

## 14. Sistema WLL (Wireless Local Loop)

### 14.1. Introdução

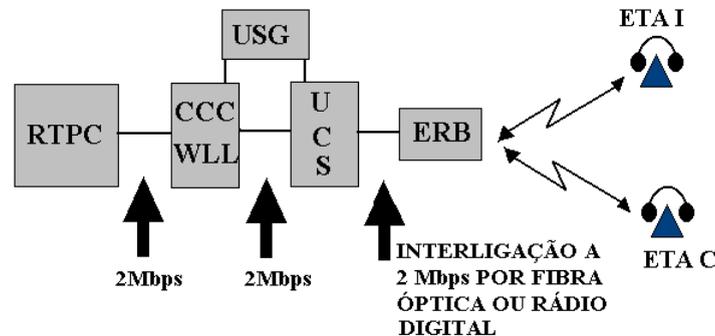
No WLL o “local loop” é realizado por ondas de rádio. Somente os cabos de distribuição são retirados, permanecendo o resto do sistema. Assim, o armário de distribuição passaria a ser um transmissor de rádio, e o receptor estaria montado na casa do assinante, com uma antena e um cabo que vai até a uma tomada comum de telefone.

Os sistemas usados para a telefonia fixa sem fio (WLL), em sua maioria, surgiram como uma extensão da aplicação da técnica utilizada para sistemas móveis. Os equipamentos dos sistemas WLL são, em princípio, os mesmos do sistema móvel celular, sendo que a principal diferenciação está na fixação do terminal de assinante.

Estes sistemas utilizam tecnologia que permite maior agilidade às operadoras de serviço telefônico em oferecer serviços, bem como o aumento da sua competitividade pela redução dos seus custos de manutenção e operação.

Nos países em desenvolvimento o WLL é uma solução natural para o atendimento a grande demanda reprimida para obtenção do serviço telefônico básico.

O sistema WLL é uma opção tecnológica de prover serviços de comunicação de voz e dados, sem utilização de rede externa, com transparência de facilidades e serviços com relação ao atendimento cabeado tradicional, utilizando terminais de assinantes individual ou coletivo.



- RTPC – Rede Telefônica Pública Comutada
- CCC WLL – Central de Comutação e Controle WLL
- UCS – Unidade Controladora do Sistema
- ERB – Estação Rádio Base
- ETA I – Estação Terminal de Assinante Individual
- ETA C – Estação Terminal de Assinante Coletivo
- USG – Unidade de Supervisão e Gerência

A Central de Comutação e Controle WLL é o equipamento responsável pela comutação, gerenciamento e conexão com a RTPC. A CCC WLL gerencia e controla as Unidades Controladoras do sistema a ela interligada. A sua conexão com a rede pública dá-se por meio da interface E1 (2Mbps). Em algumas aplicações pode ser dispensada a implantação da CCC WLL realizando-se a comutação do sistema WLL pela RTPC.

A Unidade Controladora do Sistema (UCS) é responsável pela gerência e controle das várias estações rádio base e estações de assinantes a ela conectada. A UCS permite a conexão do sistema WLL com a rede pública sem a utilização de uma CCC WLL, utilizando-se de interfaces apropriadas.

A Unidade de Supervisão e Gerência (USG) é responsável pela interface do sistema WLL com a rede de gerência da empresa operadora, permitindo supervisão e gerência remota.

A Estação Rádio Base (ERB) é responsável pela conexão da estação terminal de assinante com o sistema WLL.

A Estação Terminal de Assinante (ETA) é a responsável pela conexão, a dois fios, do aparelho telefônico do usuário com a plataforma WLL. A ETA pode ser apropriada para o uso individual ou coletivo, sendo alimentada em AC e possui bateria para o caso de falta de energia elétrica.

Para sistemas WLL a unidade de assinante não está em movimento. A boa recepção é crucial para os sistemas WLL, já que a qualidade esperada pelos usuários é a de um telefone fixo, que é maior do que a de um telefone móvel celular.

Para obter esta alta qualidade, é necessário um baixo BER (Bit Error Rate), uma boa relação sinal/ruído (SNR), uma boa linha de visada propiciada pela localização da unidade receptora.

Os fenômenos que foram brevemente descritos são função da frequência. Em altas frequências a propagação é pobre. Se os assinantes WLL estão distribuídos com uma baixa densidade em uma vasta área, o uso de frequências mais baixas é mais apropriado. Caso contrário, como no caso de cidades, altas frequências satisfazem.

No WLL se utilizam métodos de predição e periodicidade da fala, denominada ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Na periodicidade desconsidera-se, por serem irrelevantes, os últimos 20ms de

cada sílaba falada, com a intenção de utilizar este tempo para transmitir mais informação útil. A predição usa o fato de muitas formas de ondas da fala poderem ser previstas. Ao invés de quantificar o nível de sinal absoluto, o ADPCM quantifica as diferenças entre o nível do sinal previamente amostrado e o amostrado de fato. Devido à mudança lenta na forma de onda da fala humana, esta diferença é pequena e pode ser representada por poucos bits. Possíveis erros no ADPCM vêm em cascata e sua correção é feita através da re-sincronização do sinal transmitido.

Devido a essa baixa taxa de bits, é possível conseguir uma melhor utilização da banda de frequências, para inserção de mais assinantes com a qualidade comparável à da telefonia fixa. Dependendo da área a ser atendida, no entanto, possivelmente não haverá uma preocupação com o congestionamento do espectro de frequências.

Cada operadora WLL tem uma quantidade de espectro disponível para dividir para seus assinantes. Desta forma, a escolha do sistema a ser usado (analógico/ TDMA/CDMA) dependerá da demanda de tráfego da área a ser coberta pelo WLL.

Atualmente são encontradas dezenas de tecnologias de WLL diferentes, sendo que alguns dos produtos existentes suportam mais de uma tecnologia. As principais causas desta enorme oferta são:

- A inexistência de um padrão;
- A necessidade de adaptar equipamentos de diversas procedências para que se tornem compatíveis;
- As diferentes necessidades para cada local onde é instalado um sistema WLL (alcance, alta capacidade, faixa de frequência determinada, etc).

As tecnologias utilizadas na implementação de sistemas WLL podem ser aquelas convencionalmente utilizadas em telefonia celular ou tecnologias desenvolvidas com o propósito específico de serem utilizadas para sistemas WLL.

A tabela abaixo mostra as faixas de frequências regulamentadas pela resolução Nº 78 da ANATEL, de 18 de dezembro de 1998, fixando diretrizes para o acesso fixo sem fio, para a prestação do STFC (Serviço Telefônico Fixo Comutado).

Tipo	Faixa
I	406,1MHz a 413,05MHz e 423,05MHz a 430MHz
II	1.850MHz a 1.860MHz e 1.930MHz a 1.940MHz
III	1.860MHz a 1.870MHz e 1.940MHz a 1.950MHz
IV	1.910MHz a 1.930MHz
V	3.400MHz a 3.425MHz e 3.500MHz a 3.525MHz
VI	3.425MHz a 3.450MHz e 3.525MHz a 3.550MHz

Conforme a Resolução citada, entre outras condições por ela estabelecida, podem-se citar:

- **Tipo I** não será autorizado o uso de radiofrequências destas faixas, para aplicações de sistemas de acesso fixo sem fio, para prestação do STFC, na região compreendida em um raio de 50km da sede dos municípios com mais de 200 habitantes. Nas demais regiões, estas faixas de frequências serão compartilhadas pelo STFC, para as aplicações referentes a sistemas de acesso fixo sem fio, e outros serviços autorizados a operar nesta faixa.

- **Tipos II à VI**: estas faixas serão destinadas com exclusividade, em caráter primário, a aplicações de acesso sem fio, para prestação do STFC.

#### 14.2. Tecnologias “Cordless” aplicadas a sistemas WLL

Cordless é um sistema projetado para substituir os telefones fixos oferecendo uma restrita mobilidade, lembrando um telefone sem fio.

Inicialmente, o alcance destes aparelhos era de 200m, o conjunto estação base cordless e handset deveriam ser baratas para atrair assinantes.

Existem outras aplicações disponíveis no mercado para esta tecnologia. A substituição dos PABX por uma tecnologia que permitisse mobilidade a seus usuários dentro de escritórios é uma destas aplicações.

Comparado à tecnologia celular, o cordless não cobre uma área muito extensa. Contudo, proporciona alta capacidade de assinantes, permitindo uma tarifa por impulso mais baixa, atraindo usuários em áreas de alta densidade.

As principais tecnologias disponíveis são:

- **DECT (Digital European Cordless Telephone)**: produzido pela ETSI no início dos anos 90, utilizado inicialmente como um PABX sem fio para escritórios. Atualmente tem sido utilizado para desenvolvimento de rede WLL, transmite usando TDMA modificado;

- **PHS (Personal Handiphone System)**: padrão japonês usado na banda de frequência de 1.895 a 1.918MHz. Atualmente faz sucesso no Japão onde a densidade de assinantes é alta;

- **CT-2 (Cordless Telephony System 2)**: desenvolvido inicialmente no Reino Unido como uma alternativa aos telefones cordless analógicos; é fabricado para ser usado em aplicações cordless, contudo é direcionado para WLL. Usa FDMA com canais de largura de banda de 100KHz.

- **PACS (Sistema de Comunicação de Acesso Pessoal)**: é uma terceira geração do Sistema de Comunicação Pessoal originalmente desenvolvido e proposto pela Bellcore em 1992. O PACS suporta voz, dados, e imagens de vídeo para uso interno e microcelular. Um grande número de canais de RF pode ser multiplexado com

divisão de frequência com 80MHz de separação, ou multiplexado com divisão de tempo. A largura de banda do PACS e do WACS é de 300KHz. Foi para TDMA com duplexação por divisão de frequência (FDD), com 8 time-slots para um quadro de 2ms em cada canal de rádio. O enlace de transmissão vai de 1.850MHz a 1.910MHz e o de recepção vai de 1.930MHz a 1.990MHz.

- **Celular Digital do Pacífico (PDC):** foi desenvolvido em 1991 para suprir as necessidades de tráfego celular no Japão. FDD e TDMA são usados para fornecer 3 time-slots para 3 usuários em um quadro de 20ms (6,67ms por slot de usuário) num canal de 25KHz. Em cada canal é usada a modulação  $\pi/4$  DQPSK com uma taxa de dados de 42Kbps.

A tabela abaixo mostra uma comparação entre os principais sistemas móveis de telecomunicações utilizados no mundo.

Padrão	Tipo	Início	Acesso	Banda Frequência	Modulação	Largura de Banda do Canal
AMPS	Celular	1.983	FDMA	824 – 894MHz	FM	30KHz
CT-2	Cordless	1.989	TDMA	864 – 868MHz	GFSK	100KHz
DECT	Cordless	1.993	TDMA	1.880 – 1.900MHz	GFSK	1,728MHz
PHS	Cordless	1.993	TDMA	1.895 – 1.907MHz	$\pi/4$ DQPSK	300KHz
DCS	Cordless/PCS	1.993	TDMA	1.710 – 1.880MHz	GMSK	200KHz
PDC	Cordless	1.993	TDMA	810 – 1.501MHz	$\pi/4$ DQPSK	25KHz
IS-95	Celular/PCS	1.993	CDMA	824 – 894MHz 1.800 – 2.000MHz	QPSK / BPSK	1,250MHz
PACS	Cordless/PCS	1.994	TDMA/FDMA	1.850 – 1.990MHz	$\pi/4$ DQPSK	300KHz

A tabela abaixo mostra uma comparação entre os sistemas de comunicação móveis.

Serviço	Paging	Cordless	Celular
	<b>Estação Móvel</b>		
Taxa de Convergência	Alta	Baixo	Alta
Infra-estrutura Requerida	Alta	Baixo	Alta
Complexidade	Baixo	Moderado	Alta
Custo dos Equipamentos	Baixo	Baixo	Moderado
	<b>Estação Base</b>		
Taxa de Convergência	Alta	Baixo	Alta
Infra-estrutura Requerida	Alta	Baixo	Alta
Complexidade	Alta	Baixo	Alta
Custo dos Equipamentos	Alta	Moderado	Alta

### 14.3. Tecnologias Celulares aplicadas a sistemas WLL

A tecnologia celular traz vantagens de imediato a usuários de sistemas WLL, como a habilitação (o assinante tem acesso ao serviço imediatamente), melhor preço do serviço, e um sistema já maduro. O sistema proporciona uma boa área de cobertura e oferece mobilidade se necessário.

Geralmente os sistemas celulares são similares para a aplicação a WLL. Sistemas analógicos são atraentes ao WLL pelo fato de já estarem disponíveis e de serem relativamente baratos. Seus problemas são a inexistência de diversidade de serviços (opções) ao usuário e menor qualidade de voz. Como exemplo está o sistema analógico TACS (Total Access Communications System). Uma rede TACS consiste de uma quantidade de ERB's conectadas diretamente à central telefônica.

As tecnologias desenvolvidas com a finalidade específica de serem aplicadas a sistemas WLL permitem um aumento na qualidade geral do sistema. Entre outras características, permitem ao usuário o acesso a uma grande quantidade de serviços, incluindo ISDN; operam em faixas de frequência acima de 2GHz; e apresentam excelente qualidade de voz.

### 14.4. Sistema WLL versus sistema Convencional

No WLL, normalmente, o período de retorno de investimentos, que pode variar de 5 a 15 anos, depende do risco que o investidor esta preparado para correr. O sistema a ser adotado, seja de par trançado ou WLL, depende principalmente de fatores econômicos. Os principais atrativos dos operadores de WLL são os custos comparados aos do par trançado. Nestas duas tecnologias os gastos com centrais ou outros elementos que formam a rede até o ponto de distribuição são similares e não serão considerados para efeito de comparação.

Para prover acesso via cabo é necessário implantar o cabo da central até o ponto de distribuição. Para isso é preciso se criar toda uma infra-estrutura na região destinada a esse serviço.

O custo para conectar uma casa é dado pela distância da última casa multiplicada pela do custo de lançamento de cada metro.

Variáveis a serem consideradas nestes custos:

- Distância entre casas;
- Percentagem de casas atendidas pelo cabo e que estão interessadas em serem atendidas;
- O ambiente pelo qual deve ser passado.

Os custos de sistemas Wireless são completamente diferentes dos sistemas que utilizam cabos. Para prover um serviço WLL, uma operadora deve montar um transmissor. O serviço é oferecido à clientela presente na área de cobertura. Aqueles que requisitarem o serviço o têm por intermédio de uma unidade receptora montada na casa. Se o assinante dispensar o serviço, simplesmente retira-se a unidade da casa daquele assinante, podendo ser simplesmente transferida para outro assinante.

O custo do sistema está na instalação do transmissor, no número de assinantes para os quais o serviço é provido, e nos custos da unidade receptora do assinante. Além disso, estes custos variam dramaticamente com a tecnologia WLL a ser usada. As principais variáveis neste tipo de rede são:

- O número de casas na área de cobertura de um transmissor;
- O custo da unidade do assinante.

A operadora observando ambos os sistemas poderia escolher o sistema WLL devido a seu custo. Mas, também existe o interesse na concorrência. Para o caso particular brasileiro, há áreas onde já existe 100% de penetração por parte das redes fixas das provedoras de serviço, e o custo destas redes já foi amortizado. Neste caso, uma comparação deve ser feita entre o custo de manutenção de cabos e o custo de manutenção e instalação de redes WLL. Naturalmente, com o custo da rede já amortizado, a competição torna-se mais difícil. Há, no entanto, planos para a universalização das telecomunicações que tem como objetivo permitir que haja a concorrência.

Os sistemas de distribuição convencional e WLL ainda podem trabalhar juntos, pois em distâncias menores a 1km do ponto de distribuição a tecnologia fixa é mais rentável. Para distâncias maiores é mais vantajoso usar WLL. Assim, é possível para uma operadora trabalhar visando o maior lucro.

- **Flexibilidade de implantação:** entende-se por flexibilidade a capacidade de um sistema ser remanejado com facilidade a baixos custos, e a possibilidade deste mesmo sistema permitir um crescimento rápido da planta visando o atendimento de uma demanda reprimida.

A rede tradicional cabeada não atende a estes fatores, sendo, portanto considerada sem flexibilidade. A rede do tipo comutação distribuída atende parcialmente ao primeiro fator, pois uma vez implantado o ELI (Estágio de Linha Integrado), o seu remanejamento implicará na perda do investimento realizado nos pares metálicos que interligam aos terminais de assinantes. O segundo fator é atendido plenamente. Desta forma podemos classificá-lo como de flexibilidade média.

Um sistema WLL atende a ambos os fatores por permitir que a redistribuição da ERB seja de baixo custo e seja efetuado o recolhimento da ETA para sua utilização em outros locais. A ERB poderá ser equipada com canais de rádio de acordo com a demanda da área não atendida. Desta forma, podemos classificá-lo como de alta flexibilidade.

- **Necessidade de espectro de frequências:** a rede tradicional e a rede de comutação distribuída não necessitam utilizar espectro de frequência, caracterizando assim uma vantagem sobre o sistema WLL.

- **Infra-estrutura necessária na empresa operadora:** a rede metálica tradicional exige uma grande infra-estrutura física para a central de comutação, e a distribuição de pares metálicos com a utilização de canalização subterrânea e postes nas vias públicas.

A rede metálica de comutação distribuída diminui a necessidade de espaço na central de comutação e a ocupação de postes e dutos, pois necessita unicamente de um cabo com poucas fibras ópticas para a interligação do ELI. No entanto, permanece a necessidade de rede de acesso metálica entre o ELI e o terminal de assinante. O ELI necessita de alimentação AC, espaço para fixação e proteção elétrica.

O WLL utiliza uma infra-estrutura semelhante a da rede de comutação distribuída. No entanto, existem produtos no mercado onde a ERB tem um tamanho físico reduzido e pode ser instalada em pequenos postes.

- **Infra-estrutura na residência do usuário:** a rede externa tradicional, e a de comutação distribuída, não necessitam de infra-estrutura na casa do assinante, além da rede metálica. O WLL tem a desvantagem de requerer a implantação de uma ETA na residência do assinante que precisará ser alimentada em AC, protegida contra descargas atmosféricas e, em alguns casos, ser localizada convenientemente para obter um sinal adequado de RF (Rádio Frequência). A alimentação AC será provida pelo usuário sendo o consumo típico da ordem de 8W quando em conversação. A ETA deverá possuir uma bateria para prover energia em caso de falta de energia AC.

- **Supervisão e gerência:** a rede cabeada tradicional é limitada sobre o aspecto de supervisão e gerência, pois, realiza basicamente a análise da impedância e condutividade da rede metálica. A central de comutação é a responsável pela interconexão dos assinantes e pelos serviços a serem fornecidos ao usuário do sistema.

A rede cabeada de comutação distribuída faz a gerência e supervisão do ELI como se o mesmo fosse um bastidor de assinante da central mãe com o controle remoto de funções essenciais como alimentação AC. A linha de assinante é testada e habilitada como na rede cabeada tradicional.

No sistema WLL, a gerência e a supervisão dos equipamentos são realizadas tanto na ERB quanto na ETA. Alguns sistemas permitem verificar remotamente na ETA itens como falta de alimentação AC, alteração na potência

do sinal de RF transmitido e recebido, continuidade e impedância na linha do assinante. Na ERB é possível verificar remotamente a existência de placas defeituosas e a existência de alimentação AC.

- **Cobertura:** o limite técnico de cobertura de uma rede cabeada tradicional é dado basicamente pelos diâmetros dos fios que compõem o par metálico. O limite está em 5.500m para fios de 0,40mm.

A rede de comutação distribuída permite que o ELI seja instalado a grandes distâncias da central mãe, pois a sua interligação é normalmente realizada por fibras ópticas. A distância máxima entre o ELI e o aparelho telefônico é limitada pelos mesmos motivos da rede cabeada tradicional, sendo o valor médio recomendado de 500m, por questões de custos.

O raio de cobertura de um sistema WLL é limitado pela propagação do sinal de RF entre a ERB e a ETA. Influenciam na propagação aspectos como frequência adotada, condições ambientais, topografia do terreno, potência transmitida e tipos de antenas utilizadas. Pode-se afirmar que para a maioria dos sistemas, o raio de cobertura varia de 2 a 30km.

- **Prazo de implantação:** tanto os sistemas cabeados como os sistemas WLL, necessitam da implantação de uma central de comutação. Se considerarmos que a central precisará do mesmo tempo para instalação e testes em ambas tecnologias, chega-se aos seguintes tempos de implantação:

- Para a rede cabeada tradicional o tempo médio entre o projeto e o término de implantação é de 18 meses e é preciso deixar uma reserva de pares para o crescimento vegetativo até a oportunidade de uma nova expansão;

- Uma rede cabeada do tipo comutação distribuída tem um tempo médio entre o projeto e o término de implantação, considerando-se o acesso metálico do assinante com comprimento médio de 500m, de 6 meses;

- O WLL, com projeto de cobertura de sinal RF na casa do assinante, necessita somente da implantação da ERB e da ETA em local escolhido pelo assinante dentro de sua residência. O tempo necessário para essas atividades é de aproximadamente 4 meses.

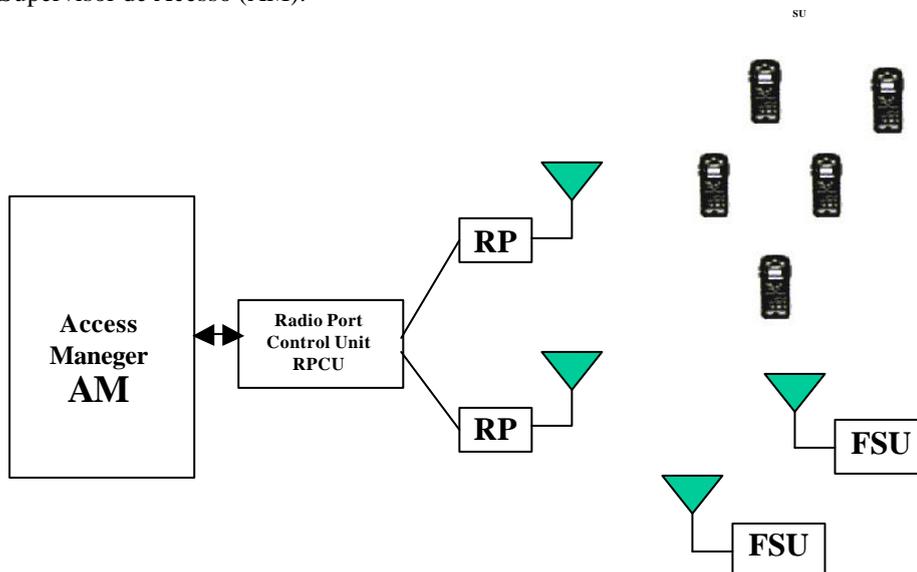
#### 14.5. Sistema de Comunicação de Acesso Pessoal (PACS)

PACS é uma terceira geração do Sistema de Comunicação Pessoal originalmente desenvolvido e proposto pela Bellcore em 1992. O PACS suporta voz, dados, e imagens de vídeo para uso interno e microcelular. PACS é projetado para fornecer cobertura num raio de 500m. O principal objetivo do PACS é integrar todas formas de comunicação sem-fio em um sistema com todas as propriedades telefônicas. A Bellcore desenvolveu o PACS tendo em mente o conceito de Troca Local de Portadoras (LECs) e nomeando o Sistema de Comunicação de Acesso sem Fio (Wireless Access Communications System - WACS). Na proposta original WACS, 10 time-slots TDMA/FDM foram especificados para um quadro de 2ms, e um canal com taxa de 500Kbps para uma largura de banda de 350KHz usando modulação QPSK. No PACS, a largura de banda, a taxa de dados, o número de slots por quadro, e a duração do quadro foram alterados aos poucos, e a modulação  $\pi/4$  QPSK foi escolhida no lugar da modulação QPSK.

O PACS foi desenvolvido como um sistema universal de acesso sem-fio para difusão das aplicações de telefonia pública ou privada, que opera tanto com grupos PCS com ou sem licença. O PACS pode ser conectado a um PABX e ser utilizado em aplicações residenciais.

A arquitetura PACS consiste em quatro principais componentes:

- A Unidade de Assinante (SU) que pode ser fixa ou móvel;
- A Porta de Rádio (RP) que são conectadas na unidade de controle da porta de rádio;
- O Supervisor de Acesso (AM).



O padrão PACS PCS contém uma rede de distribuição fixa e uma rede inteligente. Apenas os últimos 500m da rede de distribuição são destinados para serem sem-fio.

O sistema PACS foi projetado para operar no grupo U.S. PCS. Um grande número de canais de RF pode ser multiplexado com divisão de frequência com 80MHz de separação, ou multiplexado com divisão de tempo. A largura de banda do PACS e do WACS é de 300KHz.

O WACS foi originalmente desenvolvido usando TDMA com duplexação por divisão de frequência (FDD), com 8 time-slots para um quadro de 2ms em cada canal de rádio. O enlace de transmissão vai de 1.850MHz a 1.910MHz e o de recepção vai de 1.930MHz a 1.990MHz.

O PACS usa modulação  $\pi/4$ -DQPSK. O sinal RF é formado usando um tipo de filtro que considera que 99% da potência do sinal transmitido está dentro de uma largura de banda de 288KHz. Oito time-slots, cada um contendo 120 bits, são enviados num quadro de 2,5ms.

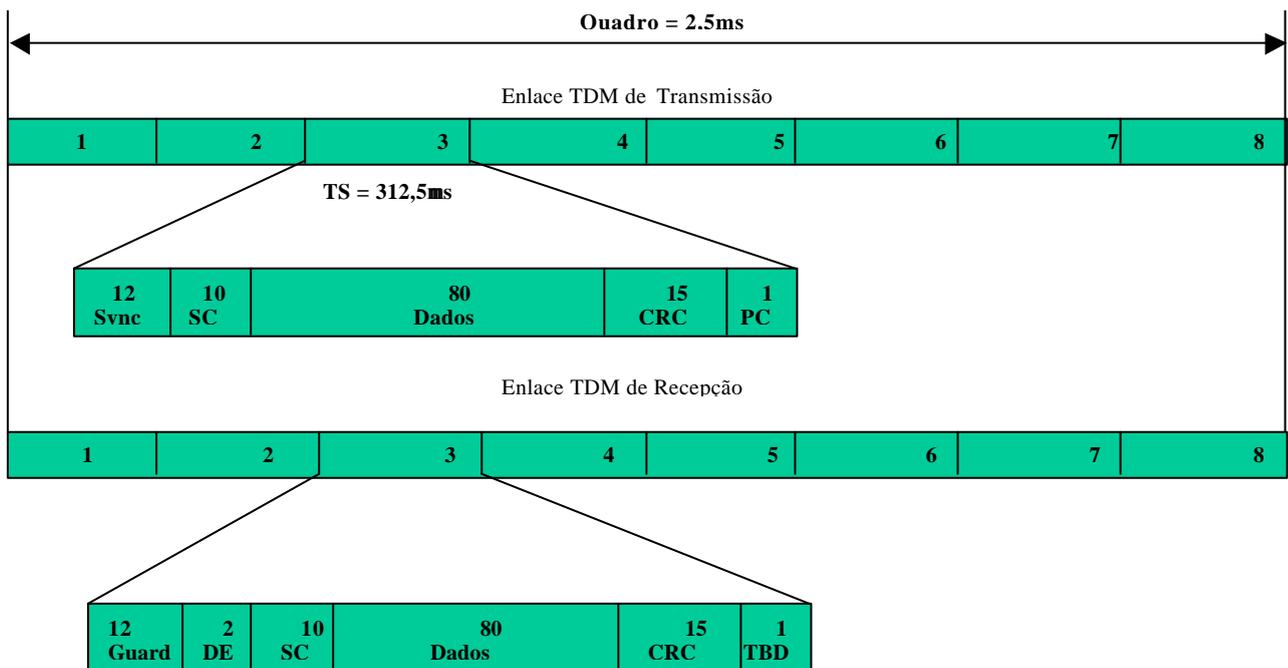
Quando se usa TDD, o tempo de balanceamento entre o time-slot de transmissão e de recepção de cada usuário é exatamente de dois time-slots (625 $\mu$ s).

O WACS usa 32Kbps ADPCM para codificação digital de fala. ADPCM fornece baixa complexidade, mínimo custo e enlace de rádio privativo (seguro).

O PACS fornece Sistema de Canais Broadcast (SBC) que são usados primeiramente no enlace de transmissão para espalhar mensagens. Um SBC de 32Kbps fornece chamada e um sistema de informação para mais de 80.000 usuários. Um canal de sincronização (SYC) e um canal lento (SC) são usados no enlace de transmissão para sincronizar cada unidade assinante. As informações de usuários são transmitidas unicamente no canal rápido (FC) em ambos enlace (transmissão e recepção).

O acesso múltiplo PACS é baseado na tecnologia TDMA que suporta tanto FDD como TDD. O enlace de rádio pode ser compartilhado entre os clientes na base de atividade de usuário individual, e são designados para fornecer uma grande taxa de transmissão dentro de uma arquitetura comum.

O assinante PACS usa um controle de potência adaptado para minimizar o dreno da bateria durante a transmissão e para reduzir a interferência no canal no caminho reverso.



- SC – Sistema de Controle e Supervisão
- PC – Controle de Potencia
- DE – Codificação Diferencial
- TBD – A Ser Definido

Parâmetro	Especificação
Faixa de Freqüência	1.000 a 3.000MHz
Número de Usuário por Quadro	8 (FDD) ou 4 (TDD)
Largura de Banda do Canal RF	300KHz
Multiplexação (Múltiplo Acesso)	TDMA
Duplexação	FDD ou TDD
Codificação de Voz	16 bits ADPCM
Potência Nominal do PH	200mW
Potência Nominal da ERB	800mW
Duração do Quadro	2,5ms
Taxa de Transmissão por Canal	32Kbps
Taxa de Dados	384Kbps
Código de Canal	CRC
Modulação	$\pi/4$ DQPSK
Canal de Voz / Canal de RF (Time-slots)	8
BER	$10^{-2}$
Atraso de Voz	<50ms

#### 14.6. Celular Digital do Pacífico (PDC)

O padrão PDC foi desenvolvido em 1991 para suprir as necessidades de tráfego celular no Japão. O PDC é de certa forma similar ao padrão IS-54, mas usa modulação quaternária para voz e controle de canais, sendo mais parecido com o IS-136. FDD e TDMA são usados para fornecer 3 time-slots para 3 usuários em um quadro de 20ms (6,67ms por slot de usuário) num canal de 25KHz. Em cada canal é usada a modulação  $\pi/4$  DQPSK com uma taxa de dados de 42Kbps.

A banda baixa PDC usa 130MHz de largura de banda nos canais de transmissão e recepção. A banda de transmissão vai de 940MHz a 956MHz e a banda de recepção de 810MHz a 826MHz. A banda alta PDC usa 48MHz e opera de 1.477MHz a 1.501MHz para o enlace de transmissão e 1.429MHz a 1.453MHz para o enlace de recepção.

Parâmetro	Especificação
Faixa de Freqüência	810 a 1.501MHz
Número de Canal de Voz	3.000
Largura de Banda do Canal RF	25KHz
Multiplexação (Múltiplo Acesso)	TDMA/FDMA
Duplexação	FDD
Codificação de Voz	VSELP @ 6,7Kbps
Eficiência Espectral	1,68bps/Hz
Taxa de Transmissão por Canal	42Kbps
Código de Canal	CRC
Modulação	$\pi/4$ DQPSK

#### 14.7. Sistema Pessoal de Telefonia Útil (PHS)

O PHS é um padrão de interface aérea Japonesa desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento e Pesquisa de Sistemas de Rádio (RCR).

O padrão PHS, assim como o DECT e PACS-UB, usa TDMA e TDD. Quatro canais de dados duplex são fornecidos em cada canal de rádio. A modulação  $\pi/4$  DQPSK num canal com a taxa de 384Kbps é usado em ambos enlaces (transmissão e recepção). Cada quadro TDMA tem duração de 5ms, e 32Kbps ADPCM é usado em conjunto com o detector de erro CRC.

O PHS suporta 77 canais de rádio, cada um com 300KHz, de 1.895MHz a 1.918,1MHz. Quarenta canais de 1.906,1MHz a 1,918MHz são destinados para sistemas públicos, e os outros 37 canais são usados para uso residencial e comercial, de 1.895MHz a 1.906,1MHz.

O PHS usa um canal dinâmico de tarefas, assim a estação radio base é capaz de determinar canais baseados em sinais RF (interferência) vindo ambas, a base e a portátil. O PHS usa um controle dedicado de canais (diferente do DECT) no qual todos assinantes se juntam enquanto estão ociosos.

Parâmetro	Especificação
Faixa de Freqüência	1.895 a 1.918MHz
Número de Canal por Portadora	4
Número de Portadoras	77
Duração do Quadro	5ms
Largura de Banda do Canal RF	300KHz
Multiplexação (Múltiplo Acesso)	TDMA/FDMA
Duplexação	TDD
Codificação de Voz	ADPCM @ 32Kbps
Taxa de Transmissão por Canal	32Kbps
Taxa de Dados	384Kbps
Código de Canal	CRC
Modulação	$\pi/4$ DQPSK
Potencia Nominal do PH	10mW

#### 14.8. Personal Communication System (U.S. PCS)

Na década de 80, a Comissão Federal de Comunicações forneceu um espectro para freqüências de rádio não licenciadas nos grupos da Indústria, Ciência e Medicina (ISM) de 902MHz a 928MHz, 2.400MHz a 2.483,5MHz, e 5.725MHz a 5.850MHz. Enquanto os transmissores de rádio usam modulação espalhando o espectro e níveis de potência abaixo de 1W, eles podem compartilhar espectros ISM na base secundária.

O ganhador de cada licença do U.S. PCS é livre para usar qualquer interface e arquitetura de sistema, isto obedecendo às normas da FCC. Não há normas predeterminadas para sistemas que são operados em 2GHz. O Comitê Técnico de Distribuição (JTC) tem reconhecido que os padrões PCS caem naturalmente em duas categorias: “ordem maior” que suporta macrocelulares e alta velocidade móvel, e “ordem menor” que são otimizadas em baixa potência, baixa complexidade e baixa velocidade móvel.

O corrente espectro U.S. PCS de 2GHz é utilizado por sistemas de microondas de rádio ativas ponto-a-ponto. Na maioria das vezes, estas estações podem ser mudadas para outras freqüências ou convertidas para fibra ótica, facilitando depois o desenvolvimento dos sistemas PCS.

#### 14.9. Cordless Telephony System 2 (CT-2)

Desenvolvido inicialmente no Reino Unido como uma alternativa aos telefones cordless analógicos. Foi desenvolvido para ser usado em aplicações cordless, contudo é direcionado para WLL. Usa FDMA com canais de largura de banda de 100KHz.

O padrão CT-2 define como o Cordlee Fixed Part (CFP) se comunicará com a Cordless Portable Part (CPP) através da interface aérea. A CFP corresponde à estação rádio base e a CPP a unidade de assinante.

O padrão CT-2 possui três camadas funcionais. A primeira define a técnica TDD, a multiplexação, a inicialização do enlace e o handshaking. A segunda define o ACK Data, o CRC e a manutenção do enlace. E, a terceira define os protocolos utilizados para conexão do CT-2 para a PSTN.

Parâmetro	Especificação
Faixa de Freqüência	864 a 868MHz
Número de Canal por Portadora	1
Número de Portadoras	40
Duração do Quadro	2ms
Largura de Banda do Canal RF	100KHz
Multiplexação (Múltiplo Acesso)	FDMA
Duplexação	TDD
Taxa de Transmissão por Canal	32Kbps
Taxa de Dados	72Kbps
Modulação	GFSK
Potencia Nominal do PH	5mW

#### 14.10. Telefone Europeu Digital Sem-fio (DECT)

O DECT é um padrão universal de telefone sem-fio desenvolvido pelo Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações (ETSI). O DECT produz uma estrutura de comunicação sem-fio para tráfego de grande intensidade, pequenas distâncias, e cobre uma ampla área de aplicações e ambientes. O DECT oferece excelente qualidade e serviços para voz e aplicação de dados. O DECT é configurado baseado no modelo OSI, que possibilita a interconexão de uma grande área fixa ou de redes móvel, semelhante ao ISDN ou GSM, para uma população de assinante portátil. O DECT produz baixa potência de RF para acesso das partes móveis e estações rádio-base fixa.

### 14.10.1. Arquitetura DECT

O sistema DECT é baseado no modelo OSI de maneira similar ao ISDN. Uma plataforma de controle e uma plataforma de usuário usam os serviços oferecidos pelas baixas camadas (camada física e camada de controle de acesso ao meio). Com o DECT é possível cadastrar mais de 6000 assinantes sem a necessidade de saber em que célula eles residem (não requer registro), e diferentemente de outros padrões de celular semelhantes ao AMPS ou GSM, o DECT não é um sistema totalmente concebido. Foi projetado para atender pequenas áreas de rádio ou áreas de acesso metropolitanas, mas pode também ser usado em conjunção com sistemas de grandes áreas sem-fio semelhante ao GSM. O DECT usa um canal dinâmico de alocação de canal baseado em sinais recebido dos usuários portáteis, especificamente para handoff.

Applications (Camada de Aplicação)
Networking (Camada de Rede)
Peer-to-peer link (Camada de Enlace – MAC/DLC)
Radio Connection (Camada Física)

- **Camada Física:** o DECT usa o método FDMA/TDMA/TDD de rádio transmissão. Dentro do time-slot do TDMA, é usada uma seleção dinâmica de uma entre dez frequências. As especificações da camada física requerem que os canais tenham uma largura de banda de 1,5 e uma taxa de dados de 1.152Kbps, resultando um canal com uma largura de banda de 1,728MHz. O DECT tem 24 time-slots por quadro, sendo 12 time-slots são usados para comunicação da parte fixa com a portátil e 12 time-slots são usados para comunicação da parte portátil para a fixa. Estes 24 time-slots fazem um quadro DECT que tem uma duração de 10ms. Em cada time-slot, 480 bits são alocados sendo 32 bits de sincronização, 388 bits de dados e 60 bits de controle.

- **Sub-camada de Controle de Acesso ao Meio (MAC):** consiste num canal de busca e um canal de controle para a transferência de sinalização de informação para a plataforma de controle. A plataforma de usuário é servida com canais para a transferência de informações de usuários (para serviços ISDN e frame-relay ou frame-switching). A taxa normal do canal de transferência de informações de usuários é de 32Kbps. O DECT, entretanto, também suporta outras taxas de transferência. Por exemplo, 64Kbps e outros múltiplos de 32Kbps para ISDN e LAN's.

- **Sub-camada de Controle de Dados (DLC):** é responsável por entregar um enlace confiável de dados para cada de rede e dividir o canal lógico e canal físico dentro do time-slot de cada usuário. A DLC produz formatação e correção de erros para cada time-slot.

- **Camada de Rede:** é a principal camada de sinalização do DECT. É baseada no ISDN (camada 3) e no protocolo GSM. A camada de rede do DECT produz controle de chamadas e serviço para os serviços DLC, tal qual o serviço de mensagem de conexão orientada e gerência móvel.

### 14.10.2. Conceito Funcional do DECT

O DECT é um sistema de telefonia sem fio micro celular ou pico celular que pode ser integrado ou conectado a um PABX ou PSTN. Um sistema DECT sempre consiste em 5 entidades funcionais que são:

- **Portable Handset (PH – Handset Portátil):** é o handset móvel ou o terminal. Em adição, os terminais adaptadores sem fio (ETAs) podem ser usados para prover comunicação via fax ou vídeo;

- **Radio Fixed Part (ERB – Estação Rádio Base):** que suporta a camada física do DECT, tendo o ar como interface. Toda ERB cobre uma célula no sistema microcelular. A radio transmissão entre a ERB e a unidade portátil usa multi-portadoras TDMA. Uma operação full-duplex é executada usando um Time Division Duplexing (TDD);

- **Cordless Controller (CC – Controle Sem-fio):** verifica a camada de enlace e a camada de rede para um cluster de ERBs e assim forma a unidade de controle central para o DECT. A codificação é feita no CC usando 32Kbps ADPCM;

- **Network-specific Interface Unit (Mecanismo Interface de Rede-Específica):** suporta as facilidades de término de chamadas no ambiente multi-usuário. A interface recomendada para o CCITT é a G.732 baseada no protocolo ISDN;

- **Supplementary Services (Serviços Suplementares):** produz autenticação centralizada e faturamento e fornece gerenciamento móvel quando o DECT é usado na rede PABX multi-locação.

Desde que o sistema é limitado por C/I, a capacidade pode ser aumentada e a interferência de outros sistemas diminuída ao instalar o ERBs nas proximidades.

### 14.10.3. Enlace de Rádio DECT

O DECT opera na faixa de 1.880MHz a 1.900MHz. Dentro desta banda, o padrão DECT define 10 canais de 1.881.792MHz a 1.897.344MHz com um espaço de 1.728KHz. O DECT suporta uma estrutura de múltiplas portadoras TDMA/TDD. Cada ERB fornece uma estrutura frame que suporta 12 canais de voz duplex, e cada time-

slot pode ocupar algum dos canais DECT. Dessa forma, a ERB DECT suporta FHMA no topo da estrutura TDMA/TDD. Um total de 120 canais dentro do espectro DECT, é fornecido antes de requerer o reuso de frequência. Cada time-slot pode ser determinado para um diferente canal.

- **Tipos de Canais:** os dados dos usuários DECT são fornecidos em cada time-slot. 320 bits são fornecidos durante cada time-slot, ou seja, 32kbps por usuário. A de informação de controle DECT é transportada através de 64 bits presentes em todos os time-slots em uma chamada estabelecida. Estes bits são designados para um dos quatro canais lógicos dependendo da natureza da informação de controle. Dessa forma, a taxa de controle de dados do canal é 6,4Kbps por usuário. Cada palavra de controle de 64 bits contém 16 bits de checagem redundante de bits (CRC), em adição aos 48 bits de controle de dados.

- **Fala Codificada:** a voz analógica é digitalizada dentro do PCM usando uma taxa de amostra de 8KHz. As amostras das falas digitais são codificadas em 32Kbps ADPCM acompanhando as recomendações do CCITT G.721.

- **Canal Codificado:** para sinais de voz, o canal não é codificado visto que o DECT fornece salto de frequência para cada time-slot. A codificação e intercalação do canal de voz são evitadas porque o sistema DECT foi concebido para uso em ambiente interno onde a tolerância a atraso fim a fim é pequena e o canal pode ser modelado com “on” ou “off”.

- **Modulação:** o DECT usa uma forte técnica de modulação GMSK filtrada. O MSK é uma forma de FSK onde a transição de fase entre dois símbolos é forçada para ser contínua. Antes da modulação, o sinal é filtrado usando um filtro Gaussiano.

- **Antena Diversificada:** no DECT, a diversidade regional no receptor ERB é implementada usando duas antenas. A antena que fornece o melhor sinal para cada time-slot é selecionada. Esta é executada baseando-se na medida de potência ou alternativamente usando uma escala apropriada de interferências ou BER. A diversidade de antenas ajuda a resolver problemas de atenuação e interferências. A unidade de assinante não usa diversidade de antenas.

#### 14.10.4. Descrição geral do sistema DECT da Philips

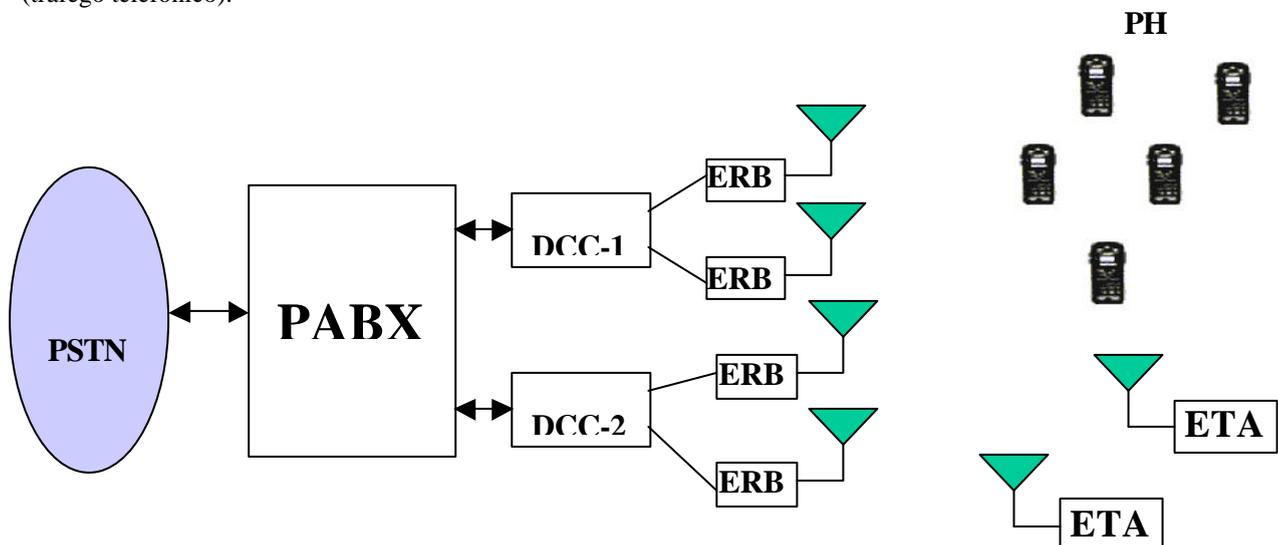
O sistema DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) foi desenvolvido pelo ETSI (European Telecommunication Standards Institute) e permite que usuários móveis utilizem as facilidades de um PABX. Tal usuário pode fazer ou receber chamadas com um terminal sem fio.

Os usuários móveis carregam um terminal portátil (PH/ETA) que utiliza um transceptor de rádio para se comunicar com o PABX. Um transceptor é conectado fisicamente ao PABX. Este é chamado Radio Fixed Part (ERB - Estação Rádio Base).

A área de cobertura de uma ERB é chamada célula. Um grupo de células pertencentes a um mesmo sistema DECT é chamado cluster. Até 8 ERB podem ser conectados a uma placa DECT Cluster Controller (DCC-8). Uma DCC-8 possui 30 canais de comunicação com o PABX. Até 510 ramais podem ser subscritos por DCC-8.

A quantidade de ERB necessária para cobrir uma determinada área, dentro da qual os usuários PH/ETA podem se movimentar depende de muitos fatores, tais como:

- Tamanho da área;
- A natureza da área:
  - A quantidade e o tamanho dos prédios da área;
  - As características de propagação de rádio dos prédios;
- Materiais utilizados nas paredes, pisos, elevadores, vidros, portas, etc;
- Campos magnéticos fortes na área;
- A quantidade de usuários de telefone na área e a frequência com que eles fazem ou recebem chamadas (tráfego telefônico).

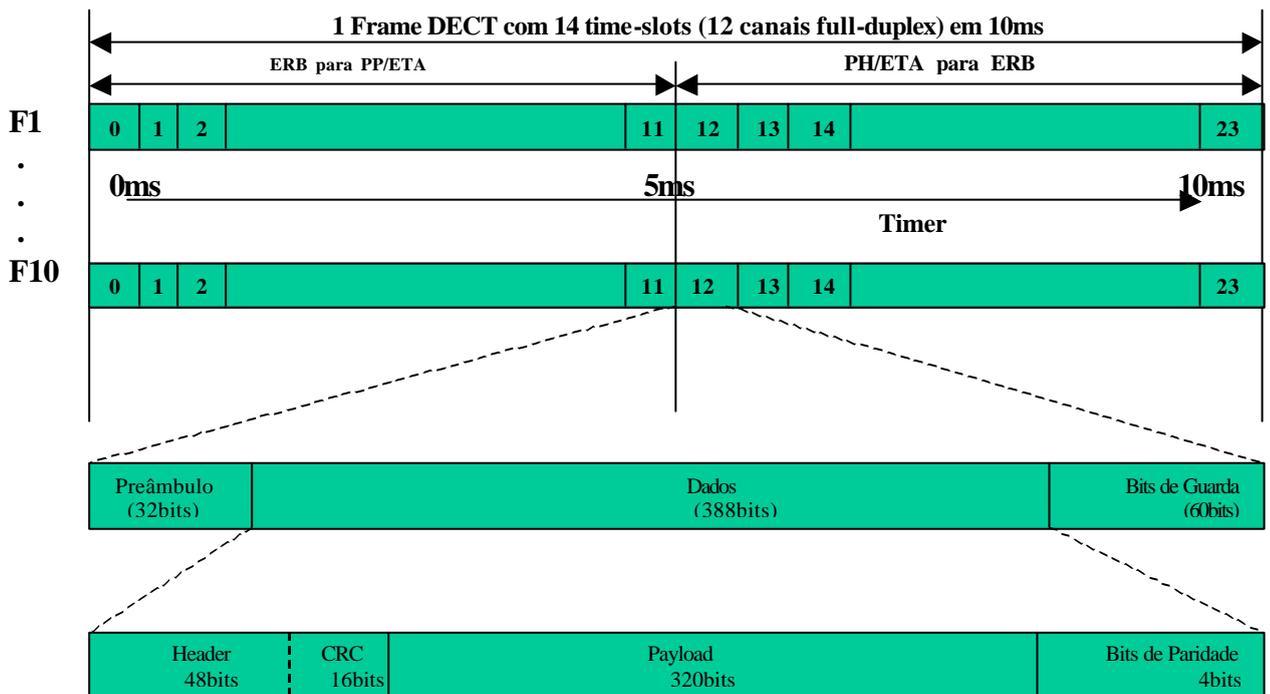


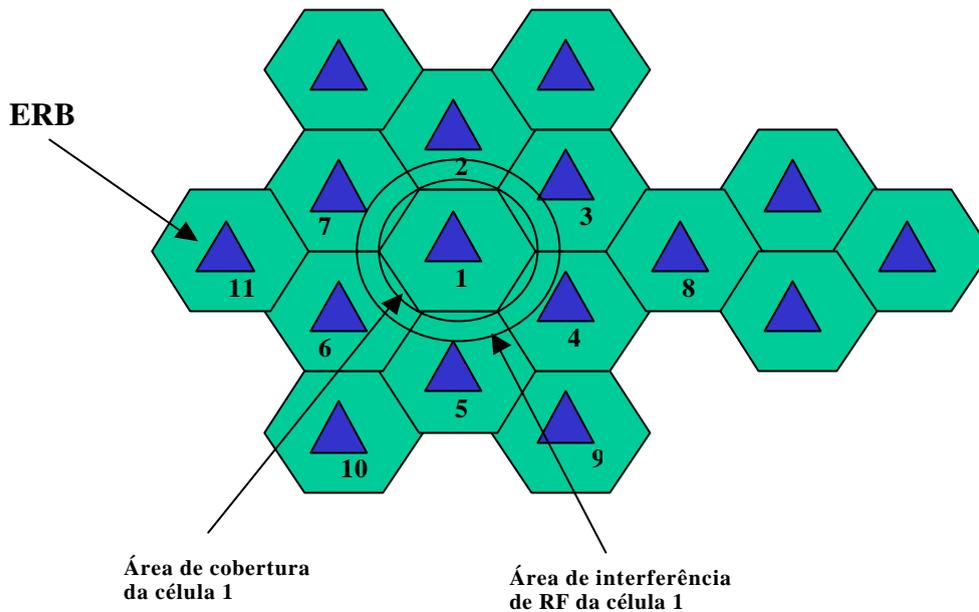
**14.10.5. Comunicação entre ERB e PH/ETA**

O enlace de rádio entre a ERB e PH/ETA podem transportar informação em qualquer uma das 10 frequências portadoras (canais) e em um ds 12 pares de time-slots (12 em cada direção). Essas frequências portadoras estão entre 1.910 e 1.930MHz e estão separados por 1.728KHz. A taxa de modulação de dados é de 1.152Kbps. A técnica DECT utiliza as técnicas de multiplexação FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) e TDD (Time Division Duplex).

O sinal de rádio da comunicação ERB-PH/ETA transporta quadros multiplexados por divisão de tempo (cada quadro possui 10ms). Cada quadro contém 12 time-slots em cada direção (num total der 24 time-slots) em qualquer das 10 frequências para uma conexão full-duplex. Sendo assim temos 120 canais full-duplex disponíveis para a conexão dos terminais dentro de um cluster de um sistema DECT.

Portadora	Frequência (MHz)
9	1.912,896
8	1.914,624
7	1.916,352
6	1.918,080
5	1.919,808
4	1.921,536
3	1.923,264
2	1.924,992
1	1.926,720
0	1.928,448





Parâmetro	Especificação
Banda de Frequência	1.910 a 1.930MHz
Número de Portadoras	10
Largura de Banda do Canal RF	1.728KHz
Multiplexação	FDMA / TDMA (24 slots por quadro)
Duplexação	TDD
Eficiência Espectral	500E / Km <sup>2</sup> / MHz
Codificação de Voz	32Kbps ADPCM
Potência Média de Transmissão	10mW
Duração do Quadro	10ms
Taxa de Transmissão por Canal	1.152Kbps
Taxa de Dados	32Kbps (canal de tráfego) 6,2Kbps (canal de controle)
Código de Canal	CRC 16
Alocação Dinâmica de Canal	Sim
Modulação	GFSK (BT=0,3)
Canal de Voz / Canal de RF	12
Limiar de Recepção do PH/ETA	-93dBm
Potência Espúria do PH/ETA em Repouso	20nW
Potência Espúria do PH/ETA em Chamada	500nW

#### 14.10.6. Estabelecimento de uma chamada

O sinal de referência é transmitido por uma ERB no caso dela estar livre (sem chamadas ativas). Este sinal contém a identificação do sistema DECT (Primary Access Rights Identifier - PARI) e o número da ERB. Através desta informação o PH/ETA reconhece a qual sistema um sinal pertence e se ele está subscrito àquele sistema ou não. Quando existe um sinal para um PH/ETA, o sinal de referência também contém a informação de “paging”.

Quando a ERB possui uma chamada ativa através dela, a informação do sinal de referência também é transmitido na conexão da chamada. Portanto, o sinal de referência não é necessário em uma ERB com uma ou mais chamadas ativas.

Quando o PH/ETA está na condição “livre” ele varre o ambiente à procura de sinais de uma ERB próxima. Ele se “trava” no sinal mais forte que encontrar. Este sinal pode ser de referência ou um canal utilizado para chamada, porque tal canal possui a informação de referência. O PH/ETA utiliza o sinal para sincronizar-se com o sistema central e então, ele monitora a informação transmitida através daquela ERB para saber se existem chamadas para ele.

Caso o usuário do PH/ETA deseje fazer uma chamada, ele “tira o fone do gancho”. O PH/ETA seleciona um canal que não esteja sendo utilizado na ERB que ele está “travado”. Este canal está em um time-slots (0...11) da ERB para o PH/ETA; para a comunicação do PH/ETA para a ERB o time-slot correspondente é selecionado na faixa de 12...23. Isto resulta em uma comunicação full-duplex através do ar. A conexão é estabelecida através desta ERB e a sua correspondente DCC-8. Daqui para frente, a chamada é estabelecida da forma normal, só que a conexão é feita através do ar.

Se um PH/ETA está travado em um sistema, ele varre continuamente o sinal de referência em busca de informação de endereçamento (“paging”). Se o PH/ETA reconhece seu próprio endereço nos dados de paging, ele seleciona um canal livre naquela ERB para atender a chamada. Este canal está em um dos time-slots (12...23) do PH/ETA para a ERB; a ERB utiliza o time-slot correspondente (0...11) da ERB para o PH/ETA para se comunicar com este PH/ETA. Depois que o estabelecimento do canal foi feito com sucesso, o PH/ETA começa a alertar o usuário. O usuário pressiona a tecla “gancho” para atender a chamada. O caminho de comunicação é aberto através dos canais já estabelecidos.

Os dados de usuário são criptografados através da interface aérea. Isto assegura a privacidade da conversação (segurança).

Tanto a ERB quanto o PH/ETA monitoram a qualidade do enlace de rádio. Se uma interferência em uma certa combinação portadora/time-slot causa problema, pode ser necessário comutar para outra frequência e/ou time-slot naquela mesma ERB. Isto se chama handover dentro da célula. Este procedimento de handover requer que a conexão seja suportada em dois canais simultaneamente, por um momento, para permitir que ele seja feito de forma imperceptível (sem interrupções). Primeiro, o novo canal é escolhido e a conexão é estabelecida através deste canal, enquanto o canal “antigo” ainda está sendo utilizado. Então o canal “antigo” é desconectado. O handover sempre é iniciado pelo terminal portátil.

Se o PH/ETA decide que a qualidade não está aceitável, ele pode fazer uma das três coisas a seguir:

- Solicitar que a ERB utilize sua outra antena para se comunicar com o PH/ETA. O sinal na célula pode sofrer “fading” (degradação), de forma que em um lugar o sinal é pobre ao passo que perto da ERB ele pode ser aceitável. Para contra-atacar isto, cada ERB possui duas antenas montadas próximas. O sistema tenta selecionar a melhor antena para cada canal separadamente. Este método de utilização de duas antenas chama-se diversidade;

- O PH/ETA pode solicitar um handover para outro canal. Esse canal pode estar na mesma ERB ou em outra ERB;

- Dar um “mute”. O PH/ETA bloqueia a informação do sinal de rádio para o usuário. Isto é uma medida temporária. O mute é executado nas pontas da comunicação de forma independente.

Se a ERB decide que a qualidade da conexão para um determinado PH/ETA não é aceitável, ela pode fazer uma das três coisas a seguir:

- Utilizar a outra antena (diversidade). O PH/ETA não nota a mudança;

- Dizer ao PH/ETA que é necessário um handover. O PH/ETA sempre inicia o handover depois de selecionar um canal melhor ao seu ponto de vista;

- Bloquear temporariamente os dados do PH/ETA para a DCC-8 (dar um “mute” na chamada na direção da malha de comutação).

#### 14.10.7. Subscrição e Cancelamento de Subscrição

Antes que um PH/ETA possa ser utilizado, ele deve ser subscrito (registrado) ao sistema. Isto significa que uma relação entre o sistema DECT e o PH/ETA deve ser estabelecida. Existem três identificadores usados para definir a relação entre o sistema e o PH/ETA:

- **International Portable User Identity - IOUI:** é o número de identidade de um PH/ETA. É fornecido pelo sistema ao PH/ETA durante a subscrição. Daquele momento em diante, o PH/ETA é reconhecido pelo sistema através deste IPUI. Este número é único no sistema, ou seja, não existe outro PH/ETA com o mesmo IPUI;

- **Primary Access Rights Identity - PARI:** é um número único (mundialmente) para o sistema DECT. Este identificador é fornecido em um certificado, junto com o sistema. Deve ser colocado no sistema manualmente;

- **User Authentication Key - UAK:** é uma chave secreta que define unicamente a relação entre um PH/ETA e o sistema DECT (PARI).

Quando um PH/ETA é subscrito em um sistema DECT, a relação entre o PARI daquele sistema e o IPUI do PH/ETA é definida. Esta relação é assegurada pelo UAK, que pode ser visto como a ligação entre o IPUI e o PARI. A partir de agora o PH/ETA sabe a qual sistema (PARI) ele está subscrito.

O DECT Manager deve ser utilizado no processo de subscrição. Trata-se de uma ferramenta de software que controla o sistema DECT e roda em Windows NT. O PC do DECT Manager tem uma conexão TCP/IP com o sistema DECT. No DECT Manager seleciona-se um número de ramal para o PH/ETA. Então o DECT Manager gera um código (código “PIN” ou código de autenticação). Este código deve ser colocado no PH/ETA dentro de um certo período de tempo. Se a operação for completada com sucesso, o PH/ETA é subscrito ao sistema e pode fazer e receber chamadas.

Um PH/ETA pode ser subscrito em mais de um sistema DECT. Portanto, ele pode ser usado em áreas cobertas por sistemas DECT diferentes ou em áreas diferentes se houver sistemas DECT nesses endereços. O PH/ETA possuirá números de ramal diferentes em cada endereço. Ele não pode fazer roaming entre os endereços enquanto estiver em conversação. A seleção do sistema pode ser manual ou automática, dependendo do PH/ETA.

O DECT Manager pode ser usado para cancelar a subscrição de um PH/ETA (remover ou desabilitar). Um PH/ETA que foi “removido” ainda contém os dados de subscrição, mas não pode acessar o sistema. Se for executado um “reset” no PH/ETA os dados de subscrição serão removidos também.

Um PH/ETA que foi “desabilitado” no DECT Manager é colocado em uma lista negra (black list) na DCC-8. Quando o usuário daquele PH/ETA tirar o fone do gancho ou receber uma chamada, a DCC-8 e o PH/ETA

trocam informações que resultam no cancelamento da subscrição daquele PH/ETA. Ele não é mais reconhecido pelo sistema DECT e está livre para ser subscrito novamente. Esta é a forma normal de cancelar a subscrição de um PH/ETA. Se um PH/ETA foi desabilitado, mas não pode ser tirado do gancho para completar o cancelamento da subscrição, pode-se utilizar o comando “remove” depois do comando de desabilitar.

#### 14.11. Descrição geral do sistema DECT da Goodwin

É um sistema desenvolvido para comunicação sem fios de 50 a 500 assinantes. Conecta assinantes a velocidades de pedestre dentro de um raio de 200 metros da ERB ou repetidor. Pode-se atender assinantes distantes com instalação de ERBs a mais de 20Km com o uso de tecnologia de G.SHDSL.

Atende às especificações ETSI, sincronizando com equipamento de vários fabricantes. Mantém alta qualidade de comunicações em condições urbanas usando antena de polarização cruzada com vários fatores de ganho ( $GF = 7,5$  a  $19\text{dBi}$ ) e com padrões polares de  $45^\circ$  a  $120^\circ$  em plano horizontal. E ainda, o equipamento de assinante possui baixo custo (\$150.00).

A configuração do sistema Goodwin Borodino é realizada dentro contextos e parâmetros tais como a topologia da área a ser atendida, o número de assinantes a serem servidos, a densidade de assinante, e a exigência de redundância.

##### 14.11.1. Breve descrição do Goodwin Borodino DECT utilizado em sistemas WLL

O sistema Goodwin Borodino foi desenvolvido para conectar usuários individuais em uma PSTN ou ISP através de canal de rádio digital. Foi projetado para aplicação em áreas urbanas e suburbanas com média e alta densidade de assinantes. A estrutura do sistema Goodwin Borodino consiste em:

- **O controlador de estação rádio base (CBS):** provê as funções para organizar a interface com o ISDN, o apoio protocolar para o canal de rádio (estabelecimento da conexão, identificação, etc.), e o funcionamento da rede DECT.

O CBS contém blocos funcionais para administrar o sistema Goodwin Borodino inteiro. Possui 8 canais E1 de saída e dois canais E1 (PRI) para interfaceamento com a ISDN através do protocolo EDSS1. A interface PRI provê 30 canais de comunicação. Assim, no sistema Goodwin Borodino WLL, de 30 a 60 assinantes podem ter acesso simultâneo à ISDN.

Para administração das estações básicas até 7 canais E1, dependendo da quantia de canais para comunicação com a ISDN, é usado. Se for necessário cada E1 interface pode ser multiplexada para atender 3 estações rádio base. Para este propósito um multiplexador de estação básica especial (MBS) é usado. Uma interface E1 provê 30 canais de comunicação com a estação rádio base. Um CBS pode ser utilizado para atender até 21 estações rádio base, desde que utilizando o MBS.

Um CBS pode controlar até 500 assinantes. Se o número de assinantes for maior que 500, vários CBSs podem ser conectados a uma ou várias centrais telefônicas automáticas.

- **As estações rádio base (BS):** foram projetadas para organização dos canais de rádio que provê acesso aos Adaptadores Terminais Sem fio dos assinantes. A estrutura do sistema Goodwin Borodino consiste em BS de dois tipos:

- Com a interface E1 (BS - E1);
- Com a interface G.SHDSL (BS - G.SHDSL).

A estação rádio base com a interface E1 provê 12 canais de conversação diretamente com o CBS ou 10 canais com o CBS por MBS. A estação rádio base com a interface G.SHDSL é conectada ao CBS pela interface G.SHDSL. Por uma BS pode-se ter acesso simultâneo a um sistema de comunicação com 10 ou 12 assinantes.

O número máximo de assinantes que podem ser servidos por uma BS é 80 assinantes. A distância máxima entre MBS e BS não podem ultrapassar ao valor ôhmico de  $150\Omega$ .

A BS tem duas tomadas para conectar a AFD. No Goodwin Borodino pode-se utilizar diferentes tipos de AFD para permitir eficiência econômica para diferentes aplicações. Aplicação de antena direcional com polarização cruzada é recomendada. Para evitar interferência quando instaladas nas proximidades outras AFDs, é recomendado que setas sejam instaladas a uma distância de mais de um metro.

- **O multiplexador de estação rádio base (MBS):** foi desenvolvido para divisão/unificação do canal E1 que interliga o CBS à BS. Podem ser incorporados dois tipos de MBS na estrutura do Goodwin Borodino:

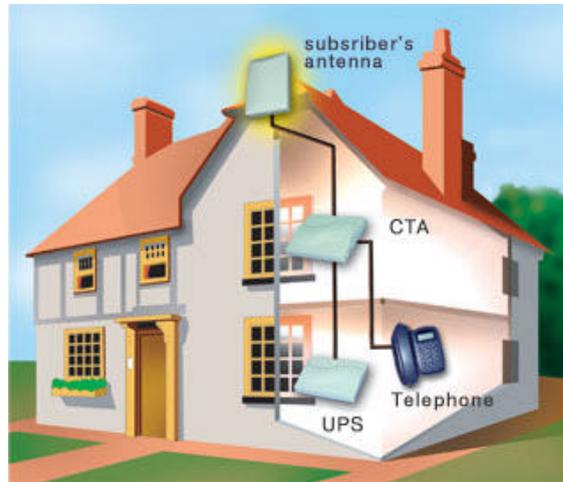
- O MBS com interface E1 para a estação rádio base (MBS - E1);
- O MBS com o interface G.SHDSL para a BS (MBS - G.SHDSL).

O multiplexador de estação rádio base foi projetado para dividir a interface E1 estendida do CBS e contendo 30 canais em três canais com 10 canais de voz. O número de canais na interface G.SHDSL é projetado para variar de 4 a 12 canais de voz em cada um dos três canais. Um MBS - E1 pode ser estendido do controlador de BS até uma distância de 1,5 km.

- **O regenerador de fluxo digital (RDF):** foi concebido para aumentar o alcance da BS em relação ao CBS. O RDF possui dois canais E1 em ambas as direções. Assim, com o uso do RDF, a BS pode ficar distanciado do CBS até 3Km por conexão a cabo de par trançado.

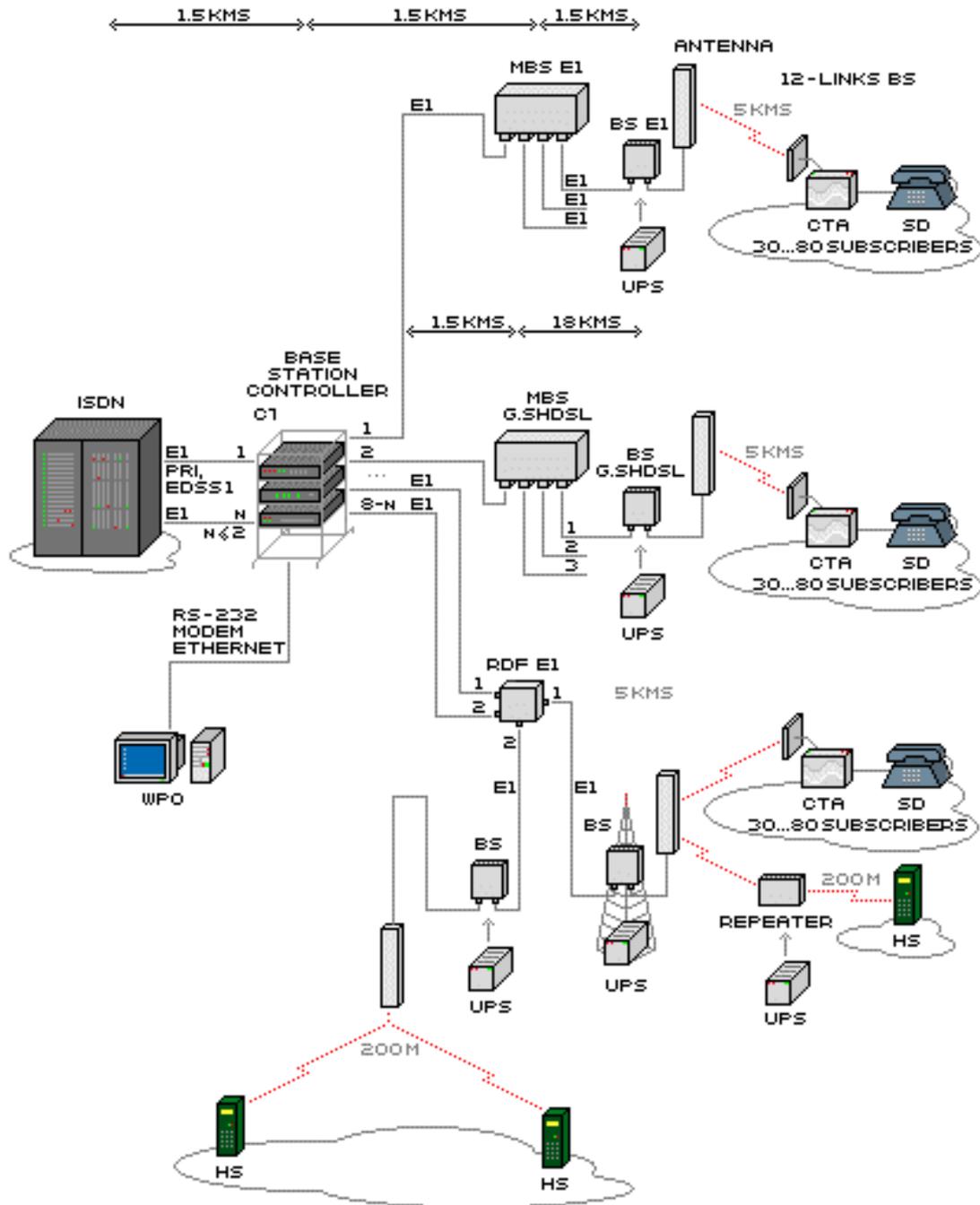
- **O repetidor de estação básico (RBS):** foi projetado para retransmitir sinais do BS para o CTA e com a finalidade de aumentar o alcance de localização da CTA da BS, como também com a finalidade de criar zonas de mobilidade local para um assinante HS (para um rádio de até 200m do RBS).

- **O adaptador terminal sem fio (CTA):** tem a finalidade de prover acesso de rádio do assinante para a estação rádio base. O CTA é um dispositivo DECT estacionário que tem a conexão com um aparelho telefônico convencional através de cabo de par trançado (conexão a/b) veja figura abaixo. O CTA Goodwin Taroussa-S possui padrão DECT/GAP.



- **Aparelho telefônico (SD):** aparelho telefônico de vários tipos e fabricantes com discagem por tom ou pulso, fac-símile, modem e/ou BINA. Até mesmo alguns tipos de telefone publico pode ser conectado ao CTA. Os SDs são conectados a CTA através de cabos de par trançado a uma taxa de transmissão de até 9,6kbps.

- **O Gerenciador do sistema (WPO):** é para o uso e conveniência do administrador do sistema, cumprindo requerimentos do sistema, tais como configuração do sistema, registro de assinantes, serviço de manutenção, diagnósticos de equipamento, etc. O computador WPO é conectado ao CBS por modem ou rede Ethernet.



#### 14.11.2. Conexão do sistema Goodwin Borodino com uma central telefônica pública

O sistema Goodwin Borodino é conectado a uma ISDN pela interface PRI através do protocolo EDSS1. E para uma PSTN pela interface 2VSK(R1.5). Neste caso é necessário usar uma interface conversora 2VSK para EDSS1.

#### 14.11.3. Controle Goodwin Borodino de acesso ao sistema

O Instituto de Padrões de Telecomunicações Europeu (ETSI) certificou a Goodwin como um fabricante DECT. Em consequência cada sistema Goodwin Borodino produzido possui o seu próprio código a instalação.

Cada CTA e HS também possuem seu próprio código. O CTA e HS retêm os códigos pelos quais eles serão registrados. O CBS retém os códigos individuais das CTAs registradas e executa a identificação dos códigos através de um algoritmo de procura. Assim os códigos que o CBS, CTA e HS trocam somente são transmitidos à interface aérea depois da adição de números fortuitos a estes códigos conforme procedimento normatizados pelo padrão DECT. Isto previne recepção sem autorização e uso dos dados de controle indevidamente pela interface aérea.

O administrar do sistema pode processar a inscrição e o cancelamento da inscrição (conectando e desconectando ao serviço) dos assinantes do sistema. O número de assinantes registrados no sistema é determinado pela configuração do software do controlador de BS e pode ser mudado em versão aperfeiçoada do sistema.

#### 14.11.4. Características do sistema Goodwin Borodino

Parâmetro	Valor
Número de máximo de linhas de acesso PRI para ISDN	2
Número de máximo de BSs por sistema	21
Número de máximo de CTAs e PH por sistema	500
Número de máximo de conversações simultâneas em um BS tipo E1	12
Número de máximo de conversações simultâneas em um BS tipo G.SHDSL	8
Número de máximo de conversações simultâneas por sistema	60
Máxima distancia entre a BS e o CBS tipo E1 sem uso de regenerador	1,5Km
Máxima distancia entre a BS e o CBS tipo E1 com regenerador ou multiplexador	3Km
Máxima distancia entre a BS e o CBS tipo G.SHDSL usando multiplexador	19,5Km
Máxima distancia entre a CTA e a BS sem usar repetidor e dependendo do tipo de antena	12Km
Máxima distancia da CTA ao SD	1Km
Faixa de Freqüência	1.880 – 1.900MHz
Potência máxima da BS	250mW +/- 1dB
Potência nominal da BS	10mW por canal
BER para potencia de recepção de -86dB	$10^{-5}$
BER para potencia de recepção de - 92dB	$10^{-4}$
Taxa de transmissão	1,152Mbps
Número de canais da CTA	120 duplex
Separação entre canais de RF	1.728kHz
Duração de um ciclo de transferência dúplex multiplexado	10ms
Modulação com filtração Gaussiana (GFSK) e Codificando de voz	32KBps ADPCM
Potencia nominal da CTA	10mW
Tensão de entrada da fonte da CTA	220V +/-10%
Tensão de saída da fonte da CTA	9V / 350mA
Padrões de comunicação de dados suportados pela CTA	V-32, 9.600bps
Padrões de FAX suportados pela CTA	G-3, V-29, 9.600bps
Temperatura suportada	0°C a +40°C
Umidade relativa do ar	20 a 80%
Dimensões da CTA (L x W x H)	157 x 109 x 33mm
Peso da CTA	155g
Conector para antena	SMA
Conector para fonte de alimentação e aparelho telefônico	RJ-11
Interoperabilidade com sistemas DECT de outros fabricantes	Total

A figura abaixo mostra uma CTA vista por fora.



**14.12. O mercado DECT no mundo**

O principal mercado DECT na Europa é em aplicações de telefonia residencial sem fio. Existem aproximadamente 16,5 milhões de telefones DECT em 1.999. Em alguns países europeus, telefones DECT residenciais excedem 70% do mercado de telefonia sem fio.

Aplicações comerciais também são um sucesso. Existem mais de 700 mil terminais em 1.999. Todo o mercado de PABX sem fio está baseado na tecnologia DECT.

O DECT está sendo amplamente utilizado como solução WLL na Europa (Polônia, Turquia, Hungria, Rússia). Já foram lançadas aplicações duais DECT/GSM no Reino Unido e outros países estão pretendendo seguir o exemplo.

Em 1999 foi autorizada a faixa de WLL de 3,5GHz também para DECT. E também o ITU aprovou DECT como tecnologia IMT-2000 abrindo oportunidades para aplicações TDD em recinto fechado para aplicações de 3G.

País	Uso Privativo (PABX)	Uso Público (WLL Fixo)		
	1.880–1.900MHz	1.880–1.900MHz	Outras	3,5GHz
Finlândia	Alocado			Possível
França	Alocado			
Alemanha	Alocado	Alocado		
Hungria	Alocado	Alocado		Possível
Holanda	Alocado			Possível
Polônia	Alocado	Alocado		
Portugal	Alocado	Alocado		Possível
Rússia	Alocado	Alocado		
Turquia	Alocado	Alocado	1.900–1.920MHz	Possível
Grã-bretanha	Alocado			Possível

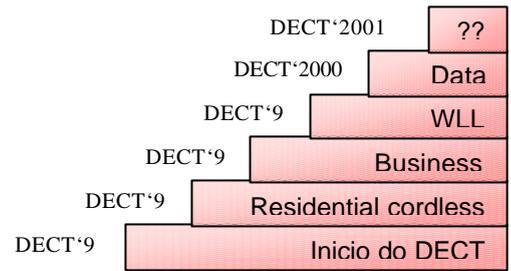
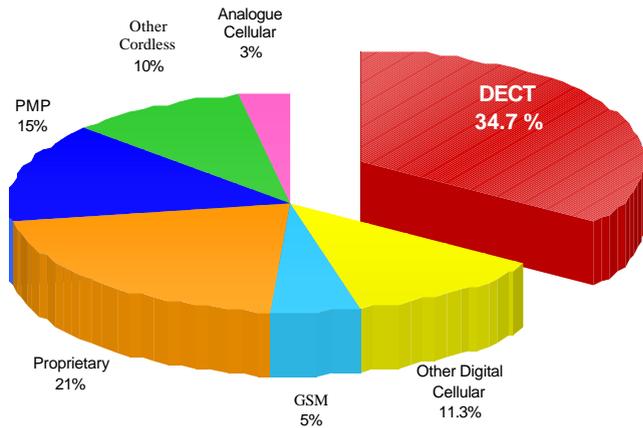
Existe um significativo mercado de aplicação DECT WLL na América Latina. Existem mais de 700 mil terminais instalados em aplicações privadas. Em 2 anos foram mais de 500 mil linhas DECT WLL instaladas. Em 85% dos países latinos americanos DECT está autorizando para aplicações em telefonia Pública.

Primeiros desenvolvimentos mundiais de DECT WLL na faixa de 3,5GHz foi feita na América Latina (Argentina e El Salvador). Na América do Norte o DECT PWT baseado na faixa de UPCS está sendo um sucesso, enquanto uma variante de WDCT para ISM na faixa de 2,4GHz também está emergindo como uma solução competitiva.

País	Uso Privativo (PABX)	Uso Público (WLL Fixo)		
	1.910–1.930MHz	1.910–1.930MHz	Outras	3,5GHz
Argentina	Alocado	Alocado		Em uso
Brasil	Alocado	Alocado		Possível
Canadá	UPCS PWT			
El Salvador		Alocado		Em uso
E.U.A.	UPCS PWT			
Paraguai		Alocado		
Uruguai		Alocado		

Grande oportunidade de aplicação do sistema DECT em WLL Fixo na Ásia. Em dois grandes países asiáticos (China e Índia) o sistema DECT para aplicações Privadas estão competindo com a tecnologia PHS. No Oriente Médio, DECT é o principal assunto pendente.

País	Uso Privativo (PABX)	Uso Público (WLL Fixo)		
	1.880–1.900MHz	1.880–1.900MHz	Outras	3,5GHz
China	Alocado 1.900-1.920MHz		1.900-1.920MHz	
Índia		Alocado		
Tailândia	Alocado 1.900-1.906MHz		Em estudo 1.906-1.918MHz	
Taiwan	Alocado 1.880-1.895MHz			
Austrália	Alocado	Alocado		Em estudo



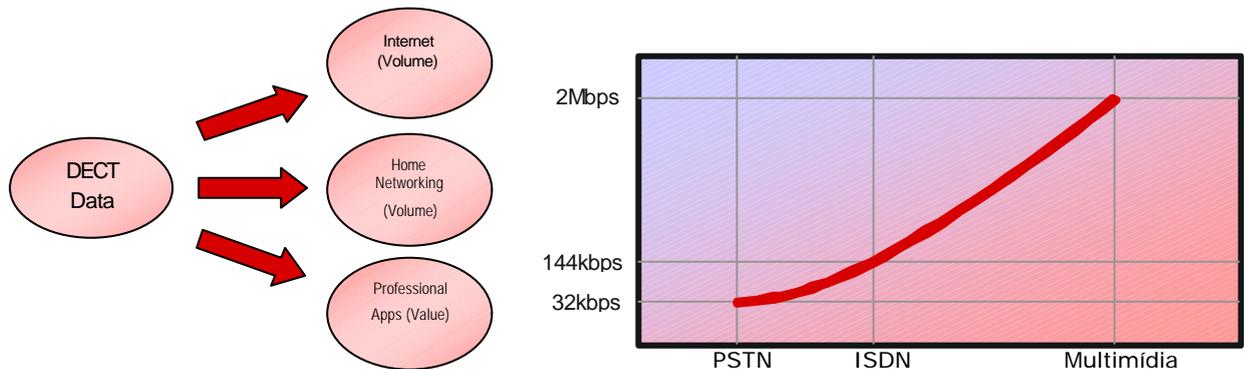
O sistema DECT é o Padrão de Telefonia Sem Fio sem igual para mercados que necessitam de quantidade de serviço. Seu principal mercado é em telefonia privada residencial e empresarial, e em telefonia pública sem fio.

Nas aplicações residenciais sem fio temos qualidade superior a qualquer outra tecnologia sem fio, largura de banda dedicada, alta qualidade de Voz+Dados, distribuição de largura de banda mundial (várias faixas), grande disponibilidade do produto, serviços multimídia; interoperabilidade total, baixo custo, novos serviços "Inteligentes", e convergência fixo-móvel.

Nas aplicações sem fios comerciais temos melhor desempenho que qualquer outra solução sem fios, largura de banda dedicada, alta disponibilidade de produto, excelente qualidade de Voz+Dados, distribuição de largura de banda mundial (várias faixas), aumento da oferta de produto (módulos empresariais), segurança garantida, acesso rápido a Internet (DPRS) e Multimídia, interoperabilidade, integração com cadeias Móveis, e serviços 3G (IMT-2000).

Nas aplicações WLL fixa temos qualidade de voz melhor que qualquer outra solução WLL, distribuição de largura de banda pública específica, mais baixos preços que qualquer outra solução de WLL, alta qualidade de Voz+Dados (inclusive ISDN), distribuição de largura de banda mundial (várias faixas), maturidade provada, telefonia IP sem fios (DPRS), convergência fixo-móvel, e serviços 3G (IMT-2000).

Os novos desafios do sistema DECT são o acesso à Internet rápida (>2Mbps), provisão de novo serviço público de Terceira Geração, aplicações de voz (residencial, comercial e WLL) com integração de novos ambientes (VSAT, CATV, DECT/GSM), integração voz/dados, novas bandas de frequência, aplicações de dados para conectividade sem fios para WAP e USB, e interoperabilidade.

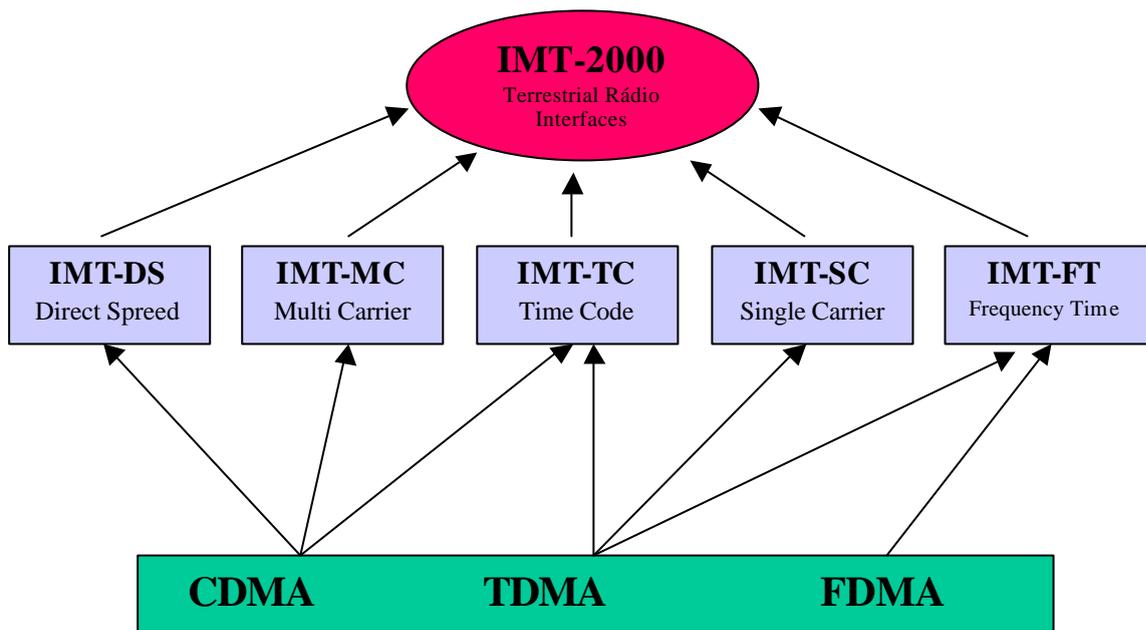


A maioria das aplicações de hoje exige taxa de transmissão superior a 200kbps. A tabela abaixo mostra como o sistema DECT pode prover altas taxas de transmissão de dados.

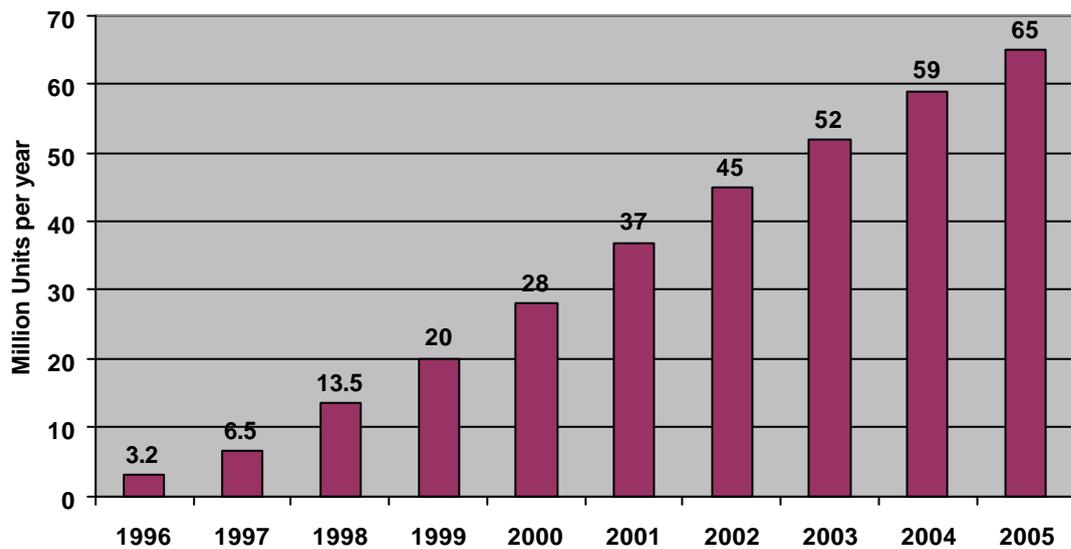
Modulação	1 portadora	12 portadoras	23 portadoras
GFSK	24kbps	288kbps	552kbps
$\pi/4$ DQPSK	59,2kbps	710kbps	1.362kbps
$\pi/8$ D8PSK	91,2kbps	1.094kbps	2.098kbps

Com o sistema DECT sendo uma das cinco interfaces de rádio IMT-2000 (IMT-FT) tem-se a garantia de altos investimentos e sobrevida, reuso de mais de 90% de projetos já existentes, abertura de novos mercados para os

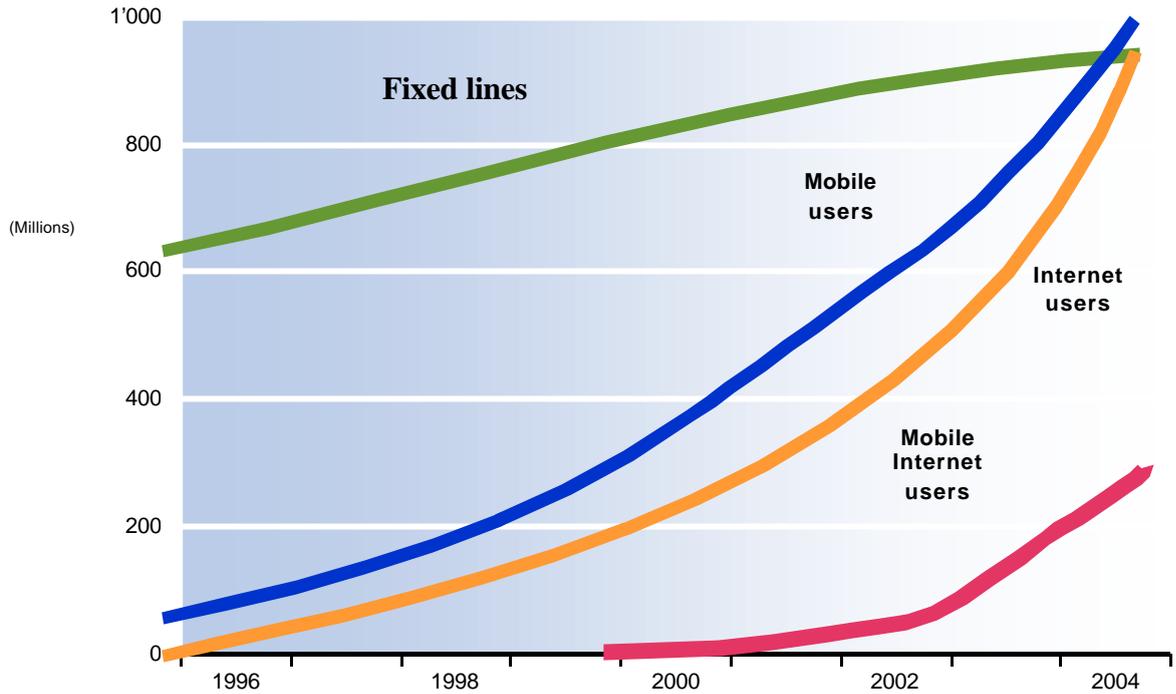
produtos DECT, integração de serviços de 3G no mundo DECT, espectro disponível e afiançado, e tecnologia disponível hoje.



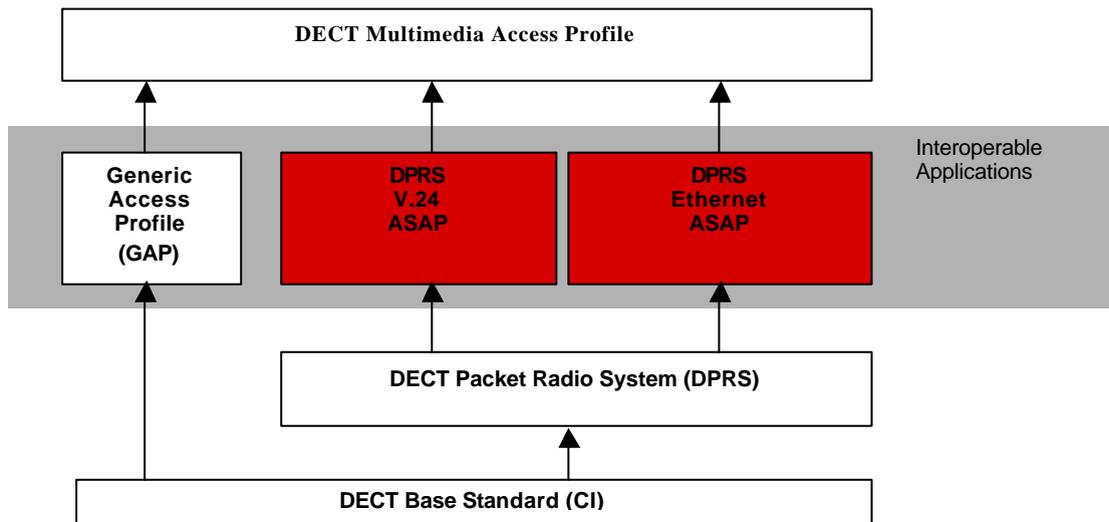
O gráfico abaixo mostra o crescimento do mercado DECT e sua previsão até 2.005.



O gráfico abaixo mostra o crescimento dos diversos sistemas de telecomunicações.



A figura abaixo mostra a pilha do novo padrão DECT ETSI.



### 14.13. Testes e Simulação

Durante os meses de Nov/2.001 a Abr/2.002 foram realizados vários testes de campo e simulação de tráfego telefônico através de software por nós desenvolvido em sua versão BETA em C++ e posteriormente em JAVA. As simulações nos davam qualquer parâmetro relacionado com a teoria de ERLANG “B”.

Alguns dados foram oferecidos como desejáveis para verificar a viabilidade técnica e econômica do projeto, tais como:

- Número total de assinantes: 3.000 (sendo 2.100 residenciais e 900 comerciais);
- Tráfego médio estimado por assinante: 0,08E;
- Tráfego estimado por assinantes residenciais: 0,05E;
- Tráfego estimado por assinantes comerciais: 0,15E;
- Duração média de cada ligação por assinante: 100s (retenção = 0,2778);
- Numero médio de ligações por assinante por hora: 3 chamadas (requisição = 2,97);
- Número Máximo de Chamadas Bloqueadas (GoS): 1%;

$$- GoS = \frac{\text{chamadas bloqueadas}}{\text{Todas Chamadas}} = 1\% .$$

Curso de Telefonia – Sistema WLL (Wireless Local Loop)

Sistema Erlang B

GoS = 1%

	Tráfego	Assinantes	% Tráfego
Residenciais	0,05C	70%	25%
Comerciais	0,15C	30%	75%
Total (k)	0,08C	100%	100%

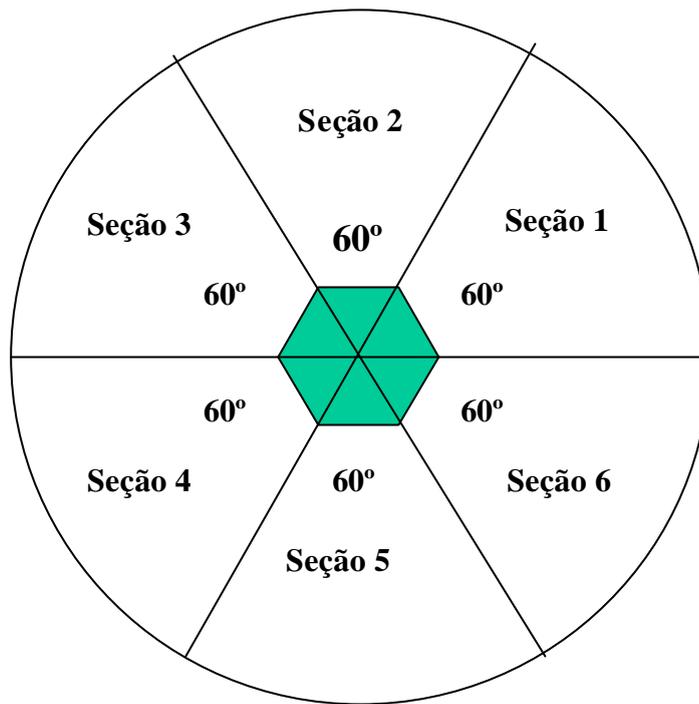
Assinantes (N)	3.000
Residenciais	2.100
Comerciais	900
Retenção (H)	0,02778

Configurável
Calculado

Avaliação	Canais (C)	Tráfego Suportado (A)	Total			Residencial			Comercial		
			Tráf / N (k)	Requisição (L)	Assinantes (N)	k	L	N	k	L	N
Não recomendado	30	20,337	0,007	0,24	254	0,002	0,06	177	0,005	0,18	77
Não recomendado	60	46,950	0,016	0,56	586	0,004	0,14	410	0,012	0,42	176
Não recomendado	90	74,684	0,025	0,90	933	0,006	0,22	653	0,019	0,67	280
Não recomendado	120	102,964	0,034	1,24	1287	0,009	0,31	900	0,026	0,93	387
Não recomendado	150	131,576	0,044	1,58	1644	0,011	0,39	1150	0,033	1,18	494
Não recomendado	180	160,416	0,053	1,92	2005	0,013	0,48	1403	0,040	1,44	602
Não recomendado	210	189,423	0,063	2,27	2367	0,016	0,57	1656	0,047	1,70	711
Não recomendado	240	218,560	0,073	2,62	2732	0,018	0,66	1912	0,055	1,97	820
M Í N I M O	270	247,801	0,083	2,97	3097	0,021	0,74	2167	0,062	2,23	930
Ok	300	277,126	0,092	3,33	3464	0,023	0,83	2424	0,069	2,49	1040
Ok	330	306,522	0,102	3,68	3831	0,026	0,92	2681	0,077	2,76	1150
Ok	360	335,978	0,112	4,03	4199	0,028	1,01	2939	0,084	3,02	1260
Ok	390	365,487	0,122	4,39	4568	0,030	1,10	3197	0,091	3,29	1371
Ok	420	395,041	0,132	4,74	4938	0,033	1,19	3456	0,099	3,56	1482
Ok	450	424,635	0,142	5,10	5307	0,035	1,27	3714	0,106	3,82	1593
Ok	480	454,265	0,151	5,45	5678	0,038	1,36	3974	0,114	4,09	1704
Ok	510	483,927	0,161	5,81	6049	0,040	1,45	4234	0,121	4,36	1815
Ok	540	513,618	0,171	6,16	6420	0,043	1,54	4494	0,128	4,62	1926
Ok	570	543,335	0,181	6,52	6791	0,045	1,63	4753	0,136	4,89	2038
Ok	600	573,076	0,191	6,88	7163	0,048	1,72	5014	0,143	5,16	2149
Ok	630	602,839	0,201	7,23	7535	0,050	1,81	5274	0,151	5,43	2261
Ok	660	632,622	0,211	7,59	7907	0,053	1,90	5534	0,158	5,69	2373
Ok	690	662,424	0,221	7,95	8280	0,055	1,99	5796	0,166	5,96	2484
Ok	720	692,243	0,231	8,31	8653	0,058	2,08	6057	0,173	6,23	2596

Levantamos a hipótese de que poderíamos ganhar capacidade de tráfego com a divisão de um célula central em setores atendidos por antenas, ERBs e DCC específicas, principalmente levando em consideração que as unidades de assinantes que serão utilizadas no projeto serão do tipo CTA, ou seja, estáticas.

Para tanto admitimos a divisão da célula unitária em 6 setores de 60° cada perfazendo uma cobertura de 360° e raio de 5Km. E ainda, admitimos a instalação máxima de 500 assinantes por setor; sendo 120 canais por setor, 4 DCC por setor, 10 ERBs por setor e cada ERB com uma antena. Totalizando 3.000 assinantes, 720 canais, 24 DCCs, 60 ERBs e 60 Antenas. Com distância mínima entre as antenas de 1m e torre com no mínimo 25m de altura.



A tabela abaixo mostra como poderíamos dimensionar o sistema para atender as demandas de tráfego telefônico.

Nº de Canais ERB/ETA	Nº de Canais DCC/PABX	Número de DCCs	Número de ERBs	Abertura da Seção
360	30	1	1+1+1=3	120°
480	60	2	1+1+1+2=5	90°
720	90	3	1+1+1+1+2+2=8	60°
720	120	4	1+1+2+2+2+2=10	60°
720	150	5	2+2+2+2+2+3=13	60°
720	180	6	2+2+2+3+3+3=15	60°
720	210	7	3+3+3+3+3+3=18	60°
720	240	8	3+3+3+3+4+4=20	60°
720	270	9	3+4+4+4+4+4=23	60°
720	300	10	4+4+4+4+4+5=25	60°
720	330	11	4+4+5+5+5+5=28	60°
720	360	12	5+5+5+5+5+5=30	60°
720	390	13	5+5+5+6+6+6=33	60°
720	420	14	5+6+6+6+6+6=35	60°
720	450	15	6+6+6+6+7+7=38	60°
720	480	16	6+6+7+7+7+7=40	60°
720	510	17	7+7+7+7+8+8=43	60°
720	540	18	7+7+8+8+8+8=45	60°
720	570	19	8+8+8+8+8+8=48	60°
720	600	20	8+8+8+9+9=50	60°
720	630	21	8+9+9+9+9=53	60°
720	660	22	9+9+9+9+10=55	60°
720	690	23	9+9+10+10+10=58	60°
720	720	24	10+10+10+10+10=60	60°

A tabela abaixo mostra os dados dos equipamentos e condições de teste.

	<b>Localidade A</b>	<b>Localidade B</b>
Equipamento	ERB Philips	ETA Goodwin
Localização	Latitude: 16° 48,722' Longitude: 49° 12,991'	Latitude: 16° 26,167' Longitude: 49° 11,890'
Altitude	788m	773m
Distância	5.100m	5.100m
Altura da Torre	60m	2m
Antena	14dBi	8dBi
Tipo de Cabo	RG-58	RG-58
Comprimento do Cabo	1m	5m
Conector Antena	N	N
Conector Equipamento	SMA	SMA

Os testes foram efetuados em área industrial semi-plana com pouco densidade de edificações.

Os resultados dos testes foram satisfatórios até a distância acima citada com visada direta. Para distâncias superiores e/ou não visada direta não houve qualidade de sinal suficiente para o estabelecimento de uma conexão, como já era esperado. A temperatura, a umidade e a vegetação não ofereceram obstáculo significativo à utilização deste sistema dentro das expectativas previstas. Para maiores distâncias contaremos com repetidores passivos que serão frutos de testes futuros. Fica ainda a dúvida quanto ao seccionamento da célula pela diretividade das antenas da ERB e da ETA, situação analisada teoricamente, mas que necessitam de futuros testes em situação real de alto tráfego.