

## 2 Tecnologia LTE

### 2.1. Arquitetura da Rede

Existe há alguns anos uma tendência para que as redes migrem os serviços que utilizam *circuit switch* (CS) para uma rede baseada totalmente em IP, *packet switch* (PS). Na prática, isto já pode ser observado nas redes fixas, onde algumas operadoras já migraram seus serviços de telefonia para *packet switch*, oferecendo ambos os acessos de internet e telefonia via DSL ou *cable modem*. Nas redes wireless esta tendência ainda não foi iniciada. Isto se deve ao fato da arquitetura das redes existentes (2G, 3G e outras) ainda ser otimizada para CS, tanto no acesso quanto no core. Além disto, a implementação de VoIP nas redes sem fio atuais aumentaria significativamente a quantidade de dados transferidos na interface ar, fazendo com que a capacidade para as chamadas de voz via CS fosse reduzida.

Por outro lado, a busca incessante pelo aumento das bandas de transmissão fez com que o 3GPP decidisse que a próxima geração de telefonia móvel seria baseada somente em PS. Como resultados, inicialmente surgiram duas pesquisas separadas, o programa LTE (*Long Term Evolution*), focado no design de uma nova arquitetura para a rede de acesso e interface ar, e o programa SAE (*Service Architecture Evolution*). Mais tarde, estes dois programas foram combinados em uma frente única de trabalho, o EPS (*Evolved Packet System*) [3].

#### 2.1.1. Enhanced Base Stations

No LTE temos uma nova arquitetura, totalmente diferente do que vinha sendo utilizado nas tecnologias anteriores, e um exemplo disto é a estação rádio base, denominada de eNodeB (*Enhanced NodeB*), que no LTE passa a realizar tarefas de processamento antes realizadas na RNC (*Radio Network Controller*).

As *Enhanced NodeB* do LTE são denominadas desta forma (*eNodeB* ou *eNB*), para se diferenciar da nomenclatura utilizada no UMTS (*NodeB*).

A figura 2.1 mostra os principais componentes de uma rede LTE (Core e Acesso). No LTE a rede é menos complexa do que no UMTS. Por exemplo, não existe no LTE a topologia da RNC (*Radio Network Controller*) existente no UMTS, onde parte de suas funcionalidades foram transferidas para a *eNodeB* e parte para o Core Network Gateway. No LTE também não teremos a central controlando os elementos na rede de acesso. A *eNodeB* irá realizar o controle de tráfego na interface área assegurando QoS (*Quality of Service*) para os serviços oferecidos [3].

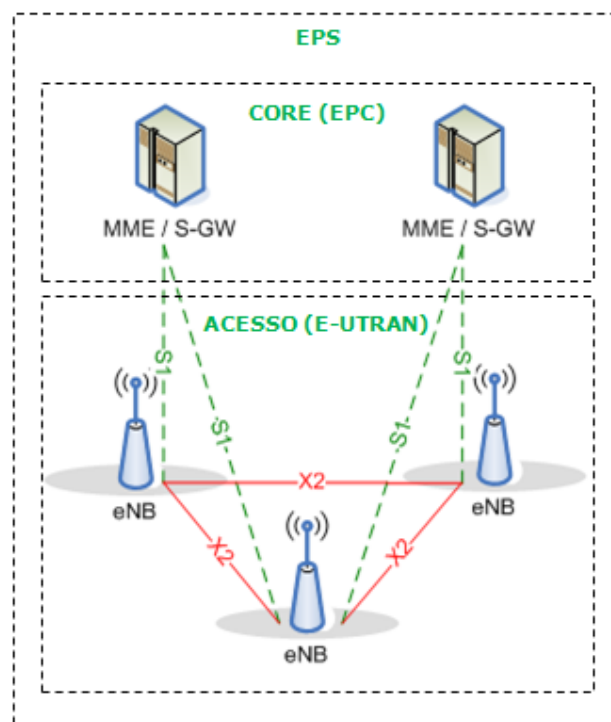


Figura 2.1 – Arquitetura Básica.

A eNB também será responsável pelas decisões de handover dos móveis, através da comunicação entre os elementos, fazendo uso da interface X2. No entanto é possível que na falta da comunicação através de X2 (interface opcional), a comunicação entre as base stations será realizada através de outra via no Access Gateway. Neste caso os dados do usuário não serão transmitidos durante o handover, podendo ocasionar perda de pacotes. No LTE temos somente o hard handover, ou seja, apenas uma única célula irá se comunicar com o móvel em um mesmo momento. A *eNodeB* é conectada com o gateway

através da interface S1 (baseada em IP). No LTE a eNodeB é preparada para trabalhar com portas Ethernet de 100 Mbps e 1 Gbps.

### 2.1.2. Core Network e Gateway

O Gateway entre a rede de acesso e o core é dividido em duas entidades: *Serving Gateway (Serving-GW)* e *Mobility Management Entity (MME)*. Juntos eles são responsáveis por tarefas semelhantes às controladas pelo SGSN (*Serving GPRS Support Node*) do UMTS. Na prática, estas duas entidades lógicas podem ser implementadas no mesmo hardware físico, ou separadas em níveis diferentes. Quando separadas, a interface S11 será a responsável pela comunicação entre estas entidades.

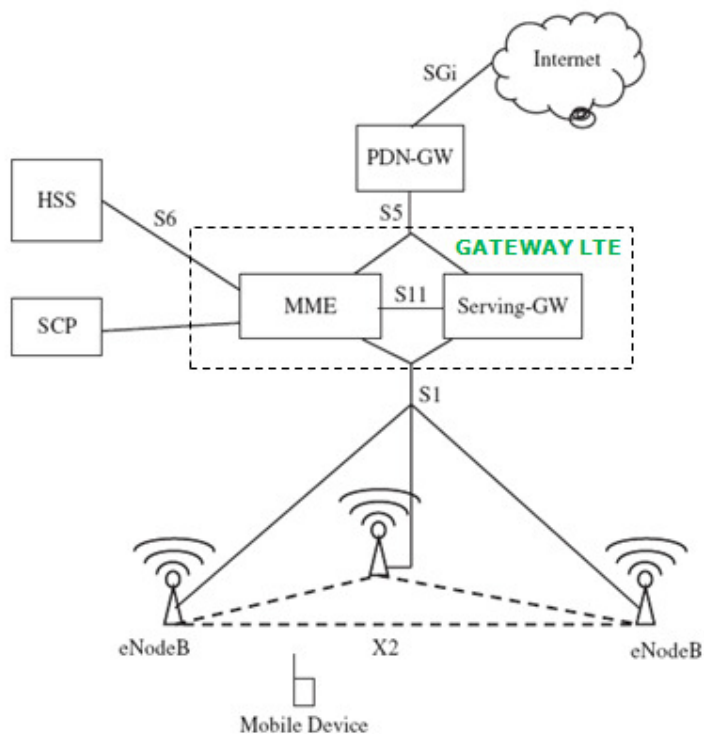


Figura 2.2 – Gateway LTE.

O MME é responsável pela mobilidade do usuário e pela sinalização, incluindo autenticação, estabelecimento de conexões, suporte ao handover entre diferentes eNodeBs e entre diferentes tecnologias (ex. GSM, UMTS). É responsável também pelo móvel em *idle mode* (quando ainda não temos o

estabelecimento de conexões com alguma portadora). O MME também é responsável pela seleção do PDN-GW quando o móvel requer estabelecimento com endereços IP da rede.

O Serving Gateway é responsável pelo encaminhamento de pacotes IP entre o móvel e a internet.

Do ponto de vista de capacidade, a capacidade da MME depende da carga de sinalização da rede (S1-C – *Control Plane*), e a capacidade de uma Serving Gateway (S1-U – *User Plane*) depende da carga de tráfego dos usuários. A separação destas entidades neste ponto de vista é interessante, agregando facilidades para o dimensionamento.

No LTE o router é chamado *Packet Data Network (PDN-Gateway, PDN-GW)*, sendo responsável em desempenhar as mesmas tarefas que o GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) do UMTS. A quantidade de PDNs depende do número de usuários, da capacidade de hardware e da quantidade de dados trafegados pelos usuários.

Assim como o HLR (*Home Location Register*) para o UMTS, no LTE existe o HSS (*Home Subscriber Server*). Essencialmente o HSS é considerado um Enhanced HLR. O HSS é a combinação dos dados dos usuários, sendo utilizado simultaneamente pelo GSM, UMTS e LTE. A comunicação entre o HSS e a MME é realizada pela interface S6, como descrito na figura 2.2.

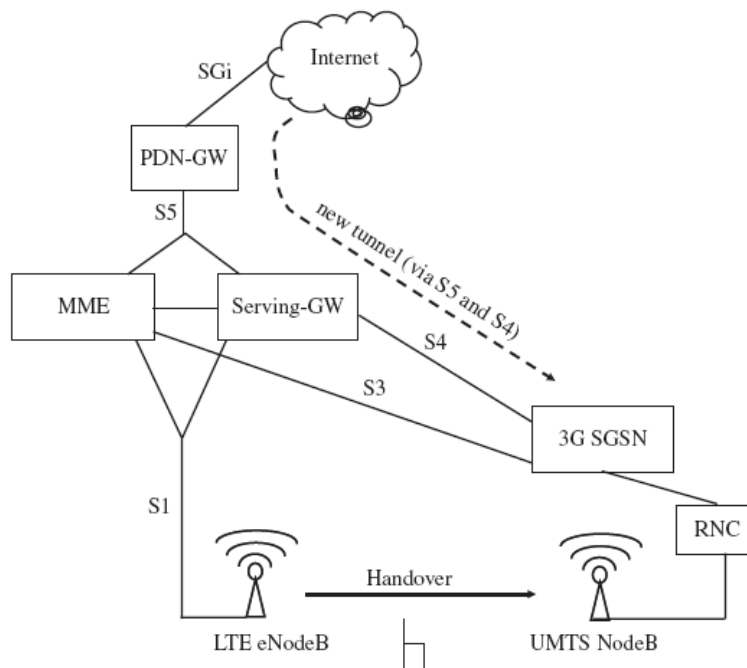


Figura 2.3 – Handover entre LTE e UMTS.



## 2.2. Faixas de Freqüências

As faixas de freqüências consideradas para o padrão LTE estão divididas em dois grupos, de acordo com os modos de operação: FDD (*Frequency Division Duplex*) e TDD (*Time Division Duplex*).

Na tabela 2.1 [4], podem ser verificadas as freqüências de operação definidas pela 3GPP em Maio de 2009.

| FDD   |                           | TDD    |                           |
|-------|---------------------------|--------|---------------------------|
| Banda | Freqüências UL/DL (MHz)   | Banda  | Freqüências UL/DL (MHz)   |
| 1     | 1920 - 1980 / 2110 - 2170 | 33, 34 | 1900 - 1920 / 2010 - 2025 |
| 2     | 1850 - 1910 / 1930 - 1990 | 35, 36 | 1850 - 1910 / 1930 - 1990 |
| 3     | 1710 - 1785 / 1805 - 1880 | 37     | 1910 - 1930               |
| 4     | 1710 - 1755 / 2110 - 2155 | 38     | 2570 - 2620               |
| 5     | 824 - 849 / 869 - 894     | 39     | 1880 - 1920               |
| 6     | 830 - 840 / 875 - 885     | 40     | 2300 - 2400               |
| 7     | 2500 - 2570 / 2620 - 2690 |        |                           |
| 8     | 880 - 915 / 925 - 960     |        |                           |
| 9     | 1750 - 1785 / 1845 - 1880 |        |                           |
| 10    | 1710 - 1770 / 2110 - 2170 |        |                           |
| 11    | 1428 - 1453 / 1476 - 1501 |        |                           |
| 12    | 698 - 716 / 728 - 746     |        |                           |
| 13    | 746 - 758 / 776 - 788     |        |                           |
| 14    | 758 - 768 / 788 - 798     |        |                           |
| 17    | 704 - 716 / 734 - 746     |        |                           |

Tabela 2.1 – Freqüências definidas pelo 3GPP para o LTE.

Nos sistemas FDD, o tráfego de DL e UL são transmitidos simultaneamente em freqüências separadas. Com o TDD, as transmissões de DL e UL são descontinuadas na mesma freqüência. Como exemplo, se o tempo para DL e UL for dividido em 1/1, o *uplink* utiliza metade do tempo e a média da potência para cada link é a metade da potência de pico. Como a potência de pico é limitada por regulamentações, o resultado é que para a mesma potência de pico, o modo TDD oferece uma menor cobertura que o modo FDD. As operadoras quando fazem uso do modo TDD, habitualmente configuram o sistema DL/UL em 3/1. Para se obter uma cobertura parecida quando

comparado à sistemas FDD, se faz necessário a instalação de 120% de ERBs a mais no modo TDD [4].

Acredita-se que para o Brasil as Bandas 1, 7 e 13 sejam as utilizadas na implantação das redes, a começar pela Banda 7.

Em nosso estudo iremos considerar esta Banda de 2600 MHz.

No LTE existe a possibilidade de escalonamento da banda, variando-se desde 1.4 MHz até 20 MHz, como pode ser observado na figura 2.5.



Figura 2.5 – Possibilidades de configurações de largura de banda.

### 2.3. MIMO

MIMO (*Multiple-input multiple-output*) significa o uso de múltiplas antenas empregadas na transmissão e na recepção dos sistemas de comunicações sem fio. Esta tecnologia é capaz de oferecer ganhos significativos nas taxas de dados, sem a necessidade de se utilizar mais banda ou potência adicional para a transmissão dos sinais.

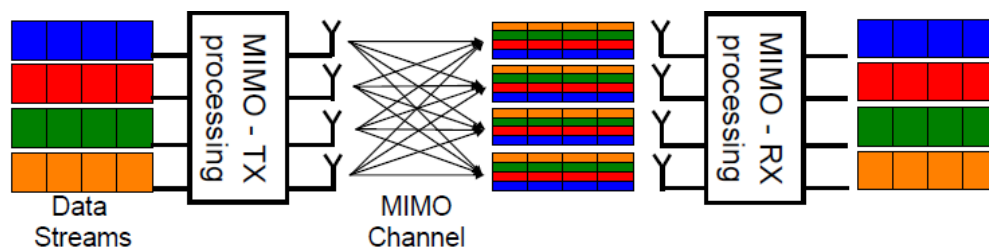


Figura 2.6 – Configuração MIMO [5].

A comunicação sem fio com a utilização desta tecnologia tira proveito da propagação de multipercurso para aumentar a taxa de transmissão e o alcance, ou reduzir as taxas de erro por bit (eficiência espectral), através do envio e recebimento de mais de um sinal no mesmo canal ao mesmo tempo, ao invés de tentar eliminar os efeitos da propagação de multipercurso. A figura 2.6 ilustra a transmissão e recepção dos dados com MIMO.

## 2.4. Arquitetura de Protocolos

A 3GPP teve como premissas iniciais no desenvolvimento dos protocolos da interface rádio da rede *Evolved* UTRAN os seguintes pontos:

- Simplificar a arquitetura de protocolos;
- Inexistência de canais dedicados com objetivo de se obter uma camada MAC (*Media Access Control*) simplificada;
- Evitar a existência de funções similares entre os elementos de Acesso e os elementos de Core;

O projeto do LTE é completamente baseado em canais compartilhados e de broadcast, não havendo mais nenhum canal dedicado para trafegar dados a usuários específicos. Esta escolha aumenta a eficiência da interface aérea, fazendo com que a rede seja capaz de controlar a utilização dos recursos da interface ar, de acordo com a demanda de cada usuário em tempo real, não existindo mais a necessidade de alocação de recursos fixos para cada usuário, independente dos requerimentos necessários [6]. A figura 2.7 ilustra o mapeamento dos canais lógicos, de transporte e físicos no LTE.

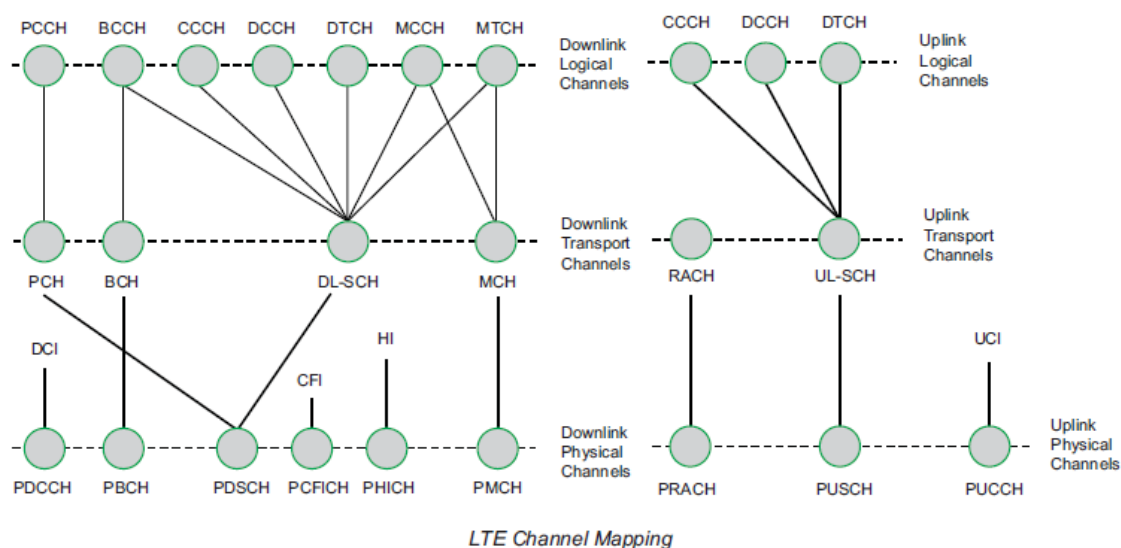


Figura 2.7 – Estrutura dos canais lógicos, de transporte e físicos no LTE.

Os canais lógicos no sistema provêm os serviços e funções requisitados pelas altas camadas (NAS - *Non Access Stratum*) para a entrega de aplicações e serviços. Os canais lógicos por sua vez, são mapeados pelos canais de transporte na camada 2, através de elementos RRC (*Radio Resource Control*). Estes canais são responsáveis pelo controle e gerenciamento do fluxo de dados, tais como retransmissões, controle de erros e priorização. O tráfego gerado pelos usuários é gerenciado na camada 2 pelo protocolo PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*). A interface ar e as conexões da camada física são controladas e gerenciadas pela camada 1, através do RLC (*Radio Link Control*) e MAC (*Media Access Control*) [6].

Os canais da interface rádio no LTE podem ser separados em dois tipos, canais físicos e sinais físicos. Os canais físicos correspondem a um conjunto de elementos que carregam informações originadas pelas altas camadas (NAS). Os sinais físicos correspondem a um conjunto de elementos utilizados unicamente pela camada física, que não carregam informações originadas pelas altas camadas.

#### 2.4.1. Canais e Sinais Físicos

Canais Físicos de Downlink:

- *Physical Downlink Control Channel (PDCCH)* - Carrega as principais informações de alocação de recursos;
- *Physical Broadcast Channel (PBCH)* - Carrega informações de acesso dos usuários que solicitam acesso a rede;
- *Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)* - Carrega informações do DL-SCH;
- *Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH)* - Informa ao usuário o número de símbolos OFDM utilizados no PDCCHs;
- *Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH)* - Respostas de ACK/NAKs (Acknowledge/Negative Acknowledge) das transmissões de *uplink*;
- *Physical Multicast Channel (PMCH)* - Carrega informações de Multicast;

Sinais Físicos de Downlink:

- Sinal de Referência;
- Sinal de Sincronização;

Canais Físicos de Uplink:

- *Physical Random Access Channel (PRACH)* - Canal de *uplink* utilizado para funções de acesso randômico;
- *Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)* - Carrega as informações do UL-SCH;
- *Physical Uplink Control Channel (PUCCH)* - Respostas de ACK/NAKs das transmissões de *downlink*;

Sinais Físicos de Uplink:

- Sinal de Referência de Demodulação – Associado às transmissões de PUSCH ou PUCCH;

#### 2.4.2. Canais de Transporte

Com o objetivo de se reduzir a complexidade da arquitetura de protocolos do LTE, o número de canais de transporte foi reduzido. Isto se tornou possível através da utilização de canais compartilhados, e não mais dedicados [7].

Os canais de transporte no Downlink são:

- *Paging Channel (PCH)* - Utilizado para transmitir PCCH;
- *Broadcast Channel (BCH)* - Canal de transporte mapeado pelo BCCH;
- *Downlink Shared Channel (DL-SCH)* - Principal canal para transferência de dados de *downlink* - Responsável pela alocação dinâmica dos recursos, através de verificações da modulação, codificação e potência de transmissão;

- *Multicast Channel (MCH)* - Utilizado na transmissão das informações do MCCH;

Os canais de transporte no Uplink são:

- *Random Access Channel (RACH)* - Utilizado para requerimentos do acesso randômico;
- *Uplink Shared Channel (UL-SCH)* - Principal canal para transferência de dados no *uplink* - Responsável pela alocação dinâmica dos recursos, através de verificações da modulação, codificação e potência de transmissão;

### 2.4.3. Canais Lógicos

Os canais lógicos podem ser classificados em canais lógicos de controle e canais lógicos de tráfego.

São canais lógicos de controle:

- *Paging Control Channel (PCCH)* - Utilizado para informações de paging;
- *Broadcast Control Channel (BCCH)* - Fornece informações sistêmicas para todos os terminais conectados na eNodeB;
- *Common Control Channel (CCCH)* - Utilizado para informações de acesso randômico;
- *Dedicated Control Channel (DCCH)* - Carrega informações específicas de controle para cada usuário (controle de potência, handover, etc);
- *Multicast Control Channel (MCCH)* - Transmissão de informações necessárias para a repetição de multicast;

Os canais lógicos de tráfego são:

- *Dedicated Traffic Channel (DTCH)* - Canal Ponto a Ponto (*uplink* e *downlink*) - Utilizado para transmitir dados aos usuários;

- **Multicast Traffic Channel (MTCH)** - Utilizado para transmissão de dados multicast;

## 2.5. Downlink LTE

### 2.5.1. OFDM

O OFDM, Multiplexação Ortogonal por Divisão de Freqüência (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), é uma técnica complexa baseada na idéia da multiplexação pela divisão da freqüência (FDM).

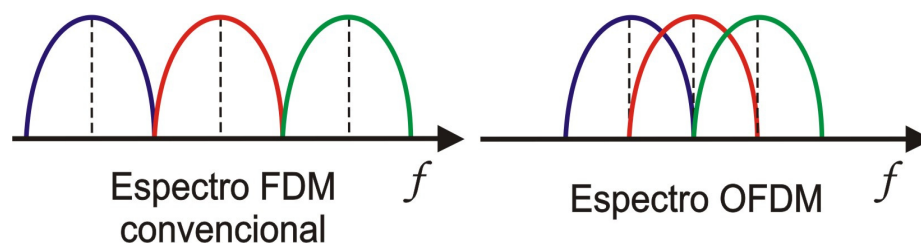


Figura 2.8 – Disposição das portadoras na Modulação FDM e OFDM.

Na técnica de OFDM, ao invés de utilizar bandas de guarda entre as portadoras para poder separá-las, emprega-se uma sobreposição das mesmas, como demonstrado na figura 2.8, resultando em um ganho espectral de até 50% em relação à técnica FDM.

O OFDM é uma técnica que distribui a informação de dados sobre um grande número de freqüências, denominadas de subportadoras, que são espaçadas em freqüências precisas. Este espaçamento provê a ortogonalidade no sentido matemático, o que previne que na demodulação não ocorra interferência entre as portadoras. Os benefícios de OFDM são alta eficiência espectral, robustez contra interferência de radiofreqüência (RF) e baixa distorção por propagação multi-percurso.

No OFDM emprega-se a técnica IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) na modulação e FFT (*Fast Fourier Transform*) na demodulação, utilizando-se 256 portadoras, onde cada canal de freqüência pode ser modulado com uma

modulação simples QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) ou PSK (*Phase Shift - Keying*).

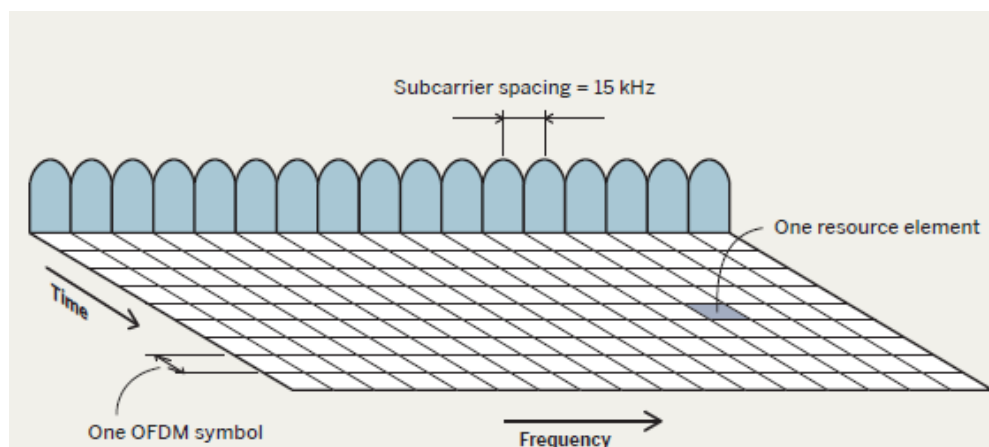


Figura 2.9 – Configuração de acesso no OFDM [8].

Visando-se o compartilhamento dos recursos do espectro por múltiplos usuários, foi criada a técnica OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), que é um refinamento da OFDM. No OFDMA os sub-canais são alocadas no domínio da frequência e os símbolos OFDM são alocados no domínio do tempo, conforme ilustrado na figura 2.9.

### 2.5.2. OFDMA

Foi decidido que no LTE o esquema de transmissão de dados na interface aérea seria um novo esquema, completamente diferente do WCDMA do UMTS. Em vez de se usar uma única portadora como é feito no 3G, no LTE, a utilização de um esquema de transmissão denominado OFDMA, permite que sejam transmitidos dados utilizando múltiplas portadoras estreitas simultaneamente, como 512, 1024 ou mais, dependendo da banda utilizada, por exemplo: 5, 10, 20 MHz [3]. Na figura 2.10 podemos observar a transmissão OFDMA, empregando-se a IFFT na transmissão e a FFT na recepção.

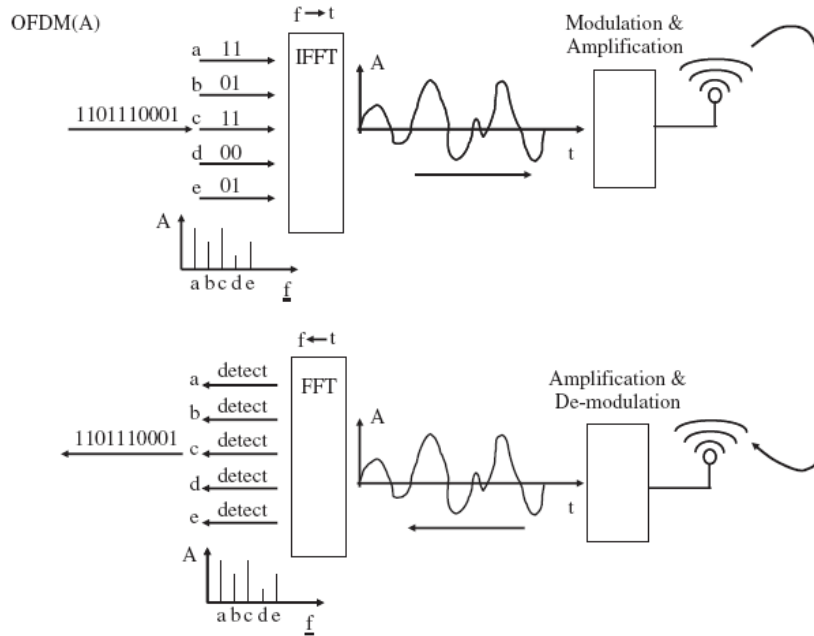


Figura 2.10 – Transmissão OFDMA [3].

O OFDMA tem sua camada física baseada no OFDM, tecnologia empregada no *downlink* do LTE. De forma semelhante ao OFDM, o OFDMA emprega múltiplas subportadoras sobrepostas no domínio da frequência, fato que pode ser observado na figura 2.11.

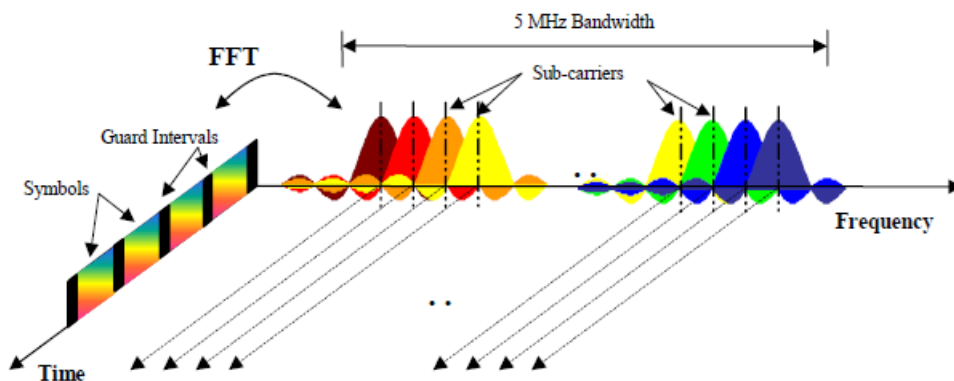


Figura 2.11 – OFDMA no domínio do tempo e da frequência [7].

A principal diferença está na subdivisão das subportadoras em grupos, onde cada grupo, formado por 12 subportadoras com espaçamento regular de 15 kHz cada, formam um “**resource block**”. O número de *resource blocks* está associado à banda disponível, conforme apresentado na tabela 2.2. A duração

de um símbolo OFDM é de 66,667  $\mu$ s e o prefixo cíclico padrão é de 4,7  $\mu$ s, logo, o tempo total de transmissão de um símbolo OFDM é de 71,367  $\mu$ s.

O prefixo cíclico é transmitido antes de cada símbolo OFDM como medida de prevenção ao multi-percurso. Para aplicações onde existe grande degradação por multi-percurso, um prefixo cíclico de 16,67  $\mu$ s pode ser utilizado, no entanto este maior prefixo cíclico faz com que seja reduzido o *throughput*, mantendo-se a mesma duração do símbolo [3].

| <b>Canal (MHz)</b>     | <b>1.4</b> | <b>3</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>15</b> | <b>20</b> |
|------------------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Resource Blocks</i> | 6          | 15       | 25       | 50        | 75        | 100       |
| <i>Subportadoras</i>   | 72         | 180      | 300      | 600       | 900       | 1200      |

Tabela 2.2 – Resource Blocks e Subportadoras [7].

Como os dados são alocados em *resource blocks*, um usuário pode ser alocado em um *resource block* inteiro no domínio da frequência. No domínio do tempo, a alocação deve ser analisada e pode ser modificada na transmissão em intervalos de 1 ms (esta decisão é tomada na eNodeB). O conjunto de múltiplas subportadoras são independentes quanto à modulação, e no LTE elas podem ser moduladas em QPSK, 16 QAM ou 64 QAM.

O menor arranjo de dados agregados é referido ao resource block, que contém 12 subportadoras e 7 símbolos para cada subportadora (no caso de se utilizar o prefixo cíclico curto). Este grupo de 12 subportadoras (resource block) tem uma banda de 180 kHz e 0.5 ms de duração no domínio do tempo (1 *slot*). Dois *slots* são agrupados em um *subframe*, referente a um TTI (*Transmit Time Interval*) [3].

Dez subframes são agrupados juntos para formar um frame de rádio único, com duração de 10 ms (figura 2.12). A menor quantidade de *resource elements* (símbolos) que pode ser alocada para um único usuário em um determinado instante de tempo são dois resource blocks, o que significa um sub-frame (ou um TTI).

Para aumentar as taxas de dados para os dispositivos móveis, a alocação dos recursos da rede pode concatenar vários *resource blocks* no domínio do tempo e da frequência.

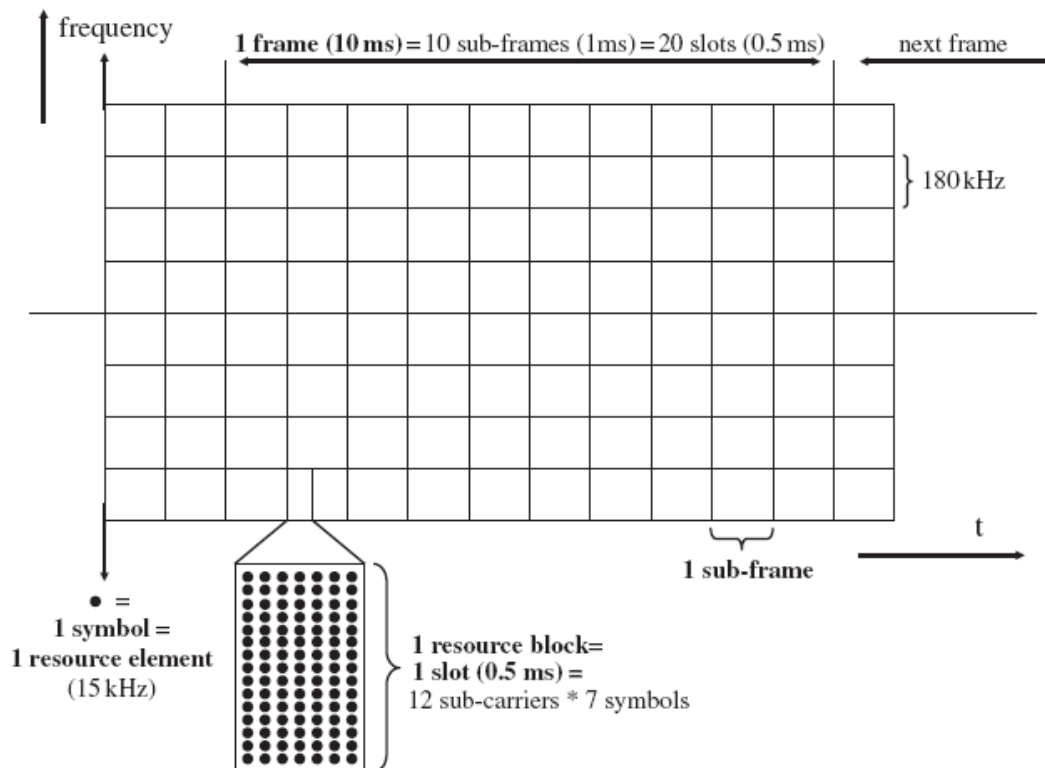


Figura 2.12 – Acesso no LTE [3].

É importante deixar claro que nem todos os *resource elements* de um *resource block* são alocados para a transmissão de dados, podendo ser utilizados também para outros fins, como por exemplo, referência do canal piloto e medidas de qualidade dos canais de *downlink* [3].

### 2.5.3. Resource Blocks

O termo *Resource Block* é utilizado para descrever o mapeamento dos canais físicos que descrevem os *Resource Elements*.

Fisicamente podemos definir um *resource block* como um conjunto de símbolos OFDM consecutivos no domínio do tempo em consecutivas subportadoras no domínio da frequência.

No domínio da frequência, as subportadoras são agregadas em *slots* de 180 kHz cada, e dependendo do prefixo cíclico adotado (normal ou estendido), o número de subportadoras e símbolos OFDM trafegados em 180 kHz podem variar de acordo com o exposto na tabela 2.3.

| <b>Prefixo<br/>Cíclico</b> | <b>Subportadoras<br/>(kHz)</b> | <b>Nº<br/>Subportadoras</b> | <b>Símbolos<br/>OFDM</b> |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Normal</i>              | 15                             | 12                          | 7                        |
| <i>Estendido</i>           | 15                             | 12                          | 6                        |
| <i>Estendido</i>           | 7,5                            | 24                          | 3                        |

Tabela 2.3 – Parâmetros físicos dos Resource Blocks [7].

## 2.6. Uplink LTE

### 2.6.1. SC-FDMA

O SC-FDMA (*Single Carrier FDMA*) é utilizado no *uplink* no LTE e da mesma forma que ocorre no OFDM, intervalos de guarda com prefixos cíclicos são introduzidos entre os blocos de símbolos a serem transmitidos.

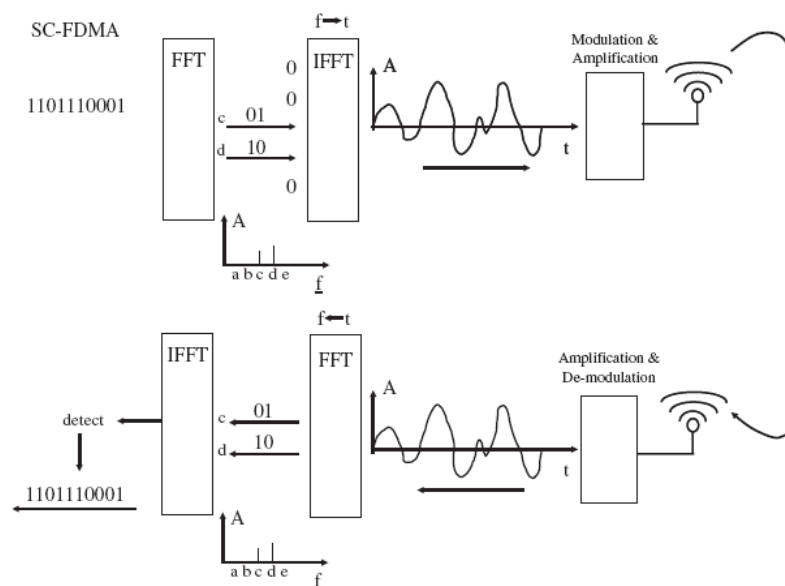


Figura 2.13 – Transmissão SC-FDMA [3].

A principal vantagem do SC-FDMA, em comparação com OFDM e OFDMA, é que os sinais apresentam um baixo PAPR (*Peak-to-average Power Ratio*) diminuindo a necessidade de transmissores complexos.

Podemos classificar o SC-FDMA como um sistema híbrido que, combina o baixo PAPR do SC utilizado no GSM com o bom desempenho relacionado ao multi-percurso do OFDM.

Apesar do nome, o SC-FDMA também transmite dados na interface aérea utilizando-se múltiplas subportadoras, assim como o OFDMA.

Como exemplo, podemos observar a figura 2.14, onde no OFDMA os quatro símbolos QPSK são transmitidos paralelamente, sendo um em cada subportadora, e no SC-FDMA os quatro símbolos são transmitidos em série em quatro tempos distintos.

No OFDMA, cada subportadora carrega somente informações de um símbolo específico. NO SC-FDMA, cada subportadora contém informações de todos os símbolos transmitidos.

No *uplink*, os dados são transmitidos também em 12 subportadoras, como no *downlink*, com o mesmo TTI de 1 ms.

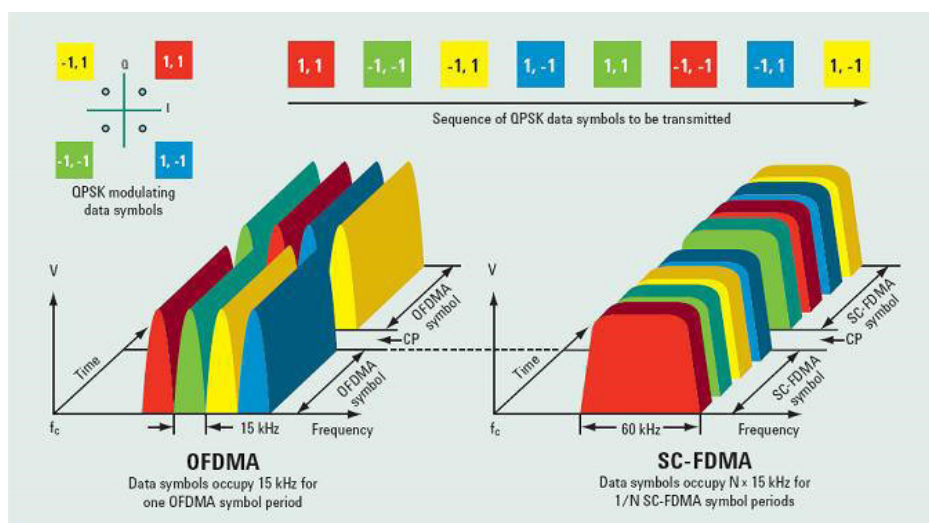


Figura 2.14 – Transmissão utilizando OFDMA x SC-FDMA.

As principais diferenças entre OFDMA e SC-FDMA podem ser resumidas da seguinte forma:

No OFDMA são tomados grupos de *input de bits* (0's e 1's) para montar as subportadoras que são processadas com IFFT para se ter um sinal no tempo. No SC-FDMA primeiro se tem uma FFT sobre grupos de *input* para espalhar sobre todas subportadoras, e em seguida usar o resultado no IFFT que cria o sinal no

tempo. Este é o motivo que por vezes o SC-FDMA é referido como FFT espalhado OFDM.

## **2.7. LTE Advanced**

Em meio às discussões sobre as futuras tecnologias em termos de mobilidade, um aspecto comum nas discussões diz respeito à necessidade de ampliar a capacidade das redes móveis e de fornecer maiores taxas para os usuários, o que de fato mostra a necessidade de novos projetos de rede. O padrão LTE-Advanced vem sendo desenvolvido pela 3GPP a fim de ir ao encontro desse cenário.

### **2.7.1. Requisitos**

Com a finalidade de ser uma evolução das redes LTE, o projeto LTE-Advanced apresenta algumas condições que são adotadas em seu estudo em desenvolvimento. Alguns dos acordos já firmados entre fornecedores e 3GPP confirmam como pré-requisitos os itens abaixo:

- Taxa de pico – *Downlink*: 1 Gbps, *Uplink*: 500 Mbps;
- Capacidade de pico – *Downlink*: 30 bps/Hz, *Uplink*: 15 bps/Hz;
- Largura de banda maior que 70 MHz para *downlink* e 40 MHz para *uplink*;
- Taxa de transferência média para o usuário três vezes maior do que no LTE;
- Capacidade três vezes maior do que no LTE, refletida como a eficiência espectral;
- Flexibilidade do espectro: suporte à agregação espectral e largura de banda escalável;
- Mobilidade igual à do padrão LTE;
- Compatibilidade com redes anteriores.

Assim como no LTE, a implementação do LTE-Advanced deverá ser totalmente baseada no protocolo IP.

### 2.7.2. Tecnologia

Algumas propostas técnicas por parte do 3GPP encontram-se em estudo, podendo ser divididas em certas categorias, como as seguintes:

- Soluções de antenas para técnicas MIMO;
- Correção automática de erro (*Forward Error Correction* - FEC);
- Largura de banda escalável excedendo 20 MHz, até mesmo 100 MHz (uso flexível do espectro);
- Configuração e operação automática da rede.

A fim de atingir taxas de pico de 1 Gbps, uma largura de banda de até 100 MHz é analisada como o meio para tal objetivo. Como só se tem conseguido suportar larguras de banda de 20 MHz, uma solução para esse obstáculo seria a adoção de múltiplos terminais.