

TÉCNICAS

Introdução

Vários esquemas de acesso múltiplo tem sido utilizados para permitir que vários usuários possam usar de maneira compartilhada uma quantidade restrita do espectro de rádio. O compartilhamento do espectro é necessário para obter o desempenho requerido na comunicação. A implementação do esquema de acesso múltiplo deve ser feito de maneira a suportar a demanda de tráfego.

A primeira questão que se coloca é para quê técnicas de acesso?

– Para permitir o compartilhamento de uma determinada faixa de rádio frequência entre vários terminais móveis.

Porquê o compartilhamento?

– Para maximizar o número de usuários simultâneos numa faixa de frequências.

Comunicação bidirecional

Em sistemas de comunicação sem fio frequentemente é necessária a comunicação bidirecional (duplexação), onde cada estação pode enviar e receber dados de maneira simultânea. Num sistema de telefone fixo (ou celular), por exemplo, é possível falar e ouvir simultaneamente. A duplexação pode ser implementada através de divisão em frequência (FDD=Frequency Division Duplexing) e em tempo (TDD=Time Division Duplexing)

Esquema TDD (Time Division Duplexing)

A transmissão só ocorre em momentos permitidos e pré-determinados, atribuídos através de Time Slots. Os terminais móveis são mais simples, pois o duplexador não é necessário e os

circuitos receptor e transmissor podem ter partes comuns. Ao invés do duplexador (como no FDD), emprega uma chave T/R (transmite / recebe).

Princípio da transmissão TDD

Esquema FDD (Frequency Division Duplexing)

Num esquema de FDD, usa-se uma frequência de transmissão entre estação base e estação móvel e outra entre a estação móvel e estação fixa. Um dispositivo denominado duplexador permite o uso de uma mesma antena para os módulos de recepção e transmissão do terminal móvel. A separação de frequências de transmissão e recepção geralmente é fixa em todo o sistema. Sendo suficientemente alta para permitir pouco acoplamento entre os módulos receptor e transmissor de um terminal de assinante.

Princípio da transmissão FDD

Técnicas de Acesso ao Meio

Objectivo:

Buscar uma maior eficiência no uso do espectro disponível aos serviços de rádio móvel. Os métodos de acesso ao meio se destacaram nos sistemas de comunicação móvel celular diferenciados apenas pela manipulação adequada da frequência, tempo ou código. São elas:

– Frequency Division Multiple Access (FDMA) – Time Division Multiple Access (TDMA) – Code Division Multiple Access (CDMA)

Os sistemas também podem ser classificados com relação a largura de faixa do canal – Um sistema de faixa estreita tem seu espectro dividido em canais de faixa

suportando taxas inferiores a 2 Mbps,

– Na arquitectura de faixa larga, todo o espectro é compartilhado pelos usuários • O FDMA é uma arquitectura de faixa estreita,

- O CDMA é uma arquitectura de faixa larga.
- TDMA pode ser implementado como de faixa estreita ou de faixa larga.

Métodos de acesso ao meio. Fonte: Wikipedia

ACESSO FDMA – Frequency Division Multiple Access

- O Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência é o método mais comum de acesso entre os sistemas analógicos
- O espectro é dividido em canais onde cada assinante sintoniza sua portadora • O número de canais no sistema será função da largura de cada canal

Acesso FDMA . fonte: wikipedia

Neste método a largura de faixa total disponível é subdividida e a cada usuário é alocada uma dessas sub-faixas, normalmente por demanda.

Características principais dos sistemas que utilizam FDMA:

- Se um canal não está sendo utilizado há um desperdício de recurso • nenhum usuário o estará utilizando
- A largura de faixa de cada canal é normalmente pequena
- um sistema com FDMA normalmente é um sistema de faixa estreita. – Pelo facto de o canal ser estreito, em uma transmissão digital tem-se longas

durações dos símbolos transmitidos em relação ao espalhamento temporal causado pelo canal.

- A comunicação é contínua no tempo, o que leva à necessidade de poucos bits de overhead com o propósito de sincronização e delimitação de frames em uma transmissão digital.
- Os filtros de canal são normalmente caros, pois necessitam apresentar selectividade suficiente para reduzir a interferência entre canais adjacentes a patamares aceitáveis.
- Por transmitir e receber ao mesmo tempo, os transceptores necessitam de duplexers, o que eleva o custo do sistema.
- Nos casos em que muitos canais compartilham uma mesma antena e, portanto, o mesmo amplificador de potência, pode ocorrer intermodulação.

ACESSO TDMA – Time Division Multiple Access

No método de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo o espectro disponível é dividido em intervalos (slots) de tempo de tal forma que cada usuário possa transmitir ou receber durante o intervalo de tempo a ele reservado.

Acesso TDMA. Wikipedia Sistemas com TDMA operam somente com sinais digitais.

- Em sistemas com TDMA/TDD, metade dos slots são destinados à transmissão e metade à recepção.
- No caso de TDMA/FDD um mesmo slot é utilizado na transmissão e recepção, sendo a separação feita na frequência.

Pela característica digital do sistema há maior imunidade a ruído e interferência e também mais segurança no enlace de comunicação promovendo privacidade ao usuário.

Características principais:

- Devido às descontinuidades na transmissão, o processo de handoff do usuário móvel se torna mais simples, pois ele pode utilizar os intervalos de tempo sem transmissão para “ouvir” outros transmissores de outras estações base, por exemplo, no caso de telefonia celular.
- Os slots de tempo podem ser alocados por demanda para diferentes usuários, baseado em uma prioridade, dessa forma compartilha-se melhor o espectro. Uma grande vantagem deste método é que as taxas de transmissão podem ser variáveis em múltiplo da taxa básica do canal. O método TDMA é atribuído à sistemas digitais como GSM, D-AMPS (IS-136) e PDC.

ACESSO CDMA – Code Division Multiple Access

Acesso CDMA. Fonte: Wikipedia

O Acesso Múltiplo por Divisão de Código foi desenvolvido nos EUA pelo segmento militar. – Sua 1ª utilização foi para a comunicação entre aviões de caça e rádio controle de

mísseis teleguiados.

– Neste método de acesso as EMs transmitem na mesma portadora e ao mesmo tempo, mas cada comunicação individual é provida com um código particular. Isto garante alta privacidade na comunicação.

No método de Acesso Múltiplo com Divisão por Código é utilizada a técnica de espalhamento espectral (spread spectrum).

– O transceptor de cada usuário no sistema utiliza uma sequência pseudo aleatória (código) diferente.

– Todos os usuários transmitem ao mesmo tempo e utilizam a mesma faixa de frequência.

– O receptor, através do processo de correlação do sinal recebido com a sequência PN (pseudo-noise) extrai o sinal do usuário desejado.

– Os sinais dos demais usuários parecerão ruído para o receptor em questão. A eficiência de utilização do espectro, ou capacidade de um sistema CDMA (IS-95), é maior que os demais sistemas existentes AMPS, TDMA (IS-136) e GSM.”

Arquitetura Básica

Esquema básico. Fonte: autor

No processo de transmissão pelo método do CDMA a voz é primeiramente codificada, passa por um expansor (spreader) que a multiplica por sequência pré-estabelecida e única para cada estação móvel (EM).

Os sistemas que utilizam o método CDMA tem como padrão de reuso somente uma célula por cluster.

Os sistemas que utilizam o CDMA seguem o padrão IS-95 com taxa de espalhamento a 1,2288 Mbps utilizando uma portadora de 1,25 MHz de faixa.

Vantagens do CDMA

– Mais qualidade e privacidade na comunicação, – Maior autonomia de baterias,

– Redução no nível de interferência,

– Serviços mais velozes de transmissão de voz e dados

O CDMA foi a tecnologia escolhida para ser a base para a 3ª geração. É claro que para o usuário final as tecnologias usadas são transparentes, importando mesmo os serviços oferecidos pelas operadoras e a qualidade do serviço prestado.

Mas, afinal, qual técnica é a superior?

A questão tem a ver com o número máximo de usuários suportado!

– O CDMA tem-se mostrado promissor a superar as demais técnicas de acesso múltiplo existentes.

– A capacidade de um sistema CDMA é o que se pode chamar de limitada pelas interferências. Ao contrário dos concorrentes FDMA e TDMA que podem ser classificados como limitados em largura de faixa.

Qualquer melhoria deve se refletir directamente em um aumento no número de usuários no sistema.

Conclusão

Na actividade de aprendizagem que agora termina discutimos as técnicas de acesso múltiplo em comunicações móveis. Vimos as razões e a importância que estão por detrás dessa

discussão. Isto permite-nos perceber como as comunicações móveis celulares funcionam e que constrangimentos e limites podem acontecer.

Actividade 3.2 - Redes Móveis Celulares

O conceito de rede celular surgiu como uma forma de melhorar a eficiência na utilização do espectro radioelétrico necessário às comunicações móveis. A ideia surgiu no “Bell Laboratories” (USA) no início dos anos 70. As primeiras redes móveis celulares utilizavam transmissão analógica. Na altura, surgiram vários sistemas diferentes, não compatíveis entre si, que foram sendo adoptados por diferentes países.

Espectro Radioelétrico

O espectro radioelétrico é um recurso escasso. O lançamento de novos serviços implica a atribuição de novas bandas. As necessidades de um serviço em termos de largura de banda (ocupação do espectro) dependem de:

– Tipo de serviço (voz, vídeo, dados, ...) – Número de utilizadores

As características de propagação dos sinais de rádio obrigam ao estabelecimento de acordos entre os países e a separação física permite a reutilização das bandas de rádio.

Conceitos envolvidos no Sistema Móvel Celular

- Célula
- Área na qual o sinal de uma ERB é adequadamente recebido • Cluster
- Conjunto de células que ocupam todo o espectro do sistema • ERB

- Estação Rádio Base • EM
- Estação Móvel • CCC
- Central de Controle e Comutação • RTPC
- Rede Telefónica Pública Comutada • Área de Controle
- Área sob supervisão de uma CCC • Área de Serviço
- Toda a área onde a EM tem acesso ao serviço da rádio móvel • Área de Localização
- Área na qual a EM pode mover-se sem necessidade de actualização do seu registo
- Procedimento de “Handoff”
- Comutação de uma chamada em andamento de uma ERB para outra quando a estação móvel cruza a fronteira entre as células
- Assinante visitante “Roamer”
- Assinante que acede o sistema fora de sua área de localização e necessita da actualização de seu registo de localização.

Estação Rádio Base (ERB)

São equipamentos que fazem a conexão entre os telefones celulares e a companhia telefónica, ou mais precisamente a Central de Comutação e Controle (CCC).

- É a repetidora da informação de voz e dados de controle em meio electromagnético;
- Faz de interface entre uma única CCC e diversas EM; • Cada ERB pode suportar até 154 canais de voz
- A ERB é responsável pela monitoria do sinal recebido de uma EM • Controle de potência das EM.

Elementos de composição de uma ERB

- Local onde será implantada.
- Infra-estrutura para a instalação dos equipamentos de telecomunicação incluindo a parte civil, eléctrica, climatização e energia CC com autonomia em caso de falta de energia através de baterias e em alguns casos Grupo gerador.
- Torre para colocação de antenas para comunicação com os terminais móveis e enlace de rádio para a CCC.

- Equipamentos de Telecomunicações.

Estação Rádio Base. Fonte: Wikipedia Sistema de rádio contendo

– Receptores (Rx), – Transmissores (Tx); – Combinadores; – Divisores; – Filtros e antenas;

Sistema de processamento e controle contendo – Processador de controle

– Multiplexadores (MUX – Cabos coaxiais

Estação Móvel (EM)

– A EM é o terminal móvel do usuário. – A EM é composto por:

- Monofone • Teclado
- Unidade de controle • Bateria
- Unidade de rádio e antena

Função:

– Fazer a interface electromecânica entre o usuário e o sistema. Os equipamentos podem ser:

– Portáteis; veiculares ou transportáveis.

Central de Comutação e Controle - CCC

A CCC faz a interface entre o sistema móvel e a rede pública.

A CCC é Composto por: – I/O Devices

– Interface de audio e dados para a ERB – Terminais de operação e manutenção – Memória de configuração – Troncos – Matriz de comutação – Controlador Controlador da CCC

Controlador O controlador da CCC é composto:

– Da Home Location Register – HLR

– Que é o registo de endereços. Identifica cada móvel pertencente a esta área de localização.

– Da Visit Location Register – VLR

– Que é o registo de endereços de visitantes. Identifica as EM visitantes de outras áreas.

– Da Base Station Controller – BSC

– Que controla cada ERB vinculada a este CCC – Da Mobile Switch Center – MSC

– Que controla as comutações entre os troncos da rede pública comutada e os canais das ERB vinculadas.

Estação Celular - EC

Funciona como repetidora de informação de voz e de dados entre ERB e o assinante.
Funções:

- Recepção
- Tratamento de informação e sua transmissão para o user EM

Unidade Repetidora - UR

Funciona apenas como repetidora dos canais do sistema, ou seja,

- Apenas retransmite informações entre duas ERB ou entre CCC e ERB • Não há processamento local
- Apenas há recepção
- Filtragem e retransmissão do sinal em potências e relação sinal/ruído adequadas

Evolução das Redes Móveis Celulares

a) Primeira geração (1G):

- baseada em transmissão analógica de voz • demasiados sistemas diferentes e incompatíveis • ausência quase total de possibilidades de roaming • mercados limitados

Exemplos:

- AMPS – Advanced Mobile Phone Service (USA) • desenvolvida pela AT&T (1971)
- TACS – Total Access Cellular System (Europe) • C-450 (Europe – Germany, Portugal)
- NMT (Europ2 – Denmark, Spain, ...) • Radiocom 2000 (Europe – France, Belgium)

b) Segunda geração (2G):

Redes completamente digitais, mas ... ainda muito orientadas para os serviços de voz. • menos sistemas diferentes (existência de normas)

- um único sistema para toda a Europa (GSM)
- mercado mais alargado ► mais competição ► preços mais baixos • três centros de desenvolvimento: Europa, USA, e Japão

Exemplos:

- GSM (Western Europe) • IS-54 TDMA (D-AMPS) (USA) • IS-136 TDMA (USA)
- IS-95 CDMA (CDMAone) (USA) • PDS (Japan)

c) Terceira geração (3G):

- integração de voz e dados
- suporte nativo para comutação de pacotes • tendência para núcleos de rede baseados em IP • utilização mais eficiente do espectro
- maiores taxas de transmissão • melhor segurança
- ainda assim, demasiados sistemas diferentes Exemplos:
- UMTS (W-CDMA) (Europe+)
- CDMA2000 (evolution of IS-95) (USA)
- GPRS 136 HS EDGE (evolution of IS-136) (USA) • UWC-136 (USA)

d) Da terceira geração para a ... (3.5G, 3.75G, ...):

- ênfase nos serviços de banda larga em comutação de pacotes Exemplos:
- HSDPA (UMTS) (High-Speed Downlink Packet Access) • HSUPA (UMTS) (High-Speed Uplink Packet Access) • HSPA+ (UMTS)
- 1xEV-DO (CDMA2000) • WiMAX
- Wi-Fi

Conclusão

Mais especificamente, abordamos nesta actividade componentes de um sistema de telefonia móvel e sua evolução histórica.

Actividade 3.3 - Redes GSM

Introdução

Com o avanço da tecnologia, a globalização e a necessidade cada vez maior de as pessoas se comunicarem com rapidez e mobilidade, tornou-se necessária a criação de um sistema capaz de transmitir informações entre usuários em mobilidade.

As necessidades de cada sector impulsionam a evolução da tecnologia, cada qual na sua direcção. O resultado disso é que avanços em um sentido, estimulados pela necessidade de

um sector específico, acabam por auxiliar outros sectores. Para que um formato de tecnologia seja amplamente utilizado, é necessário que haja um padrão, maleável o suficiente para que tecnologias mais acessíveis ou mais eficientes possam ser encaixadas em sua estrutura. Pode-se perceber, portanto, a importância de uma organização dessa tecnologia, no sentido de oferecer o serviço de comunicação móvel à maior parcela possível da sociedade. É assim por dizer o que a GSM fez!

Redes GSM - Gênese

1982: o CEPT (Conference of European Post and Telegraph) cria o Groupe Spécial Mobile (GSM)

1989: a normalização do GSM passa para a alçada do ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

1991: é lançado o primeiro serviço comercial

GSM passa a ser o acrónimo de “Global System for Mobile telecommunications”

Arquitectura

A rede GSM é formada por interfaces abertas e padronizadas, seguindo sua principal intenção, montar uma arquitectura mais abrangente possível. Ela é estruturada para que seja possível a integração entre componentes de diferentes fabricantes, o que enriquece a concorrência e diminui o preço para o usuário. Além do facto, é claro, de torná-la extremamente flexível, logo, mais viável.

Os componentes dessa arquitectura são divididos em 4 grupos O conjunto desses grupos é chamado rede móvel pública terrestre (Public Land Mobile Network – PLMN), e é implementado por uma operadora.

- SIM – Subscriber Identity Module
- ME – Mobile Equipment
- BTS – Base Transceiver Station
- BSC – Base Station Controller
- MSC – Mobile Services Switching Center
- HLR – Home Location Register
- VLR – Visitor Location Register
- EIR – Equipment Identity Register
- AuC – Authentication Center Mobile Station

- Mobile equipment (ME)

√ IMEI - International Mobile Equipment Identity • SIM card (Subscriber Identity Module)

√ IMSI - International Mobile Subscriber Identity – Mobile Country Code – MCC (3 dígitos) – Mobile Network Code – MNC (2 dígitos)

– Mobile Subscriber Identification Code – MSIC (até 10 dígitos) • Numeração:

√ MSISDN – Mobile Subscriber ISDN

Base Station Subsystem (subsistema da estação base)

- BTS - Base Transceiver Station

– define as células (área de cobertura) – contém os emissores/receptores de rádio – Implementa os protocolos da ligação rádio • BSC - Base Station Controller

- Gere a alocação de frequências
- Gere as alterações nas frequências a usar – Contribui para o processo de handover

Network Subsystem (subsistema da rede)

- MSC - Mobile services Switching Center
- Comutação
- Registo, autenticação, actualização da localização, handover, encaminhamento de chamadas para outras redes, roaming
- HLR - Home Location Register
- armazena informação sobre os assinantes: última localização, estado do terminal, etc.
- VLR - Visitor Location Register
- armazena informação sobre a localização dos assinantes • AuC – Authentication Center
- serviço responsável pela autenticação dos assinantes
- inclui os algoritmos de cifragem e as chaves secretas de cada assinante • EiR – Equipment Identity Register
- suporta serviços de segurança dos equipamentos (terminais) – Inclui listas de equipamentos
- white list (authorized)
- gray list (under “observation”) – black list (blocked)

Bandas GSM

- GSM 900: (GSM) – 900 MHz:
- 890-915 MHz (uplink) e 935-960 MHz(downlink)
- GSM 1800 (PCN - Personal Communication Network ou DCS 1800) –1800 MHz: • 1710-1785 MHz (uplink) e 1805-1880 MHz (downlink)
- GSM 1900 (PCS - Personal Communication Services, PCS 1900, ou DCS 1900) – 1900 MHz:
- é a banda usada nos Estados Unidos e no Canadá para GSM • 1850-1910 MHz (uplink) e 1930-1990 MHz (downlink)

Interface de rádio

Como já foi referido anteriormente, o principal foco do sistema GSM foi o de permitir que o maior número possível de usuários pudessem ser integrados. As interfaces e protocolos que usa devem ser, portanto, padronizados e flexíveis, de forma a poder incorporar elementos de diferentes fabricantes. Uma interface precisa prover os aspectos físicos dos meios de transmissão, o interfuncionamento e a implementação dos serviços e aplicações móveis entre os elementos da rede GSM.

Utiliza FDD (Frequency Division Duplexing) e TDMA (Time Division Multiple Access). Cada banda (GSM) é dividida em 124 canais de 200 kHz (FDMA).

- As frames são agrupadas em multiframe de 26 ou 51 frames.
- As multiframe são agrupadas em superframes de 26 ou 51 multiframe.
- As superframes são agrupadas em hyperframes de 2048 superframes.

Handover em GSM

Handover (também designado de handoff) é o processo de comutação de uma chamada de voz de um canal físico para outro. Motivos que conduzem à necessidade de realizar handover:

- O utilizador (MS – mobile station) move-se e a qualidade do actual canal degrada-se
- O canal actual está a provocar demasiada interferência numa outra célula
- O tráfego numa célula é elevado e a capacidade da célula está próximo do seu

limite.

GPRS - General Packet Radio Service

O GPRS foi introduzido na especificação GSM fase II. Proporciona um serviço de dados baseado em comutação de pacotes, mais orientado para as necessidades das aplicações da Internet (tráfego em burst). Suporta o conceito “always on”: não há estabelecimento de ligações.

Arquitectura

Serviço de dados

Modos:

- PTP-CLNS (Point-To-Point ConnectionLess Network Service): equivalente ao IP
- PTP-CONS (Point-To-Point Connection Oriented Network Service): equivalente ao

Taxas de transmissão

As taxas de transmissão disponíveis dependem do número de canais disponíveis (ou atribuídos pelo operador) e do esquema de codificação:

• esquemas de codificação: CS-1 a CS-4 • número de canais: 1 a 8 Exemplos: • CS-1 + 1 canal = 9.05 kbps • CS-4 + 1 canal = 21.4 kbps • CS-1 + 8 canais = 72.4 kbps • CS-4 + 8 canais = 171.2 kbps

É importante lembrar que, no nível de rede, a rede GPRS usa os protocolos da internet, TCP, UDP, IP, PPP, entre outros de interface com o computador.

Tecnologia EDGE

A tecnologia EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) caracteriza a geração 2.75G, posterior à 2G ou à 2.5G.

Sua principal função é aumentar a eficiência do sistema GPRS, motivo pelo qual também é conhecida como GPRS Melhorado (Enhanced General Packet Radio Services – EGPRS). As principais diferenças em relação à rede GPRS são :

- Protocolos de acesso à interface Um com novas facilidades; – Modulação 8-PSK (8-state Phase Shift Keying);
- Novos procedimentos de codificação de canal.

Arquitetura EDGE

A rede EDGE é idêntica à GPRS, excepto pela interface aérea. Apenas a MS e a BTS sofrem mudanças com o sistema EDGE, portanto. Essas mudanças visam suportar, principalmente, a modulação 8-PSK e os novos tipos de codificação. A interface aérea EDGE suporta as interfaces GSM e GPRS.

Principais diferenças entre as tecnologias GSM, GPRS e EDGE

As principais diferenças entre essas fases da segunda geração de celulares está no transporte de dados e nas taxas de transmissão requeridas por cada um. A figura abaixo compara, resumidamente, GSM, GPRS e EDGE.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

Em 1989, a União Internacional de Telecomunicações (ITU, em inglês) divulgou através de um documento a visão para os sistemas de celulares futuros, chamados de terceira geração, 3G. Essa visão chamou-se IMT-2000 (International Mobile Telephony 2000) e, após ser

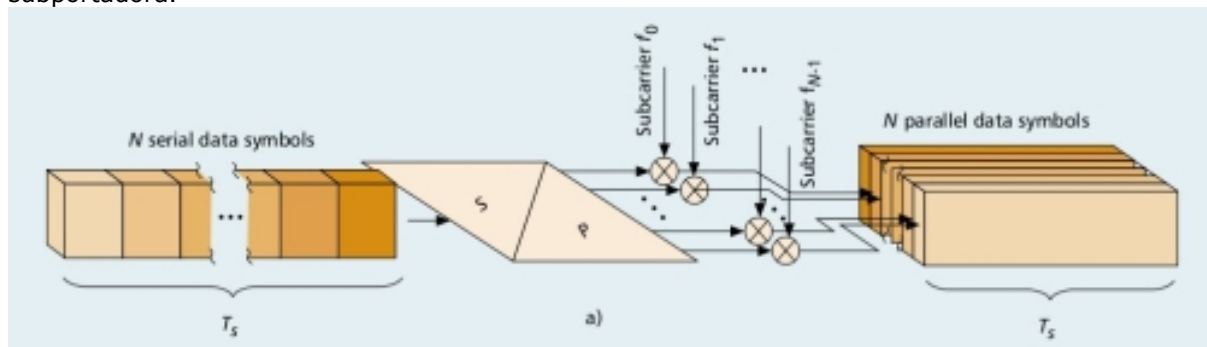
divulgada, deu início a uma corrida para que fosse projetado um sistema que atingisse às suas necessidades.

Um aspecto interessante do IMT-2000 é a divisão de ambientes para a operação do sistema, de forma hierárquica.

O IMT-2000 exigiu uma nova alocação do espectro de frequências. Diversas propostas foram então desenvolvidas para atender aos requisitos do IMT-2000. As propostas UTRA (Universal

OFDM/OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Multiple Access)

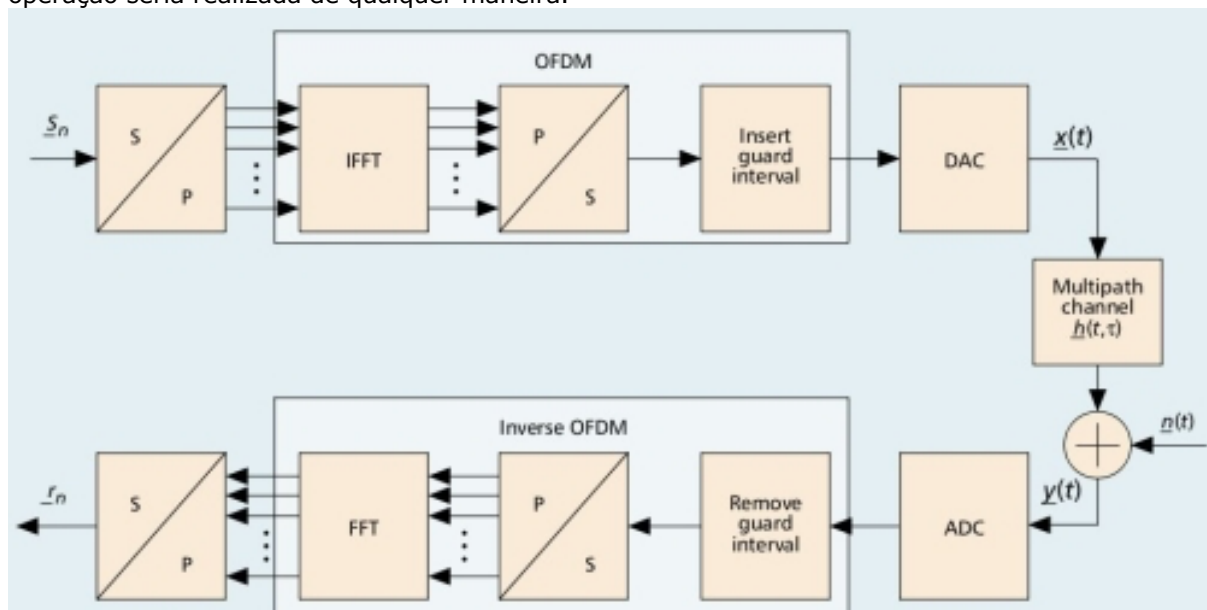
A multiplexação por divisão de frequências ortogonais, ou OFDM, é uma técnica de modulação de dados que por diversas características, é apropriada à tecnologia de rádios cognitivos. OFDM é uma técnica de transmissão de dados que utiliza sua banda dividida em múltiplas portadoras ortogonais, chamadas subportadoras, para modulação. As subportadora são chamadas ortogonais por não possuírem sobreposição de frequência, dessa forma não interferindo umas com as outras. O princípio básico da OFDM é a conversão de um fluxo de dados serial de taxa de transmissão elevada em múltiplos sub-fluxos paralelos de taxa de transmissão baixa. Por exemplo, um conjunto de símbolos seriais é transformado em um símbolo OFDM, representando dados em paralelo. Após a conversão serial-paralelo, cada sub-fluxo de dados é modulado em uma subportadora.



Retirada de [2].

A principal vantagem do uso de OFDM em relação a técnicas que utilizam uma única portadora é que ela pode obter a mesma taxa de transferência, devido ao paralelismo de subportadoras de taxas baixas, com maior resistência a condições ruins do meio, como atenuação de altas frequências, interferência inter-símbolo, interferência causada por múltiplos caminhos (comum em redes sem fio, devido à reflexão).

A idéia básica de compartilhamento de espectro baseado em OFDM é fazer com que a largura de uma sub-banda do sistema licenciado seja um múltiplo inteiro do espaço Δf usado por cada subportadora do sistema não licenciado. Dessa forma, se o sistema não licenciado utiliza somente as subportadoras em sub-bandas que estão temporariamente sem uso pelo sistema licenciado, a coexistência espectral entre ambos os sistemas é possível com uma interferência muito baixa. Também é mostrado que para a realização da modulação em paralelo na OFDM é necessária uma Transformada Rápida de Fourier (FFT – *Fast Fourier Transform*). Essa operação também é necessária em um sistema de compartilhamento de espectro para analisar a atividade dos usuários licenciado, e portanto, não implicaria em maior custo ou complexidade de operação, já que essa operação seria realizada de qualquer maneira.



DSSS

18 línguas

- [Artigo](#)
- [Discussão](#)
- [Ler](#)
- [Editar](#)
- [Ver histórico](#)

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.



Este artigo **não cita fontes confiáveis**. Ajude a [inserir referências](#).
Conteúdo não [verificável](#) pode ser removido.—*Encontre fontes: [Google](#) ([notícias](#), [livros](#) e [acadêmico](#)) (Março de 2018)*

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) é a sequência direta de espalhamento do espectro.

A técnica da modulação do espectro de propagação é usada extensamente em aplicações militares. Fornece uma densidade espectral de potência muito baixa espalhando a potência do sinal sobre uma faixa de frequência muito larga. Este tipo de modulação requer, conseqüentemente, uma largura de faixa muito grande para transmitir diversos Mbits/s.

Como a largura de faixa disponível é limitada, esta técnica é ideal para transmitir taxas de dados mais baixas nos cabos de [energia elétrica](#).

Esta técnica é igualmente utilizada nas redes locais sem fios WiFi 802.11b, 802.11g 802.11n e na telefonia móvel de 3ª geração [W-CDMA](#), Wideband Code Division Multiple Access. Ela proporciona [criptografia](#) por salto pseudo aleatório de frequência, uma resistência ao ruído e um número de utilizadores/equipamentos mais elevado do que as soluções [TDMA](#), Time Division Multiple Access.

DSSS O método de modulação DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum – Espectro de dispersão de sequência direta) também é restrito a 1 ou 2 Mbps. Utiliza 11 canais para o uso em 2,4 GHz, mas com um nível de potência menor que o FHSS, possibilitando, assim, o funcionamento de várias redes sem que elas interfiram entre si. O DSSS combina um sinal de dados envio pelo transmissor com uma alta taxa de sequência de bit rate, permitindo aos receptores filtrar sinais que não utilizam o mesmo padrão, incluindo ruídos ou interferências. O transmissor gera um código de chip, e apenas os receptores que conhecem o código são capazes de decifrar os dados. Esta tecnologia utiliza um método conhecido como sequência de Barker para espalhar o sinal de rádio através de um único canal, sem alterar as frequências.

Acesso múltiplo por divisão de código de várias operadoras

Da Wikipédia, a enciclopédia livre

[Ir para a navegação](#)[Pular para pesquisar](#)

O **acesso múltiplo por divisão de código multiportadora** (**MC-CDMA**) é um esquema [de acesso múltiplo](#) usado em sistemas de telecomunicações baseados em [OFDM](#) , [permitindo que o sistema suporte vários usuários ao mesmo tempo na mesma banda de frequência](#).

O MC-CDMA espalha cada símbolo do usuário no domínio da frequência. Ou seja, cada símbolo do usuário é transportado por várias subportadoras paralelas, mas é deslocado em fase (normalmente 0 ou 180 graus) de acordo com um valor de código. Os valores de código diferem por subportadora e por usuário. O receptor combina todos os sinais da subportadora, pesando-os para compensar as intensidades de sinal variáveis e desfazer a mudança de código. O receptor pode separar sinais de usuários diferentes, porque estes têm valores de código diferentes (por exemplo, ortogonais).

Como cada símbolo de dados ocupa uma largura de banda muito maior (em hertz) do que a taxa de dados (em bit/s), uma proporção de sinal para ruído mais interferência (se definida como a potência do sinal dividida pelo ruído total mais a potência de interferência em todo o banda de transmissão) de menos de 0 dB é viável.

Uma maneira de interpretar o MC-CDMA é considerá-lo como um sinal CDMA de sequência direta ([DS-CDMA](#)), que é transmitido após ter sido alimentado por uma FFT inversa ([transformada rápida de Fourier](#)).

Conteúdo

- [1Justificativa](#)
- [2Downlink: MC-CDM](#)
- [3variantes](#)
- [4Referências](#)
- [5Literatura](#)
- [6Veja também](#)

Justificativa [[editar](#)]

Os links de rádio sem fio sofrem interferência de canal de frequência seletiva. Se o sinal em uma subportadora sofrer uma interrupção, ele ainda poderá ser reconstruído a partir da energia recebida em outras subportadoras.

Downlink: MC-CDM [[editar](#)]

No downlink (uma estação base transmitindo para um ou mais terminais), o MC-CDMA normalmente se reduz a multiplexação por divisão de código de portadora múltipla. Todos os sinais do usuário podem ser facilmente sincronizados e todos os sinais em uma subportadora experimentam as mesmas propriedades do canal de rádio. Nesse caso, uma implementação de sistema preferida é usar N bits de usuário (possivelmente, mas não necessariamente para destinos diferentes), para transformá-los usando uma [transformação de Walsh Hadamard](#) , seguida por um IFFT.

Variantes [[editar](#)]

Existem várias possibilidades alternativas de como essa propagação no domínio da frequência pode ocorrer, como usar um código PN longo e multiplicar cada símbolo de dados, d_i , em uma subportadora por um chip do código PN, c_i , ou por usando códigos PN curtos e distribuindo

cada símbolo de dados por um código PN individual — ou seja, d_i é multiplicado por cada c_i e o vetor resultante é colocado em N_{freq} subportadoras, onde N_{freq} é o comprimento do código PN.

Uma vez ocorrido o espalhamento no domínio da frequência e todas as subportadoras [OFDM tiverem valores alocados, a modulação OFDM](#) ocorre usando o [IFFT](#) para produzir um símbolo [OFDM](#); o intervalo de guarda [OFDM é então adicionado](#); e se a transmissão for na direção de downlink, cada um desses símbolos resultantes é somado antes da transmissão.

[Uma forma alternativa de CDMA](#) multiportadora, chamada MC-DS-CDMA ou MC/DS-CDMA, realiza o espalhamento no domínio do tempo, em vez do domínio da frequência no caso do MC-CDMA — para o caso especial em que há apenas uma operadora, isso reverte para o padrão [DS-CDMA](#).

Para o caso de MC-DS-CDMA onde [OFDM](#) é usado como esquema de modulação, os símbolos de dados nas subportadoras individuais são espalhados no tempo multiplicando os chips em um código PN pelo símbolo de dados na subportadora. Por exemplo, suponha que os chips de código PN consistem em $\{1, -1\}$ e o símbolo de dados na subportadora é $-j$. O símbolo sendo modulado nessa portadora, para os símbolos 0 e 1, será $-j$ para o símbolo 0 e $+j$ para o símbolo 1.

O espalhamento bidimensional nos domínios da frequência e do tempo também é possível, e um esquema que usa espalhamento 2-D é o [VSF-OFCDM](#) (que significa multiplexação por divisão de código de frequência ortogonal de fator de espalhamento variável), que a [NTT DoCoMo](#) está usando para sua Sistema protótipo [4G](#).

Como um exemplo de como o espalhamento 2D no [VSF-OFCDM](#) funciona, se você pegar o primeiro símbolo de dados, d_0 , e um fator de espalhamento no domínio do tempo, SF_{time} , de comprimento 4, e um fator de espalhamento no domínio da frequência, SF de 2, então o símbolo de dados, d_0 , será multiplicado pelos códigos PN de domínio de frequência de comprimento 2 e colocado nas subportadoras 0 e 1, e esses valores nas subportadoras 0 e 1 serão então multiplicados pelo comprimento 4 código PN no domínio do tempo e transmitido nos símbolos [OFDM](#) 0, 1, 2 e 3. ^[1]

A [NTT DoCoMo](#) já alcançou transmissões de 5 Gbit/s para receptores viajando a 10 km/h usando seu sistema de protótipo [4G em um canal de 100 MHz de largura](#). Este sistema de protótipo [4G](#) também usa uma configuração [MIMO](#) de antena 12×12 e [codificação turbo para codificação](#) de correção de erros. ^[2]

Resumo

1. [OFDMA](#) com espalhamento de frequência (MC-CDMA)
2. [OFDMA](#) com espalhamento de tempo ([MC-DS-CDMA](#) e [MT-CDMA](#))
3. [OFDMA](#) com espalhamento de tempo e frequência (acesso múltiplo por divisão de código de frequência ortogonal ([OFCDMA](#)))

Referências [[editar](#)]

1. <http://citeseer.ist.psu.edu/atarashi02broadband.html> Acesso sem fio de pacote de banda larga baseado em VSF-OFCDM e MC/DS-CDMA (2002) Atarashi et al.
2. ["DoCoMo atinge velocidade de dados de 5 Gbit/s"](#) . Imprensa [NTT DoCoMo](#) . 2007-02-09. Arquivado do [original](#) em 25/09/2008 . Recuperado 2009-07-10 .

CDMA multiportadora

[O Múltiplo Acesso Múltiplo por Divisão de Código](#) de Operadora (MC-CDMA) é um conceito relativamente novo. Seu desenvolvimento visa melhorar o desempenho em links [multipath](#). MC-CDMA é um método de modulação que usa [transmissão multiportadora](#) (mais precisamente [OFDM](#)) de sinais do tipo [DS-CDMA](#).

Este esquema foi proposto pela primeira vez no PIMRC '93 em Yokohama por Linnartz, Yee (U. da Califórnia em Berkeley) e Fettweis (Teknekron, Berkeley, atualmente na U. de Dresden, Alemanha). Independentemente, Fazal e Papke propuseram um sistema semelhante. Linnartz e Yee mostraram que os sinais MC-CDMA também podem ser detectados com estruturas receptoras bastante simples, usando uma FFT e um combinador de diversidade de ganho variável, no qual o ganho de cada ramificação é controlado apenas pela atenuação do canal naquela subportadora. No PIMRC '94 em Haia, foram apresentadas as funções de controle de ganho ideal. Os resultados mostraram que um sistema MC-CDMA totalmente carregado, ou seja, aquele em que o número de usuários é igual ao fator de propagação, pode operar em um canal altamente dispersivo no tempo com taxa de erro de bits satisfatória.



Desde 1993, o MC-CDMA rapidamente se tornou um tópico de pesquisa. No discurso principal da conferência ISSSTA de 1996, o Prof. Hamid Aghvami previu que o tópico mais quente em espectro de propagação, viz. cdma multiportadora, atrairia 80% da pesquisa até 1997. Por volta de 2000, vemos que o MC-CDMA atraiu uma atenção tremenda, com sessões inteiras de conferências dedicadas a isso. O Mc-CDMA é elogiado como uma solução de modulação que combina os insights devidos a Shannon (particularmente aqueles relacionados ao CDMA) com os insights devidos a Fourier (particularmente aqueles que explicam por que OFDM tem vantagens em um canal dispersivo).

O que é MC-CDMA ortogonal?

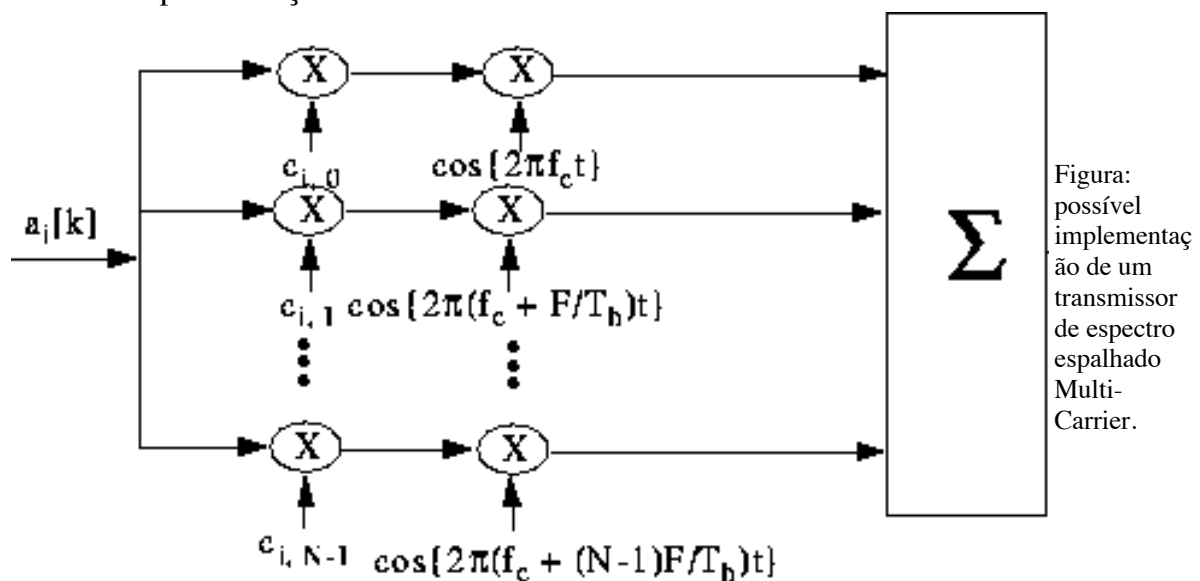
Existem muitas maneiras equivalentes de descrever o MC-CDMA:

1. MC-CDMA é uma forma de CDMA ou espectro espalhado, mas aplicamos o espalhamento no domínio da frequência (ao invés do domínio do tempo como no CDMA de Sequência Direta).
2. MC-CDMA é uma forma de CDMA de Sequência Direta, mas após o espalhamento, uma Transformada de Fourier (FFT) é realizada.
3. MC-CDMA é uma forma de multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), mas primeiro aplicamos uma operação de matriz ortogonal aos bits do usuário. Portanto, MC-CDMA às vezes também é chamado de "CDMA-OFDM".

4. MC-CDMA é uma forma de CDMA de Sequência Direta, mas nossa sequência de código é a Transformada de Fourier de uma sequência de [Walsh Hadamard](#) .
5. [MC-CDMA é uma forma de diversidade](#) de frequência . Cada bit é transmitido simultaneamente (em paralelo) em muitas subportadoras diferentes. Cada subportadora tem um deslocamento de fase (constante). O conjunto de compensações de frequência forma um código para distinguir diferentes usuários.

O método MC-CDMA descrito aqui NÃO é o mesmo que DS-CDMA usando várias operadoras. No último sistema, o fator de propagação por subportadora pode ser menor do que com o DS-CDMA convencional. Esse esquema às vezes é chamado de MC-DS-CDMA. Isso não usa as formas de onda especiais do tipo OFDM para garantir espaçamento denso de subportadoras ortogonais sobrepostas. O MC-DS-CDMA tem vantagens sobre o DS-CDMA, pois é mais fácil de sincronizar com esse tipo de sinal.

Possível Implementação do Transmissor



Cada bit é transmitido por N subportadoras diferentes. Cada subportadora tem seu próprio deslocamento de fase, determinado pelo [código de espalhamento](#) .

Os sistemas de Acesso Múltiplo por Divisão de Código MC permitem a transmissão simultânea de vários desses sinais de usuário no mesmo conjunto de subportadoras. No multiplexador de downlink, isso pode ser implementado usando uma FFT inversa e uma matriz de código.

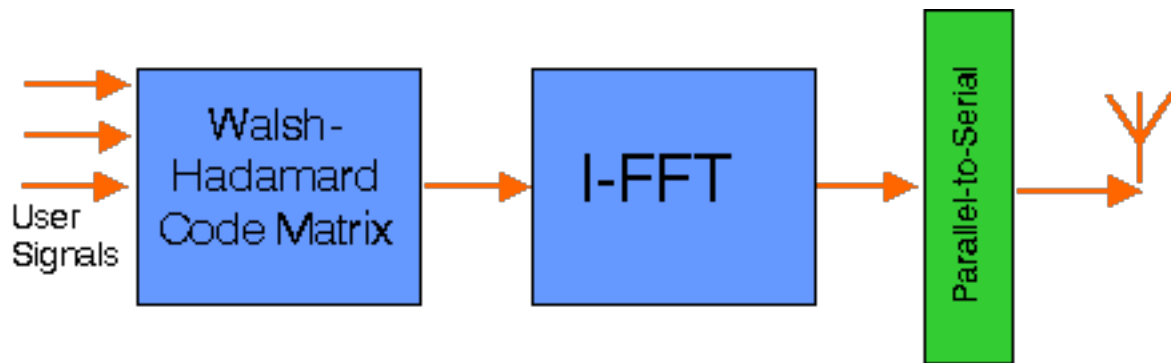


Figura: Implementação FFT de um multiplexador e transmissor de estação base MC-CDMA.

MC-CDMA como um caso especial de DS-CDMA

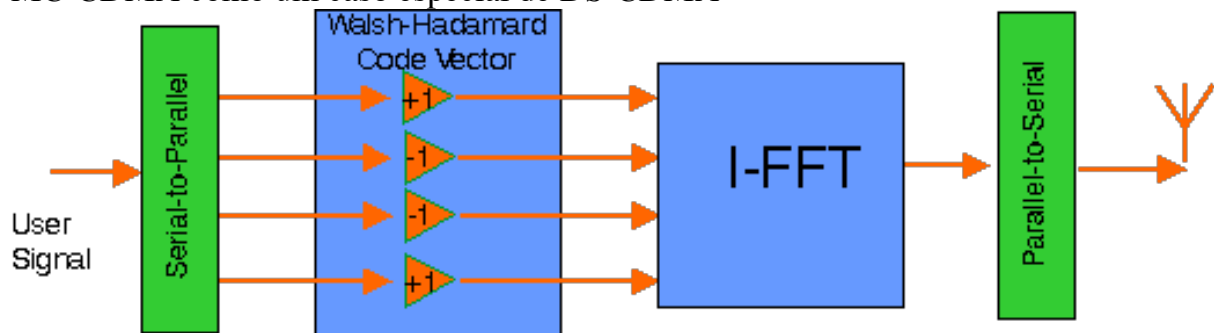


Figura: possível implementação de um transmissor de espectro espalhado Multi-Carrier. Cada bit é transmitido por N subportadoras diferentes. Cada subportadora tem seu próprio deslocamento de fase, determinado pelo código de espalhamento.

O transmissor acima também pode ser implementado como um transmissor CDMA de sequência direta, ou seja, aquele em que o sinal do usuário é multiplicado por uma sequência de código rápido. No entanto, a nova sequência de código é a Transformada Discreta de Fourier de um binário, digamos, sequência de código de [Walsh Hadamard](#), portanto, possui valores complexos.

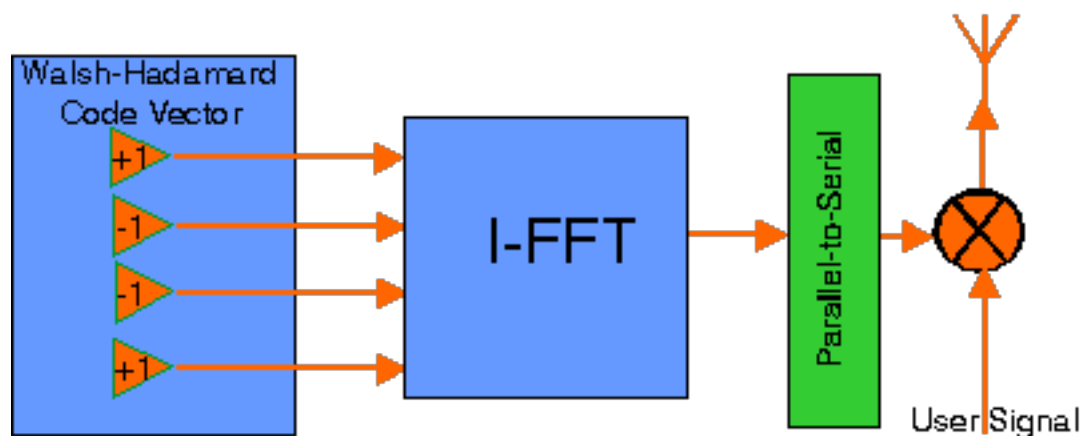


Figura: Implementação alternativa de um transmissor multiportadora de espectro espalhado, usando o princípio de sequência direta.

Projeto do receptor

Por causa

da [propagação](#)

do atraso e

da [dispersão da](#)

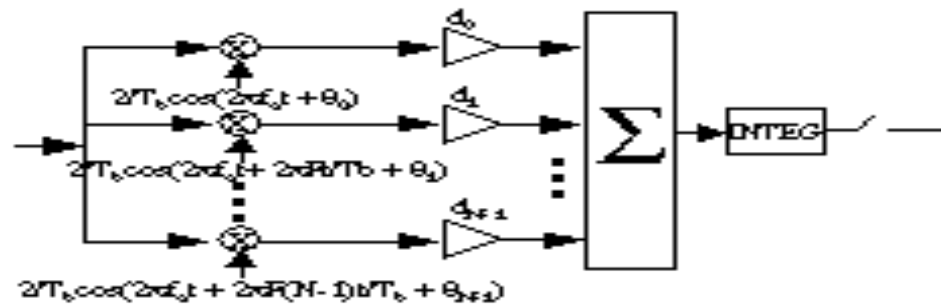


Fig. 2 Receiver Model

[frequência](#) devido ao desvanecimento do multipercurso, as subportadoras são recebidas com diferentes amplitudes. Um aspecto importante do projeto do receptor é como tratar as subportadoras individuais, dependendo de sua amplitude $\rho \alpha_i$. As opções são

- Combinação linear, ponderando a i -ésima subportadora por um fator d_i de acordo com
 - Combinação de Razão Máxima: $d_i = \rho \alpha_i$. Isso combate o ruído de maneira ideal, mas não explora a anulação de interferência. (Veja também [diversidade MRC](#))
 - Ganho igual: $d_i = 1$. A solução mais simples. (Veja também [diversidade EGC](#))
 - Equalização: $d_i = 1/\rho \alpha_i$. Isso restaura perfeitamente a ortogonalidade e anula a interferência, mas aumenta excessivamente o ruído.
 - [Filtragem de Wiener](#): $d_i = \rho \alpha_i / (\rho \alpha_i^2 + c)$. Isso fornece a melhor relação sinal/ruído mais interferência pós-combiner.
- Detecção de probabilidade máxima

Doppler

Veja também nossa página sobre [MC-CDMA com Doppler](#), ou seja, com variações rápidas de tempo do canal.

Quais são as vantagens do MC-CDMA?

- Comparado ao CDMA [de Sequência Direta](#) (DS). DS-SS é um método para compartilhar espectro entre vários usuários simultâneos. Além disso, pode explorar a [diversidade](#) de frequência, usando um receptor [RAKE](#). No entanto, em um canal multipercurso [dispersivo](#), o DS-SS com um fator de propagação N pode acomodar N usuários simultâneos apenas se forem usadas técnicas de cancelamento de interferência altamente complexas. Na prática, isso é difícil de implementar. O MC-SS pode lidar com N usuários simultâneos com bom [BER](#), usando técnicas de receptor padrão.

- Comparado com [OFDM](#) .

Para evitar erros de bit excessivos em subportadoras que estão em um fade profundo, OFDM normalmente aplica codificação. Portanto, o número de subportadoras necessárias é maior que o número de bits ou símbolos transmitidos simultaneamente. O MC-CDMA substitui esse codificador por uma operação de matriz $N \times N$. Nossos resultados iniciais revelam um [BER](#) melhorado .