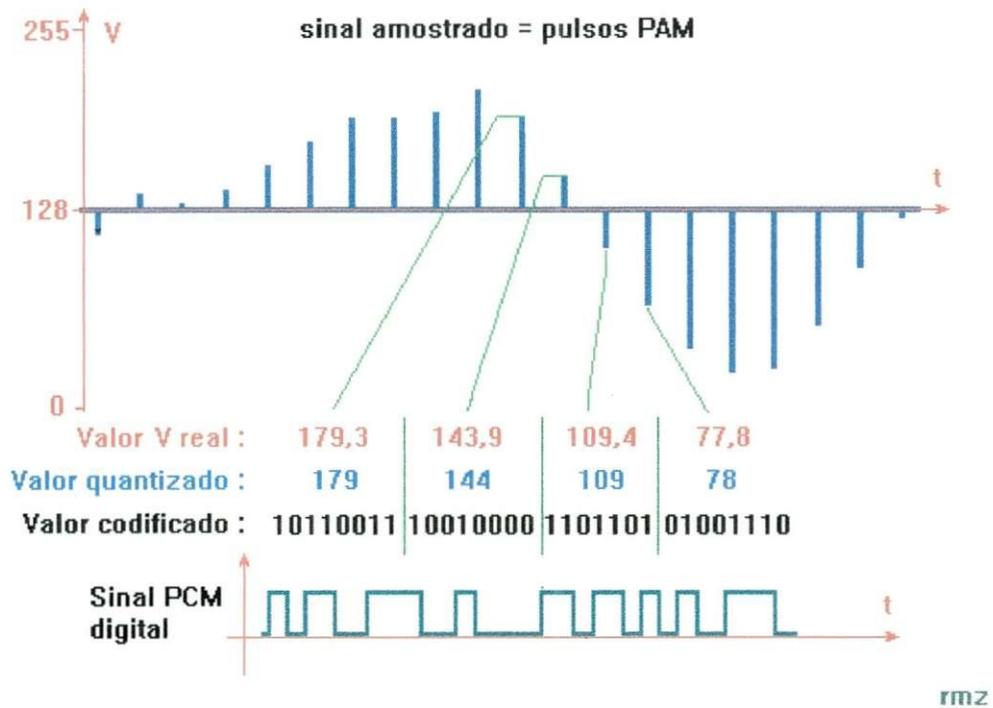


Figura 11 – Quantização

Passo 3: Codificação

A codificação envolve a conversão dos valores quantizados em binário. No GSM, cada valor é representado por um código binário de 13 bits ($2^{13} = 8192$). Por exemplo, um valor quantizado de 2157 iria ter um padrão de bit de 0100001101101:

Bit	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Total
Pos.	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	
Valor	0	2048	0	0	0	0	64	32	0	8	4	0	1	2157

Tabela 04 - Codificação do Valor Codificado 2157

Resumo da Conversão A/D

O resultado do processo de conversão A/D é de 8000 amostras por segundo, de 13 bits cada (8192 níveis = 2^{13}). Essa é a taxa de bit de 104 Kbit/s.

No GSM considera-se que 8 assinantes utilizam um único canal de rádio. Dessa forma teríamos 8×104 Kbit/s.

Relembrando a regra geral de 1 bit por Hertz, essa taxa de bit não se adequaria nos 200 KHz disponíveis para todos os 8 assinantes. A taxa de bit deve ser reduzida de alguma forma e isso é conseguido utilizando-se a segmentação e a codificação da conversação.

3.7.2 Estágio 2 e 3: Segmentação e Codificação de Voz

A chave para a redução da taxa de bit é o envio da informação relativa à conversação ao invés da conversação propriamente dita. Isso pode ser explicado com a seguinte analogia:

A pessoa **A** deseja ouvir a uma determinada parte da música e sabe que a pessoa **B** a possui gravada. **A** chama **B** solicitando o uso da gravação por algum tempo. Infelizmente, a gravação está danificada e não pode ser utilizada. Então **B** envia para **A**, parâmetros de como a música pode ser reconstruída lhe dando as partituras da canção, juntamente com a informação da velocidade que esta deverá ser tocada, e dessa forma **A** reproduz a música.

No GSM o processo de codificação de voz analisa as amostras de conversação e gera parâmetros que compõem a conversação, o tom, duração do tom, ritmo, etc. Isso é então transmitido através da rede para uma outra Estação Móvel, a qual gera a conversação com base nesses parâmetros.

O processo de fala humana inicia-se nas cordas vocais ou nos órgãos da fala, onde é gerado um tom. A boca, língua, dentes, etc. atuam como um filtro, alterando a natureza desse tom. O objetivo da codificação da conversação no GSM é enviar somente a informação relativa ao tom original e sobre o filtro.

Segmentação: Dado que os órgãos que produzem a fala são relativamente lentos na adaptação a alterações, os parâmetros de filtro que representam os órgãos da fala são aproximadamente constantes durante 20 ms. Por essa razão, quando se codifica a conversação no GSM, um bloco de 20 ms é codificado em um conjunto de bits. Como resultado, isso é similar à amostragem de conversação a uma taxa de 50 vezes ao invés de 8000 usadas pela conversão A/D.

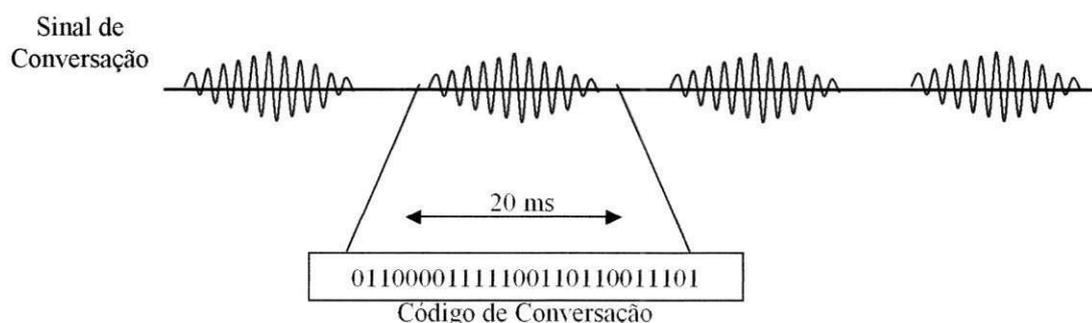


Figura 12 – Segmentação e Codificação de Conversação

Codificação de voz: Ao invés de utilizar-se 13 bits por amostra na conversação A/D, a codificação de voz do GSM utiliza 260 bits. Isso se calcula como $50 \times 260 = 13\text{Kbit/s}$. Isso proporciona uma qualidade de conversação que é aceitável para a telefonia móvel e comparável com os telefones PSTN com fio.

Diversos tipos de codificadores de voz estão disponíveis. Alguns oferecem melhor qualidade de conversação, a um custo de uma taxa de bit superior (codificadores de forma de onda). Outros utilizam taxas de bit inferiores, a um custo de qualidade de conversação

inferior. O codificador híbrido GSM utiliza uma taxa de bit relativamente baixa, a um custo de complexidade do codificador de voz.

Resumo da Segmentação e Codificação da Conversação

O codificador de voz do GSM gera uma taxa de bit de 13kbit/s por assinante. Considerando-se que 8 assinantes utilizam um único canal de rádio, a taxa de bit global será de $8 \times 13\text{kbit/s} = 104 \text{ kbit/s}$. Isso se compara de forma favorável com os 832 kbit/s da conversão A/D.

Entretanto, a codificação de voz não considera os problemas que podem ser encontrados na transmissão via rádio. Os próximos estágios no processo de transmissão são a codificação do canal e o *interleaving*, que auxiliam na solução desses problemas.

3.7.3 Estágio 4: Codificação do Canal

A codificação do canal no GSM utiliza como entrada, os 260 bits de cada uma das 50 amostras da codificação de conversação, para a codificação de canal, gerando em sua saída, conjuntos de 456 bits codificados.

Os 260 bits de entrada são divididos de acordo com sua importância relativa:

- Bloco 1: 50 bits muito importantes;
- Bloco 2: 132 bits importantes e
- Bloco 3: 78 bits não tão importantes.

O primeiro bloco de 50 bits é enviado através de um codificador de bloco, que acrescenta três bits de paridade o que resulta em 53 bits. Esses três bits são usados para detectar erros em uma mensagem recebida.

Os 53 bits do primeiro bloco, os 132 bits do segundo bloco e os 4 bits finais são enviados para um codificador convolucional que gera 378 bits. Os bits acrescentados pelo codificador convolucional possibilitam a correção de erros quando a mensagem é recebida.

Os bits do terceiro bloco não estão protegidos.

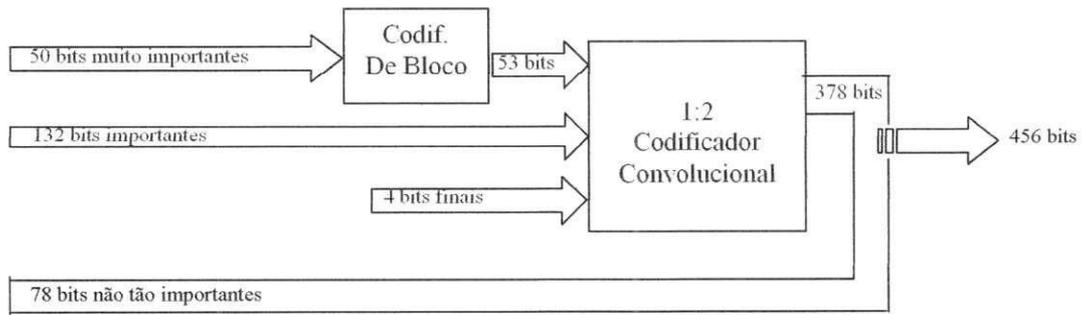


Figura 13 – Codificação de Canal

3.7.4 Estágio 5: *Interleaving*

O codificador de canal provê 456 bits para cada 20 ms de cada uma das 50 amostras do sinal de conversação. Esses 456 bits são intercalados, compondo oito blocos de 57 bits cada, conforme apresentado na Figura 14.

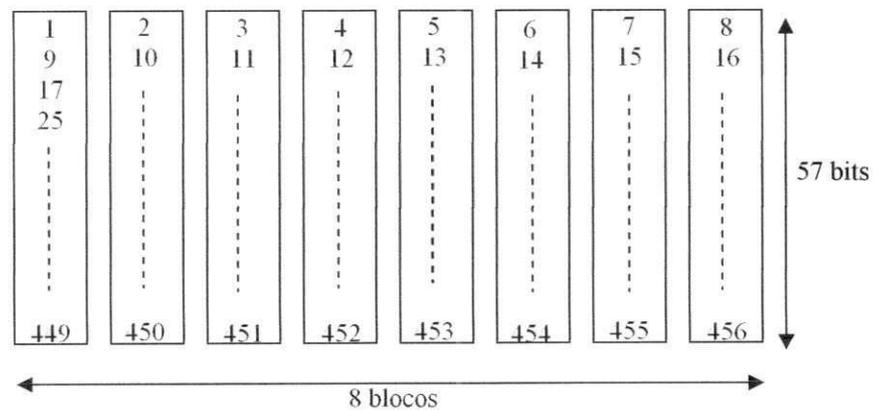


Figura 14 – *Interleaving* de 20 ms de conversação codificada.

Em uma rajada normal há espaço para dois desses blocos de conversação de 57 bits, conforme observado na Figura 15. (Os bits restantes serão entendidos nas seções posteriores). Dessa forma, se é perdida a transmissão de uma rajada, há um BER de 25% para todos os 20 ms de conversação.

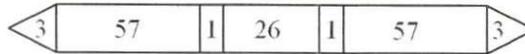


Figura 15 – Rajada normal

Se for utilizado apenas um nível de *interleaving*, uma perda dessa rajada resulta em uma perda total de 25%. Isso é demasiado para o decodificador do canal corrigir. Um segundo nível de *interleaving* pode ser introduzido para redução adicional do BER para 12,5%.

Ao invés de enviarem-se dois blocos de 57 bits dos mesmos 20 ms de conversação dentro de uma rajada, é enviado um bloco de uma amostra de 20 ms e um bloco da próxima amostra de 20 ms, juntos. É introduzido um atraso no sistema quando a MS deve aguardar pelos próximos 20 ms de conversação. No entanto, o sistema pode agora suportar a perda de uma rajada inteira, visto que a perda é de somente 12,5% dos bits totais de cada quadro de conversação de 20 ms. O percentual de 12,5% é o nível máximo de perda que o codificador de canal pode corrigir.

A	B	C	D
20 ms de conversação 456 bits = 8 x 57	20 ms de conversação 456 bits = 8 x 57	20 ms de conversação 456 bits = 8 x 57	20 ms de conversação 456 bits = 8 x 57

Quadro de conversação

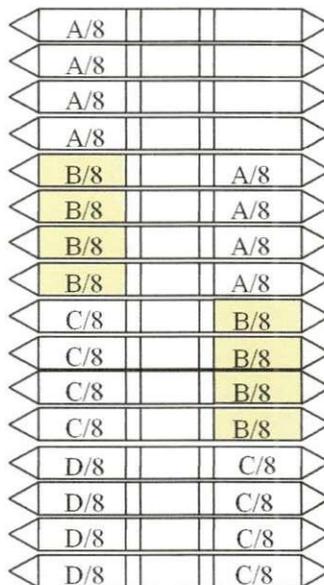


Figura 16 – Segundo nível de *interleaving*

3.7.5 Estágio 6: Cifragem/Criptografia

O propósito da cifragem é codificar a rajada de forma que esta não possa ser interpretada por qualquer outro dispositivo além do receptor autorizado.

O algoritmo de cifragem no GSM não acrescenta bits à rajada, a entrada e a saída para o processo são os mesmos 456 bits para cada amostra de 20 ms de conversação.

3.7.6 Estágio 7: Formatação da Rajada

Conforme observado anteriormente, cada MS e/ou BTS deve incluir alguma informação extra como a seqüência de instrução. O processo de formatação de rajada é o acréscimo desses bits (junto com alguns outros, como os bits finais) aos dados de conversação básico que vão ser enviados.

No GSM, as entradas para formatação de rajada são os 456 bits recebidos da cifragem, em seguida acrescentam-se 136 bits para cada uma das amostras de 20 ms de conversação, totalizando 592 bits.

Entretanto, cada *timeslot* em um quadro TDMA tem duração de 0,577 ms. Isso proporciona tempo suficiente para aproximadamente 156,25 bits a serem transmitidos pois cada bit leva 3,7 μ s. Como uma rajada contém somente 148 bits, o espaço vazio restante, 8,25 tempos de bit, é chamado de Período de Proteção (GP), tempo utilizado para permitir a MS ou BTS “acelerar” ou “desacelerar” as informações.

Acelerar significa obter energia da fonte de alimentação para transmissão. A desaceleração é efetuada após cada transmissão para garantir que a MS não esteja transmitindo informações durante *timeslots* alocados para outras MS's.

A saída do processo de formatação é uma rajada de 156,25 bits para cada 0,577 ms, que é a duração de cada *timeslots*. Se considerarmos que há oito assinantes ativos por quadro de TDMA, a taxa de bit máxima para o GSM será de 270,9 kbit/s.

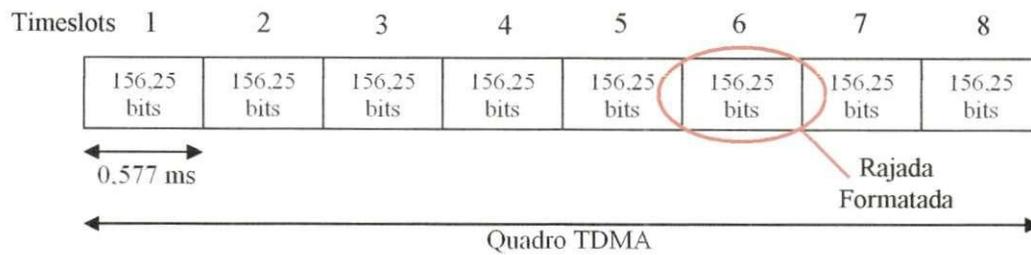


Figura 17 – Timeslots Ocupados

3.7.7 Estágio 8: Modulação e Transmissão

Os bits devem ser enviados através do ar usando-se uma frequência de portadora. O GSM utiliza a técnica de modulação GMSK (*Gauss Minimum Shift Key*).

Na Figura 18, resume-se o processo de transmissão do GSM.

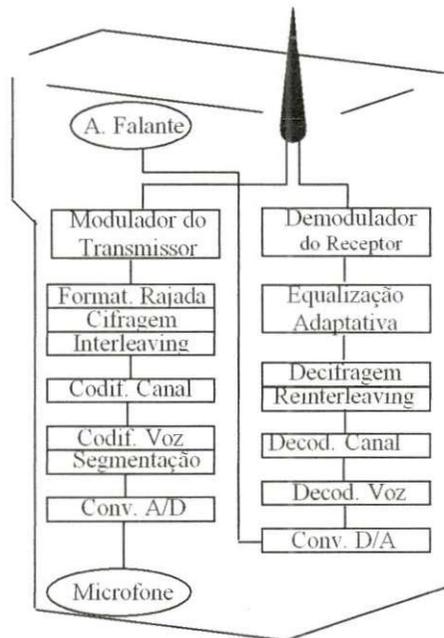


Figura 18 – Processo de Transmissão GSM

Capítulo 4

Conceitos de Canal

4.1 Introdução a Canais Físicos e Lógicos

Cada *timeslot* em um quadro TDMA é chamado de canal físico. Por essa razão, há oito canais físicos por frequência de portadora no GSM.

Os canais físicos podem ser usados para transmitir conversação, dados ou informação de sinalização.

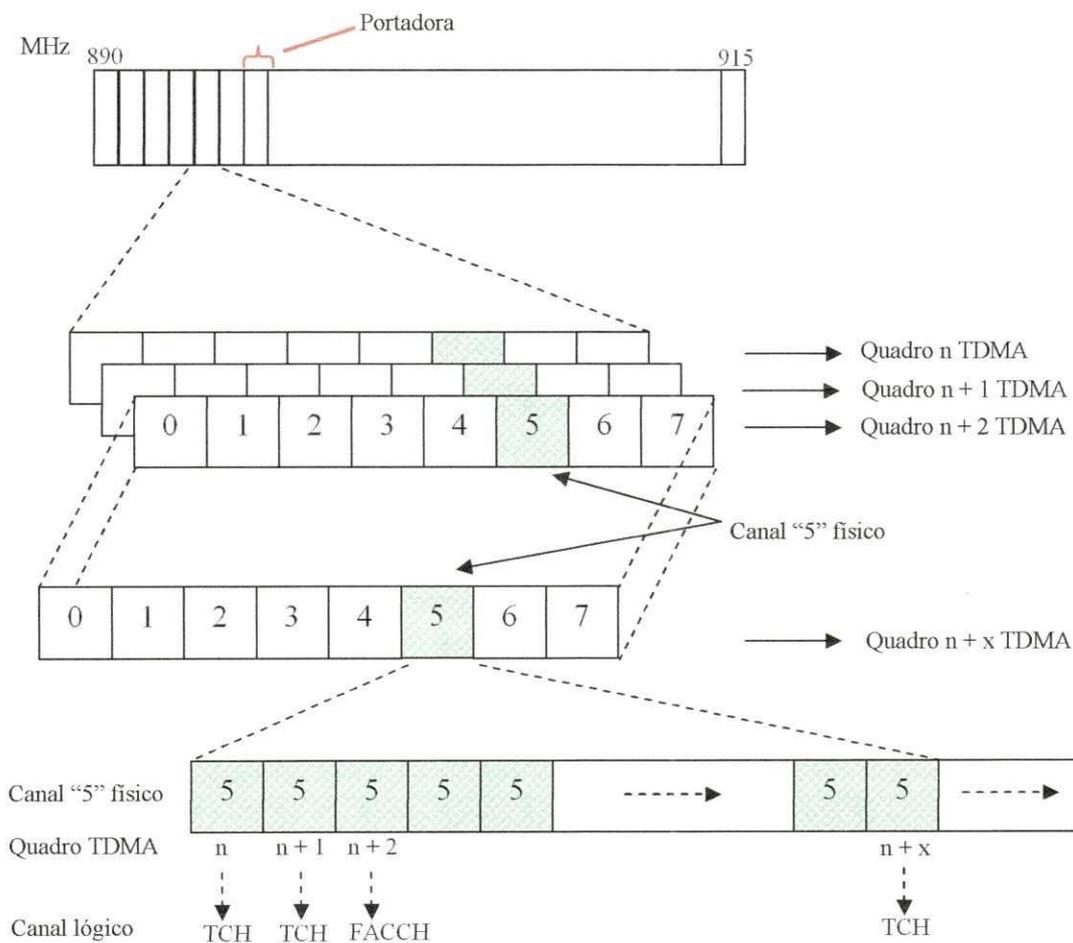


Figura 19 – O Conceito de Canal TDMA

Um canal físico pode transportar diferentes mensagens, dependendo da informação que vai ser enviada. Essas mensagens são chamadas de canais lógicos. Por exemplo, em um dos canais físicos utilizados para tráfego, o canal de tráfego propriamente é transmitido utilizando-se uma mensagem de Canal de Tráfego (TCH), o qual é um canal lógico. Enquanto que uma instrução de *handover* é transmitida utilizando uma mensagem do Canal de Controle Associado Rápido (FACCH).

4.2 Canais Lógicos

Existem muitos tipos de canais lógicos, cada qual desenvolvido para transportar uma mensagem diferente para uma MS.

Toda informação de uma MS deve ser formatada corretamente de forma que o dispositivo receptor compreenda o significado dos diferentes bits na mensagem. Por exemplo, na rajada usada para transportar tráfego, alguns bits representam a conversação ou dados, enquanto que outros são usados como seqüência de instrução.

Existem vários tipos de rajadas. A relação entre as rajadas e os canais lógicos é mostrada na Figura 20.

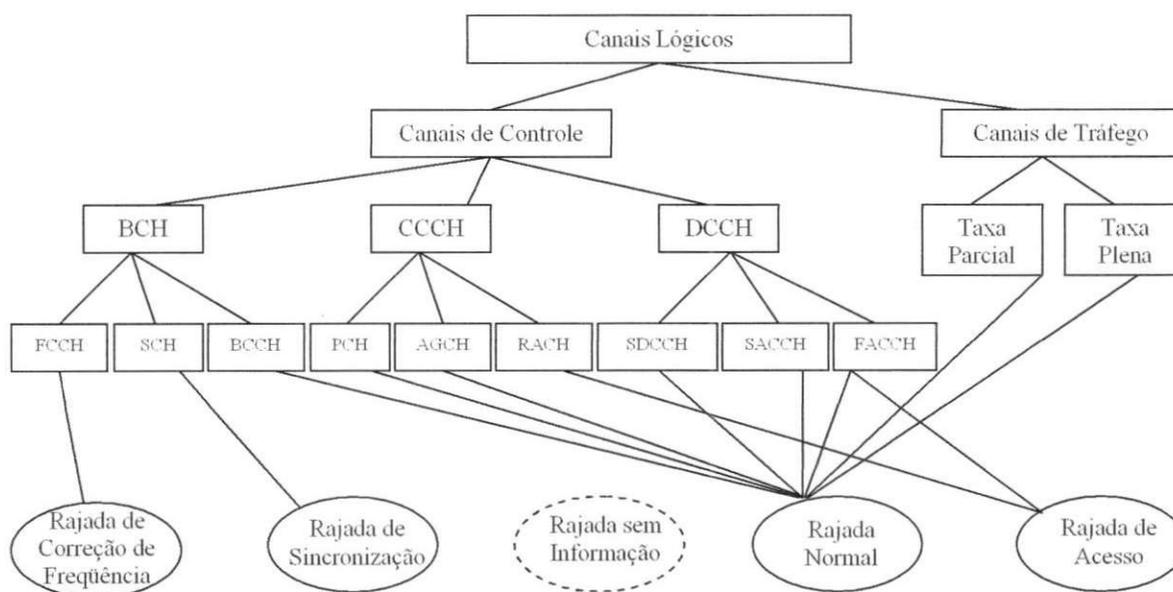


Figura 20 – Canais Lógicos e Rajadas

4.3 Canais de Controle

Quando uma MS é ligada, esta procura por uma BTS a qual conectar. A MS varre a banda de frequência inteira, ou, opcionalmente, usa uma linha que contém as frequências de portadora alocadas para essa operadora. Quando a MS acha a portadora mais forte, esta deve então determinar se esse é um canal de controle. A MS faz isso procurando por um canal lógico particular chamado de Canal de Controle de Difusão (BCCH).

Uma frequência que transporta o BCCH contém informação importante para uma MS, que inclui, por exemplo, a identidade da atual LA, informação de sincronização e identidade de rede. Sem tais informações uma MS não pode operar com uma rede. Essa informação é difundida a intervalos regulares o que leva ao termo informação do Canal de Difusão (BCH).

Canal de Difusão (BCH's)

Canal Lógico	Direção	BTS	MS
Canal de Correção de Frequência (FCCH)	<i>Downlink</i> , ponto a multiponto	Transmite uma frequência de portadora.	Identifica a portadora de BCCH pela frequência e sincroniza-se com ela
Canal de Sincronização (SCH)	<i>Downlink</i> , ponto a multiponto	Transmite informação sobre a estrutura de quadro TDMA em uma célula (número do quadro) e a identidade da BTS (Código de Identidade da Estação Base – BSIC)	Sincroniza-se com a estrutura de quadro dentro de uma célula particular, e garante que a BTS escolhida pertence a rede GSM
Canal de Controle de Difusão (BCCH)	<i>Downlink</i> , ponto a multiponto	Difunde informação de célula geral. Identidade da Área de Localização. Potência máxima de saída permitida na célula e a identidade das portadoras de BCCH para as células vizinhas.	Comunica à rede o recebimento da LA como parte do procedimento de atualização. Armazena uma lista das portadoras de BCCH nas quais efetuará medições para auxiliar no <i>handover</i> eficiente.

Tabela 05 – Canais de Difusão

Após a MS concluir a análise da informação no BCH, este então possui toda informação necessária para trabalhar com a rede. Entretanto se a MS executa o *roaming* em uma outra célula, esta deve repetir o processo de leitura do FCCH, SCH e BCCH na nova célula.

Se o assinante móvel realiza ou recebe uma chamada, então deve ser utilizado o Canal de Controle Comum (CCCH).

Canais de Controle Comuns (CCCH)

Canal Lógico	Direção	BTS	MS
Canal de Paging (PCH)	<i>Downlink</i> , ponto a ponto	Transmite uma mensagem de <i>paging</i> para indicar uma chamada de entrada ou uma mensagem curta. A mensagem de <i>paging</i> contém o número de identidade do assinante móvel que a rede deseja contactar.	Em determinados intervalos de tempo a MS sintoniza-se no PCH. Se este identifica seu próprio número de identidade de assinante móvel no PCH, esta irá responder.
Canal de Acesso Aleatório (RACH)	<i>Uplink</i> , ponto a ponto	Recebe a requisição da MS para um canal de sinalização a ser usado para estabelecimento de chamada.	Responde à mensagem de paginação no RACH requisitando um canal de sinalização.
Canal de Permissão de Acesso (AGCH)	<i>Downlink</i> , ponto a ponto	Atribui um canal de sinalização (SDCCH) à MS	Recebe atribuição de canal de sinalização.

Tabela 06 – Canais de Controle Comuns

Nesse estágio a MS e BSS estão prontas para iniciar os procedimentos de estabelecimento de chamada. Para isso a MS e BSS usam Canais de Controle Dedicados (DCCH's).

Canais de Controle Dedicados (DCCH)

Canal Lógico	Direção	BTS	MS
Canal de Controle Dedicado <i>standalone</i> (SDCCH)	<i>Uplink e downlink</i> , ponto a ponto	A BTS comuta para o SDCCH atribuído. O procedimento de estabelecimento de chamada é efetuado no modo livre. O BSC atribui um TCH. O SDCCH também é usado para transmitir mensagens de texto, SMS	A MS comuta para o SDCCH atribuído. O estabelecimento de chamada é efetuado. A MS recebe uma informação de atribuição de TCH. (portadora e <i>timeslot</i>).
Canal de Difusão de Célula (CBCH)	<i>Downlink</i> , ponto a ponto	Transmite a difusão de célula de serviço de <i>short message</i> .	A MS recebe as mensagens de difusão.
Canal de Controle Associado Lento (SACCH)	<i>Uplink e downlink</i> , ponto a ponto	Instrui a MS a transmitir na potencia de operação e fornece instruções sobre sincronismo.	Envia medições sobre sua própria BTS (intensidade e qualidade de sinal) e das BTS's vizinhas (intensidade do sinal)
(FACCH)	Up and down ponto a ponto	Transmite informações de <i>Handovers</i>	Transmite informações necessárias para o <i>Handover</i> em rajadas

Tabela 07– Canais de Controle Dedicado

4.4 Canais de Tráfego

Uma vez concluído os procedimentos de estabelecimento de chamada nos canais físicos, a MS sintoniza-se em um canal físico de tráfego. Esta utiliza o canal lógico de tráfego (TCH). Há dois tipos de TCH:

- Taxa Plena (TCH): transmite à velocidade de taxa plena (13kbit/s). Um TCH de taxa plena ocupa um canal físico.

- Taxa Parcial (TCH/2): Transmite à velocidade de meia taxa (6,5 kbit/s). Os TCH's de taxa parcial podem partilhar um canal físico, assim dobrando a capacidade de uma célula.

4.5 Rajadas

Existem cinco tipos de rajadas:

Rajada normal: Utilizado para transportar informação nos canais de tráfego (TCH) e de controle (BCCH, PCH, AGCH, SDCCH, CBCH, SACCH e FACCH). Possui em seu conteúdo:

- Dois blocos de 57 bits cada, para tráfego;
- Sequência de instrução com 26 bits;
- *Flags* de roubo de 1 bit cada para indicar que o FACCH foi temporariamente roubada;
- Últimos 3 bits sempre "000";
- Período de proteção de 8,25 duração de bit.

Rajada de Correção de Frequência: Utilizado pelo FCCH para sincronização de frequência da rede móvel. Possui em seu conteúdo:

- 142 bits de correção de frequência;
- Período de proteção de 8,25 duração de bit.

Rajada de Sincronização: Utilizado pelo SCH para sincronização de quadro da rede móvel. Possui em seu conteúdo:

- Dois blocos de 39 bits cada, para informação de estrutura de quadro TDMA;
- 64 bits de sincronização;
- Período de proteção de 8,25 duração de bit.

Rajada Irrelevante: Utilizada em todos os *timeslots* livres quando nenhum outro canal requer envio de uma rajada. O padrão é idêntico à rajada normal, contudo não se transporta informação.

4.6 Relação Entre Rajada e Quadros

A relação entre rajadas e quadros é apresentada na Figura 21. Há dois tipos de multiquadros:

- Multiquadros de 26 quadros TDMA: utilizado para transportar TCH, SACCH e FACCH.
- Multiquadros de 51 quadros TDMA: utilizado para transportar BCCH, CCCH, SDCCH e SACCH.

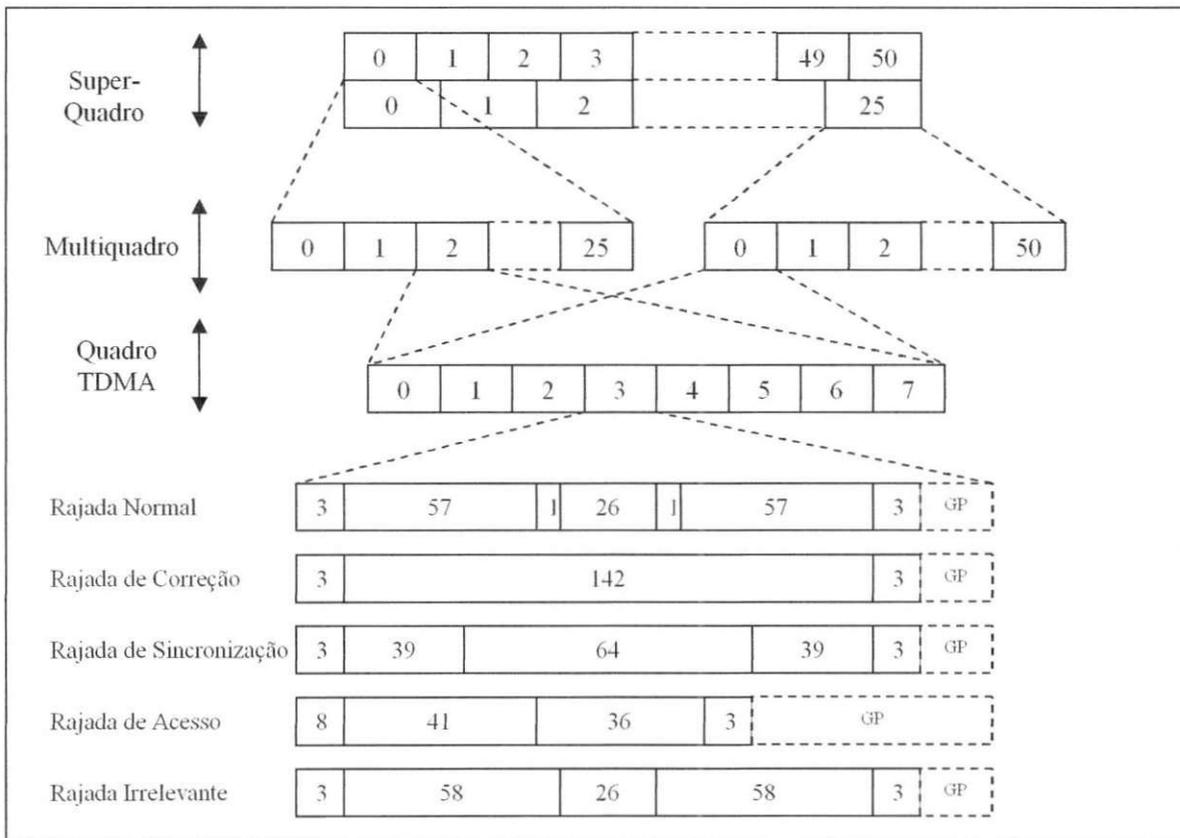


Figura 21 – Rajadas e Quadros

A cada multiquadro, um dos *timeslots* de canais físicos TCH é usado para transportar informações de controle via SACCH.

4.7 Caso de Tráfego

Inicialmente a unidade móvel deve estar sincronizada a BTS mais próxima, enquanto monitora o BCH. Tendo recebido mensagens FCCH, SCH e BCCH, o assinante estará “amarrado” ao sistema e a um BCH apropriado.

Ao originar uma chamada, a MS transmite para a BTS uma rajada de dados RACH utilizando o mesmo canal que ele está associado.

A BTS responde ao sinal com um AGCH, indicando para a MS uma alocação de um novo canal para conexão SDCCH.

A MS, que esta monitorando o *timeslot* “0” do BCH, recebe as instruções do AGCH e sintoniza-se no novo canal.

Uma vez associado ao SDCCH, a MS aguarda uma mensagem de SACCH informando-lhe necessidades de avanço de sincronização ou comando de ajuste de potência. Após receber o SACCH, o terminal móvel estará habilitado a transmitir rajadas de voz conforme a necessidade de tráfego.

Enquanto a MSC comuta a chamada para o destino desejado, o SDCCH transporta informações entre a BTS e a MS assegurando autenticação e verificando a validade do usuário.

Em seguida, o SDCCH aloca em um TCH um novo *timeslot* e canal para o estabelecimento da chamada, liberando o SDCCH. A MS e a BTS comutam para a frequência e *timeslot* de TCH e caso o assinante de destino atenda, a conexão é estabelecida.

O processo de recebimento de chamada é similar. As BTS's de uma determinada área de localização, transmitem uma mensagem PCH via interface do ar durante o *timeslot* “0” de um quadro apropriado no BCH.

A unidade do usuário, associado a um mesmo canal que a estação rádio base que difundiu o PCH, detecta essa mensagem de alerta e responde com uma mensagem de RACH, reconhecendo a recepção desse alerta. A BTS então usa um AGCH no CCCH para

atribuir ao terminal móvel um novo canal físico para conexão ao SDCCH e SACCH, enquanto a rede e a estação rádio base servidora estão se conectando. Tendo a MS estabelecido o avanço de temporização e a autenticação através do SDCCH, a BTS transmite uma nova alocação de canal físico através do SDCCH e a alocação de um TCH é feita para o estabelecimento da chamada.

Capítulo 5

UltraSite BTS Nokia

5.1 Introdução

UltraSite Nokia é uma BTS completa para GSM que também irá desempenhar um papel essencial nas futuras redes multimídia. O equipamento fornece o alto tráfego e capacidade de transmissão necessária através de células com raio maior do que o tamanho normal. A UltraSite Nokia também oferece os últimos desenvolvimentos em comunicações de dados para a rede ao lado dos tradicionais serviços de voz.

Como a evolução aponta para a 3ª geração, a BTS também provê a possibilidade de integração com a tecnologia WCDMA.

A BTS UltraSite Nokia é usada em sistemas GSM 900, GSM 1800, e GSM 1900, ou como Estações Base de banda dual (900 MHz e 1800MHz simultaneamente). Ela é otimizada para aplicações macrocelulares.

O bastidor da BTS acomoda até 12 rádios, tornando-a uma solução eficiente para se conseguir redes de comunicação móveis de alta capacidade em áreas de tráfego pesado. Com a alta potência de saída e sensibilidade de recepção, ampla cobertura pode ser obtida em áreas rurais.

Encadeando-se BTS's pode-se aumentar a capacidade. Na maioria das configurações, somente a cabeção de sincronização é necessária entre os bastidores separados. Até nove BTS's podem ser encadeadas.

A BTS UltraSite Nokia oferece uma plataforma para serviços multimídia GSM. Serviços HSCSD (Comutação por Circuito a Alta Velocidade) e GPRS (Comutação por Pacotes) são suportadas com o *hardware* existente. Suporte EDGE pode ser facilmente realizado com mudanças mínimas no equipamento.

5.2.1 Transceptores (TRX)

Consiste de um transmissor, um receptor e outro receptor de diversidade, a função principal do transceptor é fornecer processamento analógico e digital dos sinais, necessário para tratar uma portadora nas duas direções: enlace direto (*uplink*) e enlace reverso (*downlink*).

5.2.2 Unidade de Operação (BOIA)

A *Base Operations and Interfaces Unit* (BOIA) executa as funções de controle comuns a todas as outras unidades na BTS, tais como:

- Inicialização da BTS;
- Configuração;
- Funções de Operação e Manutenção;
- Funções de *clock* principal.
- Coleta de alarmes externos.

A BOIA também controla as *cross-connections* para os enlaces reversos e diretos entre as unidades BB2 e as unidades transceptoras. A BOIA coleta alarmes de outras unidades ativas. Salva as configurações em uma memória não-volátil, carrega o pacote de software da BTS a partir da BSC, e armazena-o na memória FLASH.

5.2.3 Dual BaseBand Unit (BB2)

È uma placa de processamento digital de sinais, consistindo de dois módulos independentes de banda-base, cada módulo funciona independentemente para seu próprio transceptor.

No *downlink*, a BB2 inicialmente realiza uma leitura dos dados recebidos da BSC, via unidade de transmissão. Os dados são processados para o formato de “rajada GSM TDMA”, que são enviados, via barramento de dados seriais, para unidade do transmissor de

Rádio Frequência, que por sua vez envia os dados, através da unidade de filtro e antena, para Interface Aérea.

Na direção de *Uplink*, a BB2 obtém um sinal digital no formato HDLC do Receptor de RF na unidade transceptora. As amostras são inicialmente processadas para extrair os bits de informação atual e depois esses bits são decodificados e colocados no quadro TRAU para envio para BSC.

5.2.4 Fonte de Alimentação (PWS)

Existem dois tipos de fonte de alimentação: PWSA (fonte de alimentação AC) e PWSB (Fonte de Alimentação DC).

A potência máxima de saída para a PWSA é 2250W podendo ser instalada no máximo duas dessas placas. A potência máxima de saída para a PWSB é de 600W. Um máximo de 3 unidades podem ser utilizada pelo bastidor.

5.2.5 Wideband Combiner

Essa unidade combina dois sinais de transmissão dos transceptores e alimenta a porta TX do combinador dual duplex. O Wideband Combiner é uma placa passiva e proporciona uma atenuação de 3dB no sinal que o percorre.

5.2.6 Receiver Multicopler – 2 way or 6 way (M2HA)

Esta placa distribui os sinais de recepção para as unidades TRX. Exista uma unidade com seis vias e uma unidade com duas vias. Uma unidade realiza a divisão do sinal para ambos os ramos, recepção principal e de diversidade.

As placas M2HA são passivas e não proporcionam atenuação no sinal. É importante ressaltar que todos os pontos de conexões do lado esquerdo da placa (tomando-se como referencia o observador de frente para a unidade), referem-se a recepção principal, e os pontos de conexões do lado direito refere-se a diversidade.

5.2.7 Dual Variable Gain Duplex Filter (DVDA)

A Dual Duplex realiza a operação de duplexação dos sinais de transmissão e recepção em uma antena comum, fornecendo filtragem e amplificação para os sinais RX principal e diversidade, antes que eles sejam alimentados para os transceptores via Multicoupler.

A unidade contém um ganho variável para amplificação otimizada do sinal de recepção.

5.2.8 Remote Tune Combiner (RTC)

O Remote Tune Combiner combina até seis saídas de transmissores em uma antena. Fornece também filtragem e amplificação para sinais principais e de recepção de diversidade, antes que eles sejam alimentados para os transceptores via o Multicoupler.

5.2.9 Transmissão

A unidade de transmissão é responsável pelas conexões das BTS's umas com as outras e com o restante da rede., através da interface Abis. O meio de transmissão pode ser enlace de rádio, cabos (tributários E1/T1), ou fibra óptica (STM-1).

A BTS UltraSite Nokia suporta sinalização via interface Abis dos transceptores de 16kbit/s, 32kbit/s, e 64Kbit/s. A velocidade de sinalização de O&M (Operação e Manutenção) pode ser de 16kbit/s ou 64kbit/s.

5.2.9.1 Transmissão por Rádio

As seguintes unidades de transmissão por rádio estão disponíveis para a BTS UltraSite Nokia:

- FCRR1: 16 x 2 Mbit/s, suporte para uma interface Flexbus, *Cross-Connections* em nível de 2Mbit/s;

- FCXRRI: 16 x 2 Mbit/s, suporte para duas interfaces Flexbus, *Cross-Connections, branching, grooming, e loop protection* em nível de 8 kbit/s.

As unidades de transmissão FC RRI e FXC RRI são conectadas aos rádios microondas FlexiHopper ou MetroHopper, com um cabo coaxial referido Flexbus. Além disso, quando múltiplos bastidores são colocados na mesma estação, é possível conectar bastidores das BTS's juntas, usando um único cabo Flexbus, fornecido pelas unidades RRI.

O FC RRI opera como ponto terminal em uma rede com topologia em estrela ou em anel. O FXC RRI opera como um repetidor e interconecta a BTS e o BSC usando configurações de rede ponto-a-ponto, anel, estrela ou *loop*.

5.2.9.2 Transmissão por Fibras Ópticas

As seguintes unidades estão disponíveis para transmissão por fibra óptica na BTS UltraSite Nokia:

- FXC STM-1: 155Mbit/s suporte para cabo e fibra óptica, terminação de sinal, *cross-connections* em 8kbit/s, sincronização, processamento de canal de gerenciamento, e um circuito de CPU para controle da unidade.
- FXC E1B: Ponte para os sinais em SDH da BTS e a *cross-connections* PDH do equipamento FXC; Inclui gerenciamento e *cross-connections* em níveis de 8kbit/s, 16kbit/s, 32kbit/s, 64kbit/s e 2Mbit/s.

5.2.9.3 Transmissão por Cabos

As seguintes Unidades de Transmissão por cabos estão disponíveis para a BTS UltraSite Nokia:

- FC E1/T1: Conexão PCM de 1 x 2 Mbit/s (E1) ou 1 X 1.5 Mbit/s (T1);
- FXC E1: Conexões PCM de 4 x 2 Mbit/s (E1), suporta *grooming, branching, e loop protection, cross-connections* em nível de 8kbit/s;

- FXC E1/T1: Conexões PCM de 4 x 2 Mbit/s (E1) ou 1 X 1.5 Mbit/s (T1), suporta *grooming*, *branching*, e *loop protection*, *cross-connections* em nível de 8kbit/s. As interfaces podem ser configuradas independentes nos modos E1 ou T1.

A FC E1/T1 opera como o ponto de terminação em uma rede de topologia estrela ou anel. A FXC E1 e a FXC E1/T1 operam como ponto de ramificação e interconectam a BTS e o BSC usando configurações de rede ponto-a-ponto, anel, estrela, ou *loop*.

5.3 Configurações

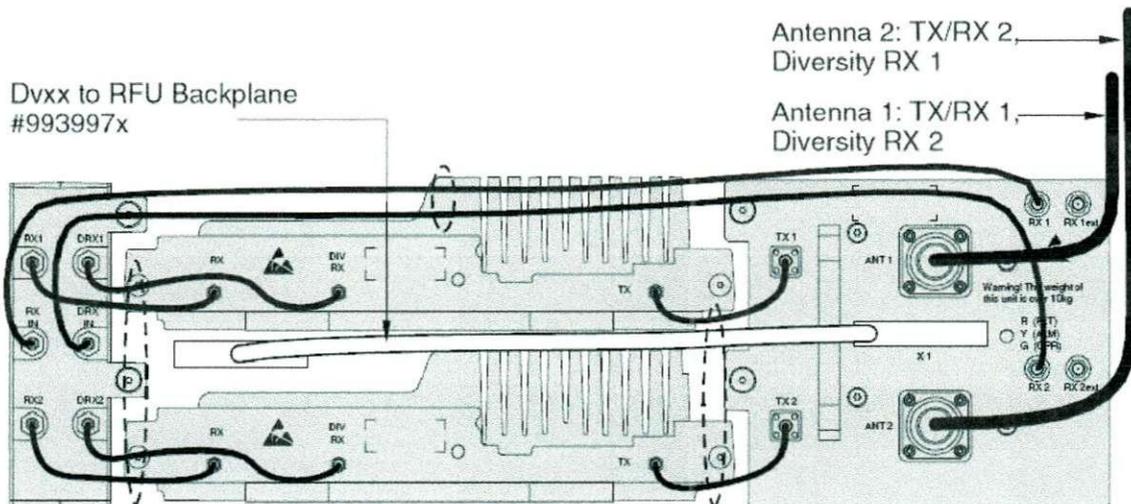
A BTS UltraSite Nokia pode ser setorizada flexivelmente e expandida com bastante facilidade. A introdução das configurações de banda dual também é muito fácil, desde que a estrutura da unidade seja semelhante. O equipamento suporta múltiplos setores por bastidor.

A BTS pode ser utilizada com várias configurações de antenas, incluindo *Dual Band* e antenas com polarização cruzada. Várias opções de combinações estão disponíveis para minimizar o número de antenas e maximizar a faixa de cobertura.

As opções de combinações da BTS UltraSite Nokia são apresentadas a seguir:

5.3.1 Combinação *By-Pass*

Conforme pode ser observado na figura 23. Nessa configuração, não é realizada nenhuma combinação do sinal de transmissão. Os transceptores alimentam diretamente o Dual Duplex, portanto não se utiliza a placa WideBand Combiner.



Fonte: Apostila Nokia

Figura 23 – Combinação *by-pass*

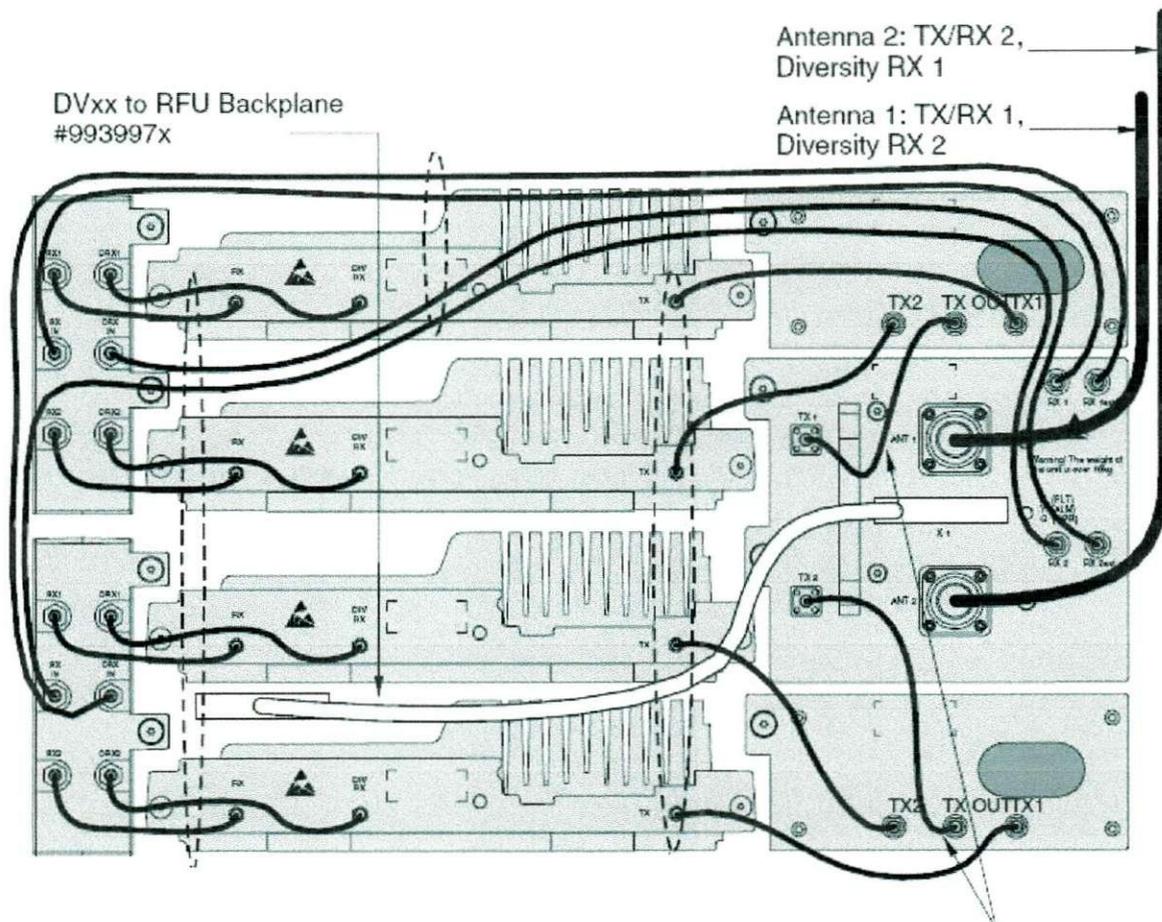
A combinação *By-Pass* é recomendada para solução de cobertura em *sites* rurais utilizando BTS de três setores com a configuração 2+2+2, ou seja, dois transceptores por setor. A alta potência de saída (28W) assegura uma grande área de cobertura, reduzindo o número de estações. A quantidade de antena é minimizada utilizando-se antenas de polarização cruzada.

5.3.2 Combinação 2-Way

Nesta configuração, sinais de dois transceptores são combinados em uma única antena, para tanto é necessário a utilização de um WideBand Combiner, como pode ser visualizado na figura 24.

Essa combinação é recomendada para soluções de atualizações da capacidade em *sites* urbanos onde há mais tráfegos de chamadas em uma certa região.

Vale salientar que a inserção de placas de WideBand Combiner proporciona atenuações de 3dB na intensidade dos sinais.



Fonte: Apostila Nokia

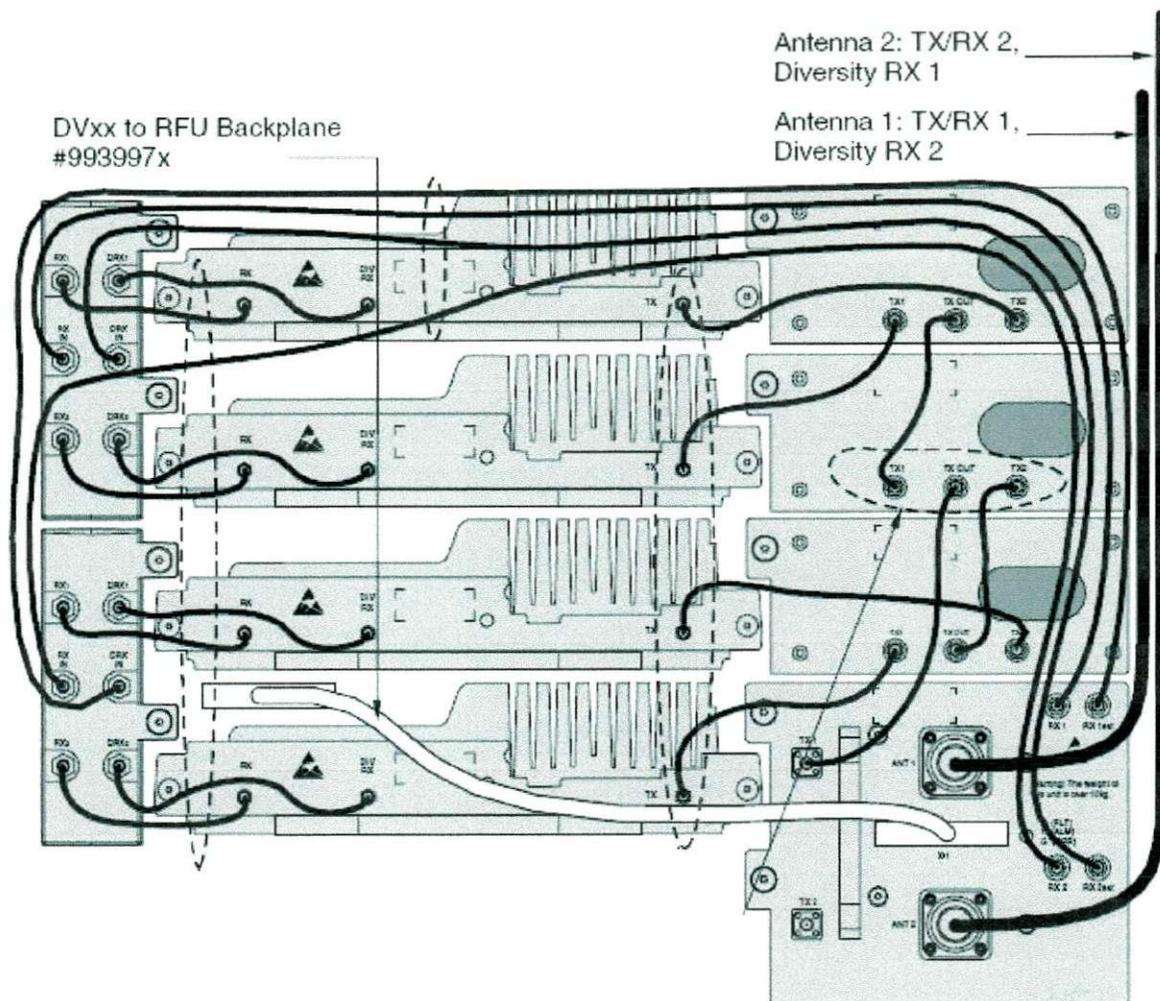
Figura 24 – Combinação 2 – Way

5.3.3 Combinação 4-way

Utilizando duas unidades paralelas de WideBand Combiner com uma unidade em série, é possível obter a combinação de quatro transceptores em uma única antena, conforme apresentado na figura 25.

Essa combinação é recomendada para soluções de capacidade para *sites* urbanos, onde BTS 's de três setores oferecem a possibilidade de evolução a partir de configurações pequenas até grandes capacidades como a configuração 4+4+4, onde se utilizam quatro unidades transceptoras para cada setor.

Também é recomendada essa configuração na solução de cobertura para *sites* urbanos de banda dupla.



Fonte: Apostila Nokia

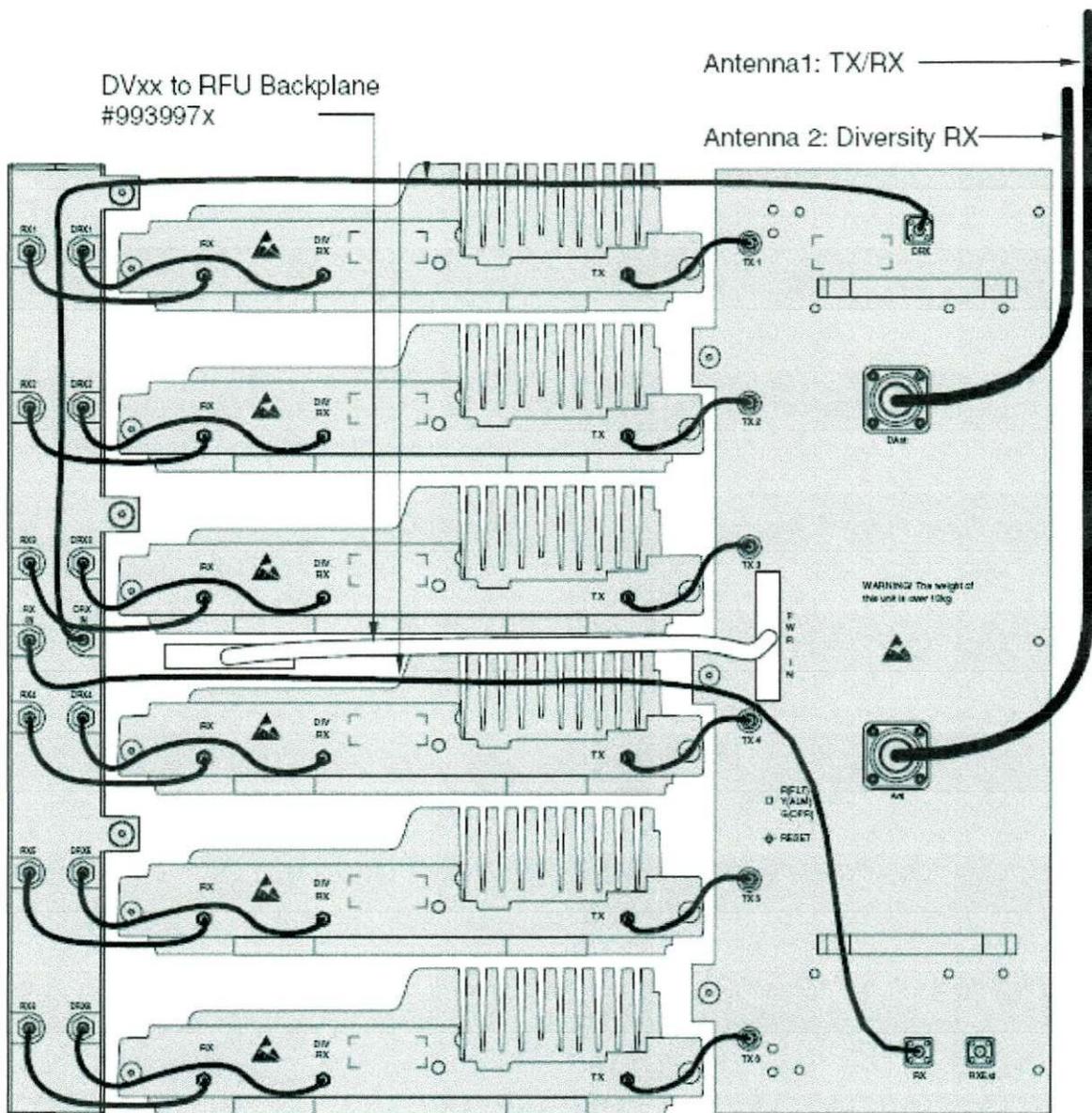
Figura 25 – Combinação 4-way

5.3.4 Remote Tune Combiner

Com esta configuração, é possível a combinação dos sinais de seis transceptores em uma única antena, utilizando para tanto a unidade RTC.

Com duas unidades RTC, doze transceptores podem ser conectados a duas antenas sendo que nenhuma antena separada é necessária para diversidade de recepção.

A configuração Remote Tune Combiner é recomendada para a solução externa de campo para *sites* suburbanos, oferecendo grande área de cobertura e alta capacidade. Isto pode ser fornecido por uma BTS de três setores com a configuração 6+6+6 com combinação RTC.



Fonte: Apostila Nokia

Figura 26 – Remote Tune Combiner

5.4 Configuração da Unidade de Transmissão FXC

A transmissão da BTS deve ser configurada e testada durante o processo de comissionamento do equipamento. Visto que é de fundamental importância a definição dos parâmetros de transmissão que possibilitam a comunicação entre a BTS, a BSC e a rede GSM em geral.

Para configuração da Unidade de Transmissão da BTS UltraSite Nokia, é necessário que o responsável por essa atividade possua instalado em seu LapTop o *software* Nokia Site Wizard, que é um pacote de aplicativos para comissionamento e manutenção das Estações Base GSM Nokia.

Os aplicativos são apresentados a seguir:

- Nokia BTS Manager;
- Nokia UltraSite BTS HubManager;
- Nokia RRI Manager;
- Nokia E1/T1 Manager;
- Nokia BTS HW Configurator;
- Nokia Hopper Manager;
- Nokia SCF Editor.

O Aplicativo utilizado para configuração da unidade de transmissão FXC é o Nokia BTS UltraSite BTS HubManager.

Após a instalação do Pacote de *software* no LapTop, inicia-se o processo de configuração, conectando o PC à unidade BOIA da BTS via cabo de comunicação LMP.

Em seguida utilizando o software “Nokia BTS Manager”, escolhe-se no menu “Tools” a opção “Launch BTS Hub Manager”. Dessa forma o software destinado a configuração da transmissão é iniciado.

Um passo a passo da atividade de configuração é descrito a seguir.

5.4.1 Acessando as Unidades de Transmissão

Passo 1: Escolhe-se o comando “*Connect Locally*” na opção “*Connection*” do menu principal conforme pode ser visualizado na figura 27. A janela do equipamento abre-se automaticamente quando a conexão estiver estabelecida.



Figura 27 – Menu de Conexões

Passo 2: Com o botão direito do *mouse* clica-se em uma das unidades na ilustração que representa o equipamento e escolhe-se a opção “*Install All*”. Dessa forma as placas instaladas fisicamente na BTS serão automaticamente habilitadas na janela principal. Supondo que na BTS há duas placas FXC E1 e duas placas FXC RRI, a figura seguinte apresenta o exemplo.

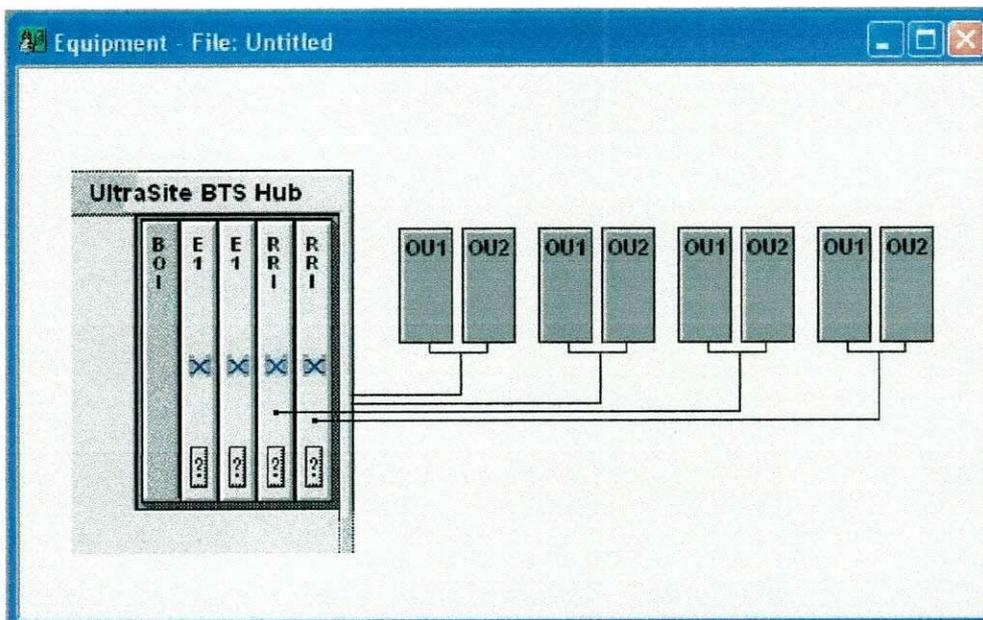


Figura 28 – Visualização do Equipamento

5.4.2 Configurações da Interface de Linha

As configurações disponíveis na interface da linha para cada unidade de transmissão dependem do tipo de unidade selecionada. Para cada placa selecionada, surgirá um menu específico para configuração.

Passo 3: Após selecionar a placa FXC E1, escolhe-se a opção “LIF Setting” no menu “FXC E1/T1”. Dessa forma aparecerá a janela “LIF Setting” conforme a figura seguinte.

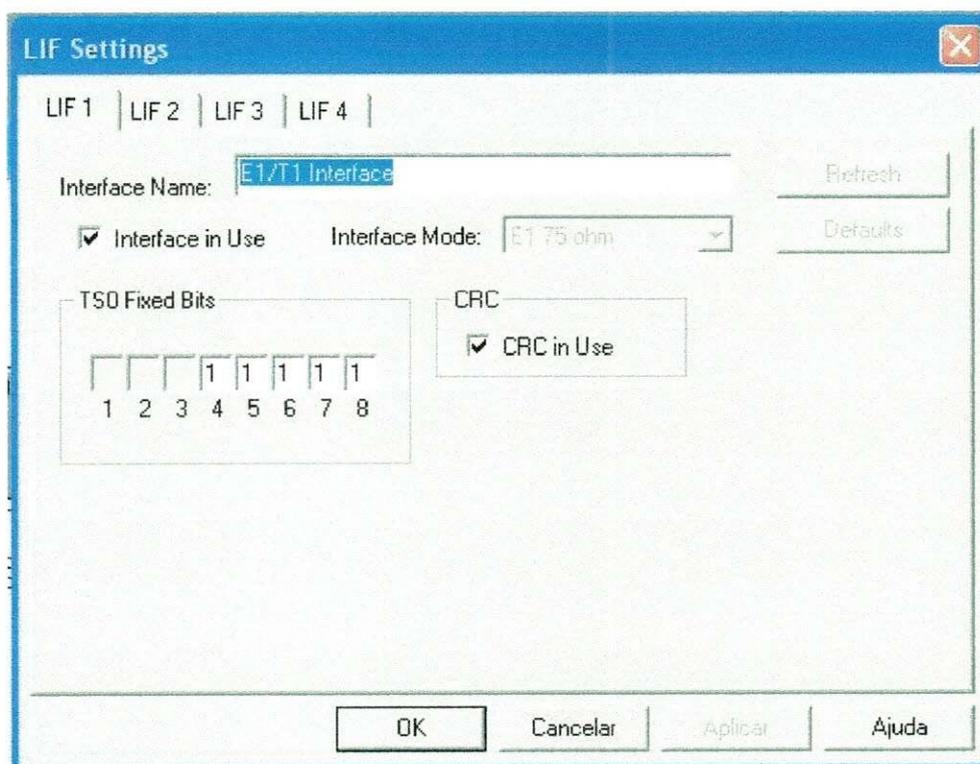


Figura 29 – Configurações de Interface de Linha

Passo 4: Como a unidade possui quatro Interfaces, devem-se habilitar apenas aquelas que serão utilizadas através da opção “Interface in Use”. Caso uma das LIF estiver selecionada e sua interface não estiver sendo utilizada, então a BTS emitirá um alarme.

Passo 5: Se o modo de Interface E1 for de 120Ω, será necessário a definição de alguns Bits do *timeslot* “0”. Os bits de 1 a 3 são reservados para canais de controle. Os bits de 4 a 8 são usados para alarmes e para transmissão de dados nas conexões locais.

5.4.3 Configurações da Interface Abis

A configuração da Interface Abis é um procedimento realizado conforme o plano de transmissão. Nesse momento são definidas as alocações dos canais de tráfego para cada transceptor, além dos canais de sinalização e controle. Além disso define-se a unidade e sua respectiva interface a qual a Abis será criada.

Passo 6: Iniciar a configuração da Interface Abis utilizando o “*Traffic Manager*”, e definir a unidade de transmissão, interface e a alocação dos *timeslots* de entrada da Abis.

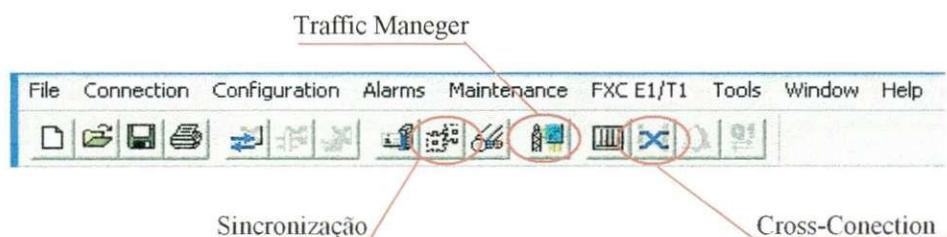


Figura 30 – Opções de Configuração

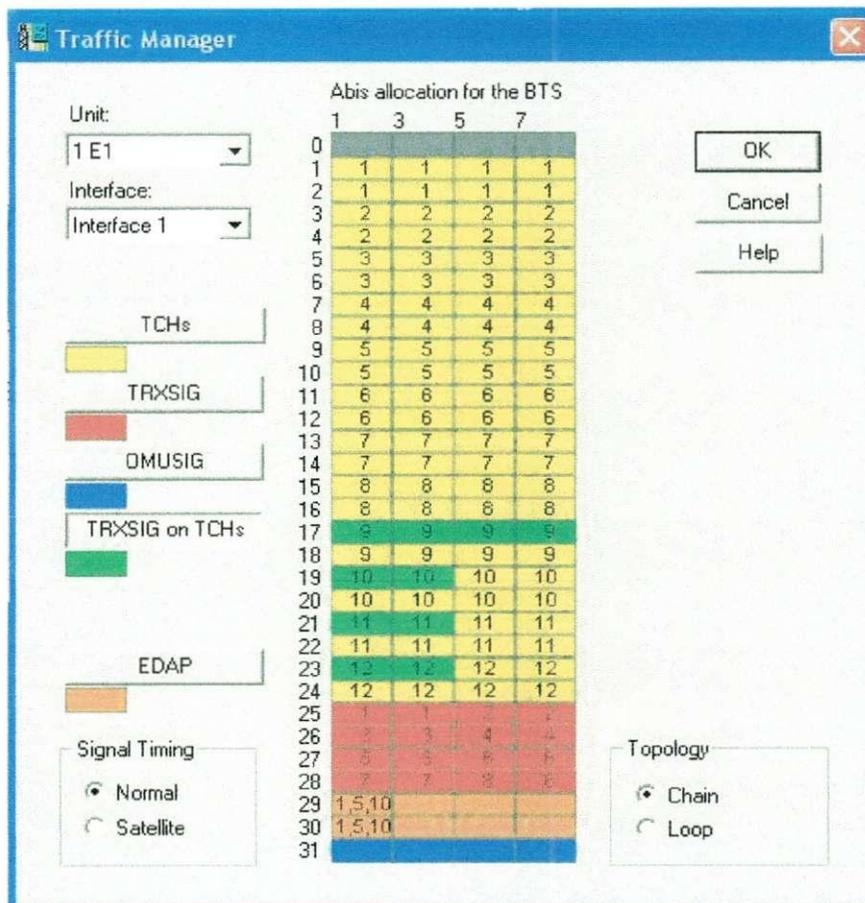


Figura 31 – *Traffic Manager*

A ferramenta gráfica utilizada para configuração da interface Abis é dividida em linhas e colunas, onde as linhas representam os *timeslots* e as colunas são representadas por Bits.

O OMUSIG define os canais responsáveis pelo controle e manutenção entre a BTS e a BSC. Aloca 2, 4 ou 8 bits em um *timeslot* dependendo de sua granularidade (16, 32 ou 64 kbit/s). O OMUSIG é representado pela cor azul.

Os TCHs são os canais de tráfego e devem ser alocados de acordo com a quantidade de transceptores. Cada TCH aloca 2 *timeslots* adjacentes (16 bits) para um único transceptor, e são representados pela cor amarela e numeradas conforme a posição da unidade de rádio no gabinete.

TRXSIG devem ser alocados para cada transceptor instalado. Define os canais responsáveis pela sinalização entre BTS e MS, trafegando parâmetros de potencia e

sincronização. Pode alocar 2, 4 ou 8 bits dependendo de sua granularidade (16, 32 ou 64 kbit/s). É representado pela cor vermelha e numerado conforme a posição do rádio que o representa no gabinete.

TRXSIG nos TCHs. Esse recurso pode ser utilizado quando a capacidade da Abis já estiver saturada, podendo-se utilizar sinais de TRXSIG em canais de tráfego, entretanto até 4 *timeslots* de rádio são perdidos. É representado pela cor verde e numerado conforme o transceptor que o representa no gabinete.

O EDAP aloca o espaço reservado para transmissão de dados de multimídia. É representado pela cor laranja e define quais rádios suportam esse recurso.

5.4.4 Definição das Configurações de Sincronismo

É necessário configurar os parâmetros de sincronização entre a BTS e a rede GSM. Para tanto utiliza-se o comando de sincronização apresentado na figura 30.

Passo 7: Define-se o “*timing*”, a unidade e a interface. Esses dois últimos referem-se ao local onde foi criada a interface Abis. Recomenda-se a definição de “*Rx Clock*” para a prioridade 1 do *Timing* e “*internal timing*” para prioridade 2 do “*Timing*”.

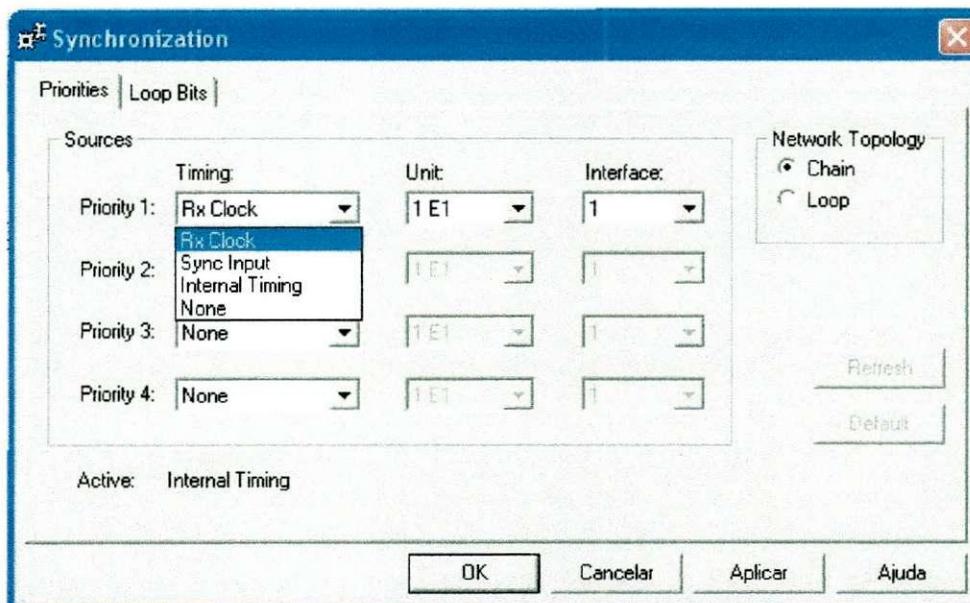


Figura 32 – Sincronização

5.5 Cross-Connections

As *cross-connections* definem como os sinais são encaminhados de uma unidade de transmissão FXC para outra unidade de transmissão. Por exemplo, se uma determinada BTS serve como intermédio de tráfego de informações entre diversos elementos de rede, conforme a figura abaixo, as *cross-connections* executam o encaminhamento dos sinais.

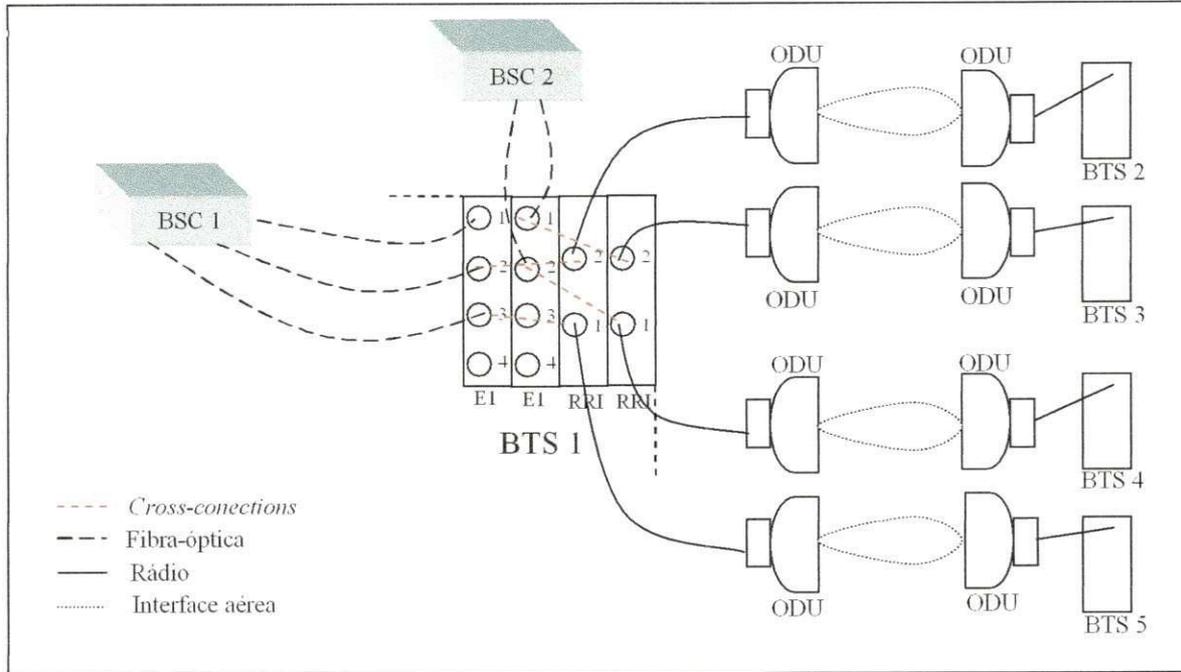


Figura 33 – *Cross-Connections* na Rede GSM

De acordo com a figura anterior pode-se admitir o seguinte plano de transmissão para as *cross-connections*:

CROSS-CONNECTIONS:

1. Abis da BTS 1 partindo da BSC 1 e chegando na interface 1 da primeira placa FXC E1 da BTS 1;

2. Abis da BTS 2 partindo da BSC 1, chegando na interface 2 da primeira placa FXC E1 da BTS 1, utilizando *cross-connection* para interface FlexBus 2 da primeira placa FXC RRI, e enviada via rádio.
3. Abis da BTS 3 partindo da BSC 2, chegando na interface 1 da segunda placa FXC E1 da BTS 1, utilizando *cross-connection* para interface FlexBus 2 da segunda placa FXC RRI, e enviada via rádio.
4. Abis da BTS 4 partindo da BSC 2, chegando na interface 2 da segunda placa FXC E1 da BTS 1, utilizando *cross-connection* para interface FlexBus 1 da segunda placa FXC RRI, e enviada via rádio.
5. Dados de informação entre BSC 1 e BTS 5, de forma que esses dados entrem na BTS 1 através dos *timeslots* 10 a 15 na interface 3 da primeira placa FXC E1, utilizando *cross-connection* para os *timeslots* de 20 a 25 da interface FlexBus 1 da primeira placa FXC RRI, enviada via rádio.

Para realizar as configurações necessárias para as *cross-connections* apresentadas na figura anterior, inicialmente conecta-se o LapTop a BTS 1 e utiliza-se o comando “*cross-connection*” do Nokia UltraSite BTS Hub Manager apresentado na figura 30.

As *cross-connections* possuem em bancos que podem estar ativos ou inativos. Os bancos ativos apresentam as *cross-connections* que estão em uso, enquanto que os bancos inativos possibilitam a edição ou criação das novas *cross-connections*.

Inicialmente, seleciona-se o banco ativo. Este conterá todas as informações referente a interface Abis da BTS 1. Copia-se essas informações e abre-se o banco inativo que automaticamente estará com todas as informações gravadas após a cópia, conforme apresentado na figura 34.

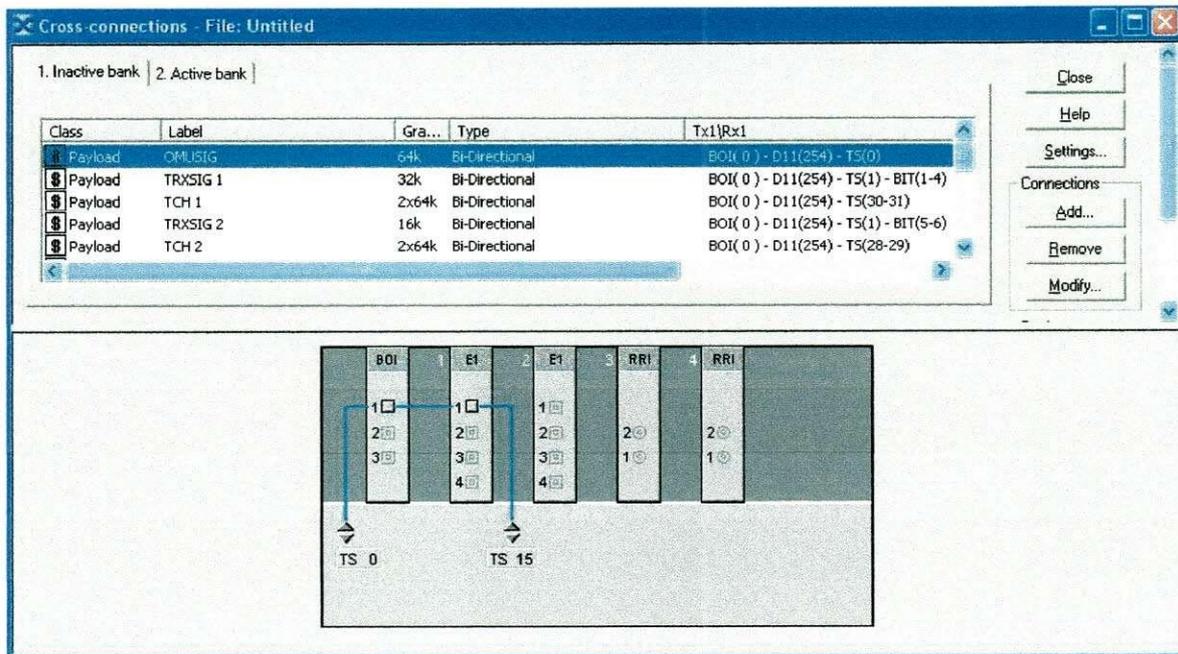


Figura 34 – Editando cross-connections.

Para criar a *cross-connections* entre a BSC 1 e a BTS 2 conforme apresentado na figura 33, clica-se no botão “Add.” para adicionar uma nova “*cross-connection*”. Aparecerá uma nova janela onde serão definidas as informações de chegada (da BSC 1 para a BTS 1), essa janela é denominada TX1/RX1. Para tanto, deve-se selecionar a interface a qual o sinal chega. Para o exemplo, seleciona-se a interface 2 da primeira placa FXC E1. É recomendado criar uma etiqueta no campo “label” para identificação da nova conexão.

Define-se também, o tipo da *cross-connection*. No exemplo, o objetivo é transportar a interface Abis, então a conexão é do tipo bi-direcional.

Além disso, define-se a granularidade, que no caso será de 2M Bit/s, e em seguida clica-se no botão “avançar”.

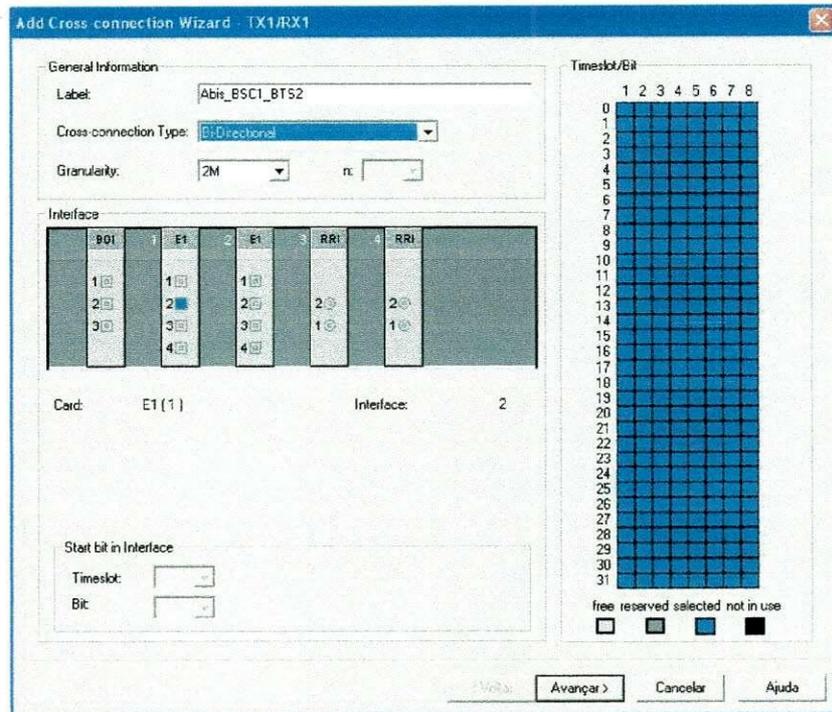


Figura 35 – Adicionando cross-connection.

Para continuidade da criação da cross-connection, seleciona-se na janela TX/RX2 a unidade e a interface de chegada, que para o exemplo é a interface FlexBus 2 da primeira placa FXC RRI. Em seguida clica-se no botão “avançar”.

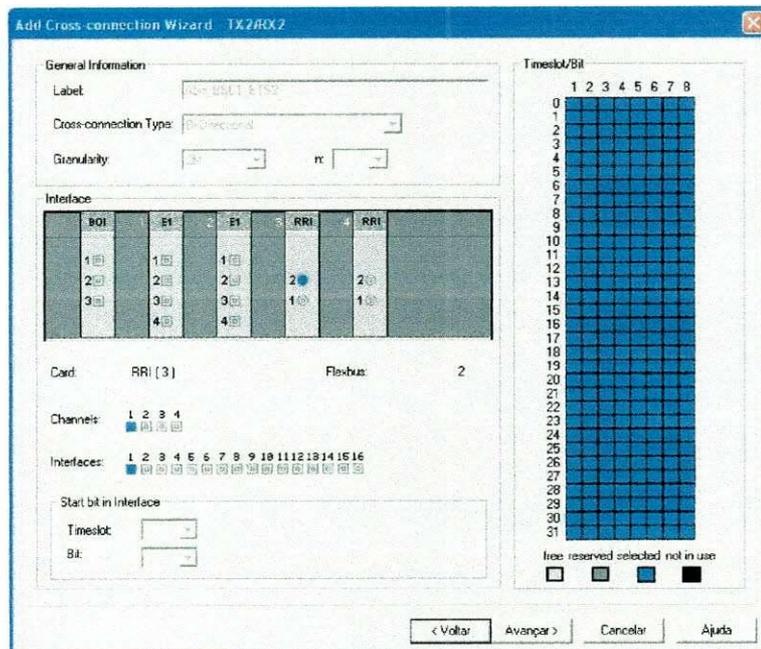


Figura 36 – Finalizando cross-connection.

Conclui-se dessa forma a criação da cross-conexão entre a BSC 1 e a BTS 2. Para realizar as outras *cross-connections*, basta repetir os procedimentos descritos anteriormente. No caso da transmissão de dados, modifica-se apenas a granularidade e a alocação dos bits e *timeslots* que se deseja transmitir.

Capítulo 6

Conclusão

O desenvolvimento dos sistemas celulares de segunda geração deu-se principalmente na necessidade de se melhorar a qualidade de transmissão, a capacidade do sistema e a cobertura. Os avanços que as novas tecnologias impuseram com relação a semicondutores e dispositivos de microondas levaram ao uso e ao crescimento de uma tendência mundial na exploração digital comunicações móveis.

Descrever a evolução celular numa visão abrangente, em especial o sistema GSM, ajuda a entender melhor o que cada aspecto representa e a que caminhos os rumos dessa evolução podem estar levando as tecnologias de comunicação móvel para futuros próximos.

Pode-se considerar que a UltraSite BTS Nokia é um equipamento que intermedia a transição entre a atual geração de telefonia e as próximas gerações, visto que é possível utilizar transceptores compatíveis com padrões de telefonia móvel mais recente, como é o caso do WCDMA, oferecendo maior abrangência nas opções de tecnologia para as operadoras que a utilizam.

É importante destacar que a UltraSite BTS Nokia possui como importante atribuição, a presença de um sistema de transmissão bastante flexível entre a BTS e a rede GSM, dentro do próprio gabinete, diferentemente de outros fabricantes que geralmente não possui unidades de transmissões instalado dentro do equipamento.

A facilidade da configuração de transmissão devido a uma interface amigável do *software* que a acompanha, proporciona maior agilidade para operação e manutenção local da BTS.

Bibliografia

1. PEDRÃO, Ecelso Luiz Zago, “*GSM E GPRS: A Tecnologia, os Benefícios e as Principais Vulnerabilidades*” Monografia, Faculdade de Ciências Aplicadas de Cascavel – FACIAP, 2004.
2. CAMILO, Talles Alexandre, “*Simulação e Desempenho de Serviço Integrado de Voz e Dados em Sistemas Celulares Utilizando o Padrão GSM/HSCSD*”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, Agosto de 2002.
3. ERICSSON. “*GSM System Survey*” – Texto do Estudante, Revisão 4.
4. NOKIA. “*UltraSite Nokia: Instalação e Comissionamento*”, 2001
5. FASOLO, Sandro Adriano, “*Sistemas de Comunicações Móveis IP*”, Setembro de 2002