

UMA ABORDAGEM SOBRE A TECNOLOGIA 4G LTE E SUA APLICAÇÃO NO BRASIL

GODINHO, Hélio Ferreira¹
LINOS, Cleisson Geraldo dos Santos²
OLIVA FILHO, Oliver de Oliveira³
XAVIER, Cenildo de Souza⁴

Resumo

Esse artigo propõe discutir a importância do estudo da tecnologia 4G LTE e demonstrar sua implantação no mercado de telefonia móvel brasileira. Esse trabalho tratará sobre a telefonia móvel em geral, abordando os componentes necessários para a comunicação (Estações de Rádio Base, Centrais de Controle Celular, etc.), as técnicas e teorias (Modulação, Multiplexação, Interferência, etc.) empregadas em diversas gerações (1G a 4G LTE – no caso deste artigo) de tecnologia que atendem os celulares, e estatísticas de conexões de tráfego de alta velocidade de dados móveis.

Palavras-chave: Telefonia móvel, transmissão, modulação, multiplexação, 4GLTE.

Abstract

This Article proposes to discuss the importance of the study of 4G LTE technology and show your implementation in the Brazilian mobile market. This academic work will argue about mobile telephony in general, addressing the necessary components for communication (Radio Base Station, Mobile Control Centers, etc.), techniques and theories (Modulation, Multiplexing, Interference, etc.) used in many generations (1G to 4G LTE – in the case of this article) of technology that meet the mobiles, and statistics of high-speed mobile data traffic connections.

Key-words: Mobile telephony, transmission, modulation, multiplexing, 4GLTE.

Introdução

Com o surgimento da internet e os avanços que a mesma vem tendo ao longo dos anos, houve uma verdadeira reviravolta nos conceitos da comunicação, tanto no âmbito material, exemplificado pelos novos instrumentos e equipamentos, como no âmbito formal.

Nos dias atuais é irrefutável a importância dos meios de comunicação no cotidiano das pessoas. A cada momento as inovações tecnológicas vão ficando mais acessíveis ao público de modo geral. Dentre os aparatos tecnológicos os que possuem maior contingente de usuários são os telefones celulares e os smartphones. É impactante o papel das novas tecnologias tem na vida dos indivíduos, tanto pessoal quanto profissional. Em um mundo globalizado o crescente tráfego de dados demanda uma contínua evolução da tecnologia da informação, principalmente da telefonia móvel.

1. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica

2. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica

3. Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica

4. Pós-graduado em Ensino Superior. Bacharel em Engenharia Elétrica

Pode-se perceber o quão rápido as coisas ocorrem atualmente e o quanto é necessário que as tecnologias e técnicas se desenvolvam da mesma forma, pois o impacto e a dependência são grandes em ambas as partes.

Com isso serão observados nesse trabalho vários fatores que compõe a telefonia móvel, como ocorre esse tipo de comunicação, ou seja, suas regras, composições, técnicas, etc. Será visto aqui um referencial teórico para direcionar melhor a leitura e explicar as várias técnicas utilizadas por tipo de geração. Para tanto, Passará pela evolução das gerações (1G até 4G) dessa telefonia, explicando os pontos como tecnologia LTE e seu desenvolvimento, bem como comparação com LTE Advanced e a tecnologia WIMAX. Isso foi possível por se reunir no presente trabalho o pensamento de vários autores sobre o assunto, como LATHI, DING e Haykin, e artigos produzidos por doutores, mestres, engenheiros e graduandos. Todos estes textos intimamente relacionados com o conteúdo desenvolvido.

A comunicação é uma área de grande importância para a continuidade e aceleração do mundo atual, dentro desse ponto, a tecnologia móvel também segue essa tendência, pois é possível verificar isso na explosão de utilização de telefones celulares, tanto para voz quanto para a crescente troca de dados na internet móvel. Com isso, denota-se o valor do estudo profundo e contínuo desse setor tecnológico e é com esse pensamento que esse artigo foi criado.

O presente trabalho tem por objetivo demonstrar a importância de um estudo da tecnologia LTE, devido sua grande inserção no mercado brasileiro. Esta tecnologia é o padrão 4G utilizado hoje por quase a totalidade das operadoras no Brasil. Tem por finalidade também apresentar as várias técnicas existentes que possibilitam a transmissão dessa informação, bem como instruir leitores e outros autores a partir da pesquisa de vários conteúdos que se encontram em separado nos outros materiais e foram reunidos nesse trabalho.

Metodologia

Este artigo utilizou-se de referências bibliográficas encontradas no acervo de bibliotecas e também na internet através de sites especializados em tecnologia de redes móveis. Este trabalho segue os padrões ditados pela ABNT. Todos os livros, artigos e sites se encontram referenciados ao final do artigo.

Fundamentação Teórica

É indiscutível o nível de importância dos sistemas de comunicação em uma época onde o avanço tecnológico é praticamente diário. São geradas diversas informações ao longo da vida de cada indivíduo que nem sempre são sumidas no local onde o mesmo se encontra, mas sim em outro, as notícias percorrem diferentes lugares através dos sistemas de comunicação espalhados por todo o mundo e tudo isto ocorre praticamente na velocidade da luz.

Existem três elementos essenciais para o sistema de comunicação são eles: fonte de comunicação, sistema de comunicação, destino. Fonte de comunicação: é a origem da mensagem a ser transmitida, esta pode ser da forma de sons, imagens, textos dentre outras. O sistema de comunicação: é o meio pelo qual a informação será transmitida até seu local final. E o destino é o local do recebimento da mensagem. (NASCIMENTO, 2000, p. 232).

A Telefonia Móvel

Para Nascimento (2000, p.233) para que ocorra conexão móvel é utilizado um sistema composto de centrais públicas comutadas (Rede de Telefonia Pública Comutada -RTPC) que visa atender aos telefones fixos. A rede móvel é composta por: Centrais de Controle Celular (CCC), ERBs (ESTACÕES RADIO BASE) instaladas em locais estratégicos para se obter uma maior cobertura de sinal, além dos TCs (TELEFONES CELULARES). As Conexões de fixo para celular passa primeiro pela RTPC local, que encaminha por meio de linhas troncos até a CCC, transmitindo até a ERB mais próxima do assinante e esta por meio de ondas de rádio envia o sinal ao telefone celular. Já para comunicação entre TCs, não necessariamente a ligação passa pela RTPC, mas sim somente pelas CCC.

No sistema de comunicação móvel, cada ERB tem em seu centro uma célula. As ERBs formam conjuntos (clusters) com o objetivo de dividir o tráfego de determinada região. Os agrupamentos normalmente são de sete células, sendo estas utilizadas nos sistemas AMPS (Advance Mobile Phone Service), TDMA (Time Division Multiple Access) e não é utilizado nos sistemas CDMA (Code Division Multiple Access).

Cada estação de rádio base tem um limite de usuários a serem conectados em seu sistema. Ultrapassado este limite, ocorre um congestionamento de chamadas, para corrigir tais situações, algumas técnicas como a setorização, são utilizadas. Este método consiste em substituir as antenas onidirecionais por antenas direcionais e acrescentar

novos rádios. O número de setores será em função do cluster (grupos), com os clusters de sete células são usados três setores de 120° com o cluster de quatro células são usados seis setores de 60° . Ainda nesse sentido a grande vantagem deste modelo é a redução de interferência nos canais. Outra forma é a divisão de células que é utilizada quando a da setorização já não produz resultados satisfatórios, ela consiste em acrescentar ERBs que passam a dividir todo o tráfego. (NASCIMENTO, 2000, p.234).

Introdução à modulação

Para prosseguir na apresentação das tecnologias de comunicação móveis é necessário passarmos pela introdução a modulação, pois dentro da modulação e multiplexação é que essas tecnologias foram se desenvolvendo.

Para Haykin (2004) a modulação acontece quando o transmissor modifica algum parâmetro do sinal original que trafega pelo canal de comunicação, que carrega a mensagem a ser transmitida, o receptor tenta recriar a comunicação do canal de forma a manter a mensagem o mais próximo da original, este processo é conhecido como Demodulação.

Portanto o processo de modulação é a transformação de um sinal que carrega originalmente informação ÚTILEM, um sinal modulado apropriado ao meio de transmissão. Isto é, com o auxílio de uma onda portadora $c(t)$, (que possui frequência bem maior que a frequência do sinal original) esse sinal será transportado adequadamente no meio de transmissão desejada.

De acordo com LATHI e DING (2012) podemos dividir basicamente a modulação em analógica e digital. Dentro da modulação analógica que se dá de forma contínua e cossenoidal, sendo subdividida em Modulação por Amplitude (AM, no qual há uma variação da amplitude da portadora em relação ao sinal de interesse); modulação em frequência (FM, nesse caso o que varia é a frequência, mantendo-se a amplitude e fases constantes); e modulação em fase (PM, onde se varia a fase da portadora com relação aos dados a serem enviados)

Já na modulação digital (pulso) onde há um número finito de formas de ondas, ou seja, transmite mensagens que fazem parte de um conjunto finito de valores discretos. Subdividindo-a modulação em amplitude por chaveamento (ASK – onde a amplitude é alterada de acordo com o sinal digital a ser transmitido); modulação em frequência por chaveamento (FSK – nesse caso o que se altera é a frequência da portadora); modulação em fase por chaveamento (PSK – em função do tipo de sinal

altera-se a fase da portadora); modulação por pulsos (PAM, PCM, PFM, PPM e PWM - nesta modulação utilizam-se intervalos regulares de amostras de onda).

De acordo com Souza (2011) a multiplexação é agrupar vários canais que possui diversos tipos de comunicações em um único canal e transmiti-lo em um meio físico seja ele um enlace de rádio, par metálico ou uma fibra óptica de forma simultânea e que uma informação não interfira na outra.

Esse processo é utilizado para os diversos tipos de transmissão de informações atuais, inclusive sistematicamente empregado nas telefonias móveis, como será visto por todo o decorrer deste artigo.

É sabido que os dois tipos mais utilizados de multiplexação são o FDM (Frequency Division Multiplexing – multiplexação por divisão de frequência) e o TDM (Time Division Multiplexing – multiplexação por divisão de tempo).

No caso deste trabalho o enfoque será no FDM, ao qual a tecnologia 4G LTE se baseia. Percebe-se que se baseará nessa multiplexação a OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

A partir deste ponto será apresentado a evolução da telefonia móvel, passando por vários estágios até culminar na quarta geração LTE.

Progresso da Telefonia Móvel

Primeira Geração – 1 G

A primeira geração de telefonia móvel começou com uma tecnologia chamada AMPS (Advance mobile Service) que operava na faixa de 800MHZ e utilizava modulação em frequência, o que significa que poderia ter vários sites próximos uns aos outros, uma vez, que cada um possuía uma frequência de atuação diferente, porém todos tinham limitações quanto ao número de usuários que era relativamente baixo.

Era um sistema de telefonia analógico que permitia apenas o tráfego de voz e era composto por dois canais sendo um direto é um reverso. O canal direto era para o sentido aparelho ERB e o reverso para o sentido da ERB aparelho. As transmissões eram feitas simultaneamente nos dois sentidos. Este sistema foi desenvolvido por Bell, da AT&TT. (NIKOLOFSKI, 2011, p.10).

Segunda Geração – 2G

Para (NIKOLOFSKI, 2011, p.10). Com o passar do tempo às tecnologias de primeira geração já não estavam mais suportando a quantidade de usuários, assim iniciou as tecnologias de segunda geração, nesta fase podemos destacar três tecnologias: são elas a TDMA, CDMA, GSM.

O TDMA (Acesso Múltiplo por divisão de tempo) é uma evolução do sistema analógico, aumentando em mais de 300% o número de canais disponível. No TDMA, uma única portadora de rádio frequência é modulada digitalmente por três sinais de voz contendo informações de voz codificada. Em um quadro TDMA que dura 40ms possui seis intervalos de tempo. Para cada canal de voz são destinados dois intervalos de tempo, não vizinhos. Essa separação tem por objetivo melhorar a qualidade da comunicação. Nesse sistema houve uma migração suave do anterior. (NASCIMENTO, 2000, p.252).

O CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de código) traz fundamentos totalmente diferentes dos utilizados na comunicação a rádio convencional, enquanto a rádio tenta confinar toda energia em estreita faixa de frequência, o CDMA tenta espalhar toda a sua energia em um espectro (spread Spectrum). O espalhamento espectral é uma técnica surgida com o objetivo de dificultar a invasão das mensagens por ela transmitida e também por torná-la mais imunes a ruídos. O espalhamento pode ser obtido através de duas maneiras: pelo salto de frequência ou pela sequência direta.

Outra tecnologia de segunda geração, o GSM que foi tomado como modelo Europeu em meados dos anos 80 e adotado na maior parte do mundo por permitir taxas de transferência mais rápidas e por possuir a portabilidade das informações como número da linha, agenda e dados pessoais. (NASCIMENTO, 2000, p.258).

Nesse sistema, é possível bloquear aparelhos roubados, adulterados, não certificados ou funcionando fora das especificações, solucionar na raiz o problema da perda de receita que estão sujeitos a outros sistemas. Esse sistema permitiu vários acessos diferentes nos telefones. Dessa forma, o aparelho GSM começou a ser um computador mundial de massa. (CORNELIO, 2011 aput LIMA, JR, 2001).

Após algum tempo, teve uma evolução das redes 2G para a rede 2,5G, chamado de EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution). Isso permitiu que os dados fossem divididos em pacotes, e assim possibilitando uma conexão permanente de dados, com taxas de transmissão variando de 30kbps a 115kbps.

O GPRS permite a conexão dos smartphones à Internet, e sua principal vantagem é que os usuários só pagam pelos dados e não pelo tempo de permanência no ar. Além do GPRS, essa geração tem também a tecnologia EDGE que é uma ampliação

do GPRS. Essa tecnologia pode transmitir dados até 384kbps, com taxas médias entre 110kbps e 120kbps. Uma comunicação na modalidade half-duplex (apenas um sentido), que transforma dispositivos móveis ou fixos de processamento de dados comuns.

Terceira Geração – 3G

A terceira geração foi criada como uma melhoria da rede 2G, passando a trafegar serviços de multimídia como: stream de vídeo, acesso à internet e serviços de dados. Esse sistema é denominado UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) um termo adotado para padronização dos serviços 3G. As redes de terceira geração aproveitaram-se uma infraestrutura já existente. A consequência mais importante para as operadoras foi que a opção por um determinado padrão 2G determinou o padrão 3G ao qual foi empregado.

As faixas de frequência que atua o 3G variam de acordo com a região, podendo ser de 900MHZ até 2100MHZ e pode atingir taxas de transmissão de até 2mbps a velocidades medias de 220kbps a 320kbps. A tecnologia HSPA (High Speed Downlink Packet Access) é um serviço de pacote de dados baseado no WCDMA (Wide Band CDMA). Podem-se transmitir dados a uma velocidade de até 5,7Mbps, com taxas mínimas de transferência variando de 144kbps a 384kbps.

A WCDMA utiliza o método de sinalização da tecnologia CDMA para alcançar velocidades mais altas e suportar mais usuários. Este protocolo faz parte do IMT-2000, que é um padrão internacional da 3G. Existem várias versões de HSPDA com velocidades de pico que variam de 1,2mbit/s. até 14,4mbit/s. Com os canais do HSPA é possível utilizar o serviço VOIP. (CORNELIO, 2011 aput LIMA JR, 2001).

Introdução a Tecnologia 4-G

No cenário mundial em que a demanda por dados esta sempre em uma crescente exponencial, a necessidade por banda larga e uma necessidade para se desenvolver serviços baseados em nuvem. As redes sem fio 4G vêm em tese atender esta procura. Ela promete em teoria fornecer velocidades de download de até 100mbs e de upload de até 50mbs. Essa tecnologia é baseada totalmente em IP e pode se dividir em dois grandes padrões o LTE é o WINMAX. Neste trabalho será citado a diferença dos padrões, mas dando uma ênfase maior no LTE e LTE ADVANCE, por ser uma tecnologia em que foi adotada no Brasil.

Campos, (et al. 2012) cita o IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) que padronizou o padrão WINMAX como uma comunicação sem fio de banda larga em regiões metropolitanas. Atingindo taxas de transferência de até 75 Mbps num raio de 50 km de cobertura e utilizando uma frequência 2.5ghz

Segundo (CAMPOS, et al. 2012) o LTE, diferente do WINMAX que é uma tecnologia nova, evoluiu da geração GSM (Global System for Mobile Communications). O LTE, que já está operando em outros países há bastante tempo, possui uma arquitetura nova de rádios com padrões desenvolvidos pelos 3GPP (3rd Generation Partnership Project).

No sistema LTE pode-se inicialmente para se obter taxas de bits de 100Mbit/s no canal de descida e 50Mbits no canal de subida utilizar uma única antena SISO (Single Input Single Output) e uma largura de banda de 20MHz. Conclui-se que independente da largura de banda a eficiência do espectro do SISO é de 5 bit/s/Hz no canal de descida e 2,5 bits/s/Hz no canal subida.

O tempo de latência da rede é dividido em dois modos o de controle e o de usuário. No plano de controle o tempo gasto para o usuário passar do estado da inatividade para a atividade não pode ultrapassar os 100 ms, já para o plano de usuário é o tempo gasto para os dados partir do terminal móvel até o nó de borda da rede de acesso que não pode ultrapassar os 5 ms.

O sistema foi desenvolvido para se obter a máxima qualidade para uma velocidade do usuário a 15 km/h. Para velocidades maiores é permitida uma distorção na qualidade, no entanto para uma velocidade de 120 km/h o sistema deve suportar sem perdas de qualidade e sem quedas de conexão ao longo da sua rede. Observando o lado da infra e por ser uma rede de baixo custo, um dos grandes diferenciais dessa tecnologia LTE é a mobilidade no uso do espectro, que permitiu operação deste 1,4MHz até 20 MHz. Uma rede construída pode operar em diversas frequências 450 MHz, 700 MHz, 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz dentre outras.

Ainda nesse sentido (CONERLIO. Pág.36, 2011) nos diz que a estrutura do 4GLTE possui quatro grandes domínios, são eles: (UE – User Equipment, E-UTRAN – Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network, EPC – Evolved Packet Core Network e Services). Esses garantem que o aparelho móvel e cada SIM card quando em movimento tenha suas configurações realizadas de modo remotamente para obter um melhor funcionamento. Ele também permite a integração com outras tecnologias com a banda larga fixa DSL (Digital Subscriberline) dentre outras.

A E-UTRAN tem em sua estrutura dois elementos diferentes entre si a ERB e RNC. A ERB conhecida também por ENODE B realiza as tarefas de camada física e tem sua comunicação feita pela interface X2. Já o RNC realiza todos os controles do rádio em seu espaço como RLC (Radio Link Control) e MAC (Medium Access Control). No EPC existem vários aparelhos, dentre eles pode-se destacar o MME (M Mobility Management Entity) que executa as funções de gerenciamento de perfil e usuário, autenticações, segurança e autorização de serviços. Mais à frente citaremos itens referentes a estes dois últimos parágrafos de forma mais detalhada.

Conceitos Sobre o Funcionamento da Tecnologia LTE

De acordo com Neto (2014, pg. 1), o sistema LTE é uma tecnologia IP (internet Protocol), projetada para obter baixa latência e uma alta eficácia no aproveitamento do espectro quando comparados a sistemas de gerações anteriores.

Esta técnica é baseada na técnica de multiplexação por divisão em frequências ortogonais (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM), que traz grandes vantagens na colocação de recursos de rádio e adaptação dos enlaces. A multiplexação utilizada para o canal de descida do LTE é o OFMDA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) que é uma variação da técnica OFDM, usada no domínio da frequência e do tempo. (CAMPOS, 2012)

Nessa continuidade a multiplexação OFDM é a principal parte da tecnologia LTE na camada física e foi escolhida devido a seus grandes recursos. Quando usamos esta técnica podemos alocar várias portadoras, o que nos possibilita organizar e configurar rádios a partir de espaçamentos tempo frequência, com isso temos um maior domínio dos algoritmos de controle de enlace e de alocação de recursos. Na multiplexação por OFDM utiliza-se diversas subportadoras, podendo chegar ao máximo em mil e duzentas.

Devido ao sistema utilizar portadoras ortogonais, ele permite que haja a sobreposição entre as portadoras que estiverem próximas, sem ocorrer à interferência entre elas. Isso as tornar eficiente no uso do espectro de frequência. A multiplexação OFDM possibilita ainda gerar alta taxa de dados a partir de múltiplos sinais de banda larga em banda estreita de baixa taxa. Nesse conjunto o canal de descida, pode ser compensado por subportadoras, através do ganho da amplitude e uma inversão da fase. Utilizando-se este tipo de tratamento a multiplexação OFDM possibilita uma grande blindagem no caminho do canal de descida e baliza a complicação em determina o nivelamento do canal.

A multiplexação OFDM tem o proveito de ser adicionada no domínio digital e a partir da técnica da Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform – FFT), no qual é um código rápido, fácil entendimento e muito utilizado. Nessa tecnologia podemos utilizar múltiplos acessos a partir das portadoras no domínio da frequência. Isso faz com que o transmissor OFDM divida a mensagem em diversos fluxos menores e paralelos e os transmitem em frequências diferentes, e em diversas portadoras (GONÇALVES, 2014).

É definido vários grupos de subportadoras adjacentes que pode ser usada para vários assinantes ao longo de um número de símbolos. Esses grupos são formados por 12 subportadoras ao longo de 14 símbolos, isso no caso de cíclico normal ou de 12 símbolos no caso de cíclico entendido, assim sendo o OFDMA permiti o agendamento de usuários em uma grade de tempo de um milissegundo por uma frequência de 180 Khz.

Os conjuntos são igualmente citados como blocos de alocação, isso devido à disponibilidade de sinais de referência nos blocos do assinante que pode verificar a qualidade do sinal no canal e se necessário for realimentar o agendador na estação rádio base. Desta maneira é possível aproveitar a disponibilidade de usuários nos blocos conforme a qualidade do canal, isso traz um grande ganho na passagem do (THROUGHPUT) no enlace e Descida.

Para o canal de upload (subida) utiliza-se a multiplexação SCFDMA (Single-Carrier FrequencyDivisionMultiple Access). Neste modo perde-se na eficiência do espectro, no entanto existe uma diminuição no consumo da bateria dos usuários PAPR (Peak-to-AveragePower rádio). Portanto através de infraestrutura mais simples e de baixo custo, a tecnologia LTE não só provém uma conexão mais rápida, mas também uma gama de outras facilidades existentes na web. (Campos, et al. 2012).

Ainda nesse sentido o sistema SC-FDMA deve ser visto como uma precipitação da técnica OFDMA em que se utiliza para cada símbolo uma FTT (Fast Fourier Transforme) para a difusão da frequência. Isto ocorre antes que seja enviado para o modulador OFDM.

Para Neto (2014, pg. 14) a transmissão utiliza-se de um modulo para converter os dados de serial para paralelo que é utilizado para multiplexar os dados de alta taxa em baixa taxa, o modulo pré-codificado é utilizado para fazer o espalhamento de frequências e os símbolos em uma única portadora, o modulo de mapeamento é utilizado para a transformação dos dados da subportadora para o recurso do rádio e o OFDM de acordo com as regras já estabelecidas.

Já para a recepção o processo ocorre semelhante à realizada na transmissão, no entanto é preciso colocar módulos adicionais para corrigir a destruição causada pelo canal de transmissão. Essas técnicas sofrem muito com a perda de frequência causada pela inconstância do oscilador local ou por efeito Doppler, este que é um desvio na frequência, destrói a ortogonalidade do OFDM, causando ruídos entre a portadora e os canais de múltiplos acessos. No canal de subida, o efeito é agravado porque cada acesso ocorre de forma diferente tornando difícil o alinhamento dos mesmos.

Por ser uma tecnologia que suporta apenas transmissões por pacotes de dados (Internet Protocol) ela é usada para criar o elo entre o usuário e o centro da rede. A tecnologia LTE está dentro das evoluções das comunicações via rádio, que é conhecida pelos seus aprimoramentos que chamamos de System Architecture Evolution (SAE) e incluir também o centro da rede (Evolved Packet Core –EPC). Este que é usado para controlar o tráfego dos equipamentos UEs e também para a definição dos BEARERS. A união destas tecnologias citadas anteriormente constituiu o Evolved Packet System (EPS), que tem o fundamento de BEARERS, o qual faz o roteamento do tráfego do equipamento para o usuário. O BEARERS é um conjunto de dados com uma Quality of Service (QoS) definida.

Transmissão do Sinal

As principais modulações são: BPSK (Binary Phase Shift Keying), 16-QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 64-QAM (64 Quadrature Amplitude Modulation). Em um diagrama de transmissão sem fio, quem envia a mensagem recebe um fluxo de bits da aplicação de um software que é computado em símbolos e estes correspondem à amplitude e a fase.

As informações geradas são codificadas através de uma portadora para depois serem transmitidas. No sistema QPSK as informações podem ser transmitidas em fases de 45° , 135° , 225° , 315° que respectivamente são as combinações dos bits 00,10,11,01 tornando possível representar utilizando um esquema de constelação, onde cada separação do estado representa a amplitude da onda transportada no mesmo momento o ângulo representa a fase.

A tecnologia LTE usa quatro tipos de modulação citados no parágrafo anterior o BPSK manda um bit por vez utilizando-se de dois estados que pode ser mostrado com fases iniciais de 0° e 180° , ou a amplitude de +1 e -1. Ela utiliza desse sistema para um controle de fluxo, no entanto não utiliza para o transporte de dados, já a modulação 16-

QAM envia quatro bits por vez utilizando-se de dezesseis estados que possuem estados e fases diferentes, parecido ao 64-QAM que envia seis bits por vez utilizando-se sessenta e quatro estados diferentes.

O erro depende do SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) do receptor. No sistema de modulação 64-QAM a mensagem pode ser enviada de várias situações, utilizando-se do diagrama de constelação são empacotadas em grupos, neste modelo as transmissões se tornam muito vulneráveis a taxas de erro.

A tecnologia LTE mescla isso dinamicamente bem, usando a modulação 64-QAM em realidades onde tem uma alta taxa de SINR para obter altas taxas de dados e diminuir para modulações 16-QAM ou QPSK com o intuito de minimizar o número de erros.

Conclusão

A comunicação é uma área de grande importância para a continuidade e aceleração do mundo atual, dentro desse ponto, a tecnologia móvel também segue essa tendência, pois é possível verificar isso na explosão de utilização de telefones celulares, tanto para voz quanto para a crescente troca de dados na internet móvel. Com isso, denota-se o valor do estudo profundo e contínuo desse setor tecnológico e é com esse pensamento que esse artigo foi criado.

O Brasil demonstrou um grande crescimento na aquisição de aparelhos e tráfegos 4G LTE (tecnologia esta que foi adotada no país). Um dos fatores preponderantes para esse crescimento foram as licitações de frequência de 2012 (2500MHz) e 2014 (700MHz – que será liberada com o fim das TVs analógicas abertas).

Com a liberação do espectro, a implantação da tecnologia 4G LTE já é uma realidade para algumas cidades Brasileiras, onde se tem essa tecnologia trafegando-se dados de altíssima velocidade, no entanto a parte de voz ainda é feita por meio da tecnologia 3G ou 2G. Para ser considerado um 4G LTE é preciso que as operadoras usem apenas a rede 4G tanto para dados quanto para voz.

Portanto para que se tenha um serviço de qualidade e que alcance os lugares mais remotos e não apenas os grandes centros é necessário que se invista em infraestrutura de rede e equipamentos, utilizando-se das técnicas apresentadas e um aperfeiçoamento das mesmas, com o máximo de aproveitamento do espectro.

Por fim pode-se dizer que várias tecnologias foram criadas no decorrer dos anos, bem como inúmeras técnicas e formulações. E essa tendência continuará por muito tempo, impulsionada por uma forte demanda de usuários profissionais e pessoais.

Referências

CAMPOS, Luiz G. Ferraz; GONTIJO, Ricardo R, Garcia; NUNES, Daniel. **Estudo Comparativo entre Sistemas Propostos para 4G: LTE e WIMAX Móvel**. Congresso INATEL – INCITEL – 2012. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEWij7KTt9O_PAhUFC5AKHd,UDfgQFggzMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.inatel.br%2Fbiblioteca%2Fartigos-cientificos%2F2012%2F5861-estudo-comparativo-entre-sistemas-propostos-para-4g-lte-e-wimax-movel%2Ffile&usq=AFQjCNHdzg_0Wy0GM6LvEsdCkoy_Nw9Zyw&sig2=RDER_-sK-bcFgFkCKsbCLg. Acessado em 23/10/2016, 12h22min.

HAYKIN, Simon. **Sistemas de Comunicação Analógicas e Digitais** – 4ª Ed. - Bookman – Porto Alegre – PR – 2004. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfK6YAJ/sistemas-comunicacao-analogicos-digitais-simon-haykin-4-ed>. Último acesso em: 19/10/2016, 00h21min.

HENRIQUE Luis, OTTO, Pedro Smith Coutinho. **Rádios Cognitivos**. UFRJ –2008. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/coutinho/index.html. Acessado em: 30/10/2016.

LATHI, B. P., DING, Zhi. **Sistemas de Comunicação Analógicos e Digitais Modernos**. 4ª Edição -Ed. GEN – Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfVtEQAJ/sistemas-comunicacoes-analogicos-digitais-modernos-bp-lathi#> acessado pela última vez: 25/10/2016, 00h02min.

NASCIMENTO; Juarez do. **Telefonia celular. Telecomunicações - Pearson Education Do Brasil**. São Paulo: 2000. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfLBQAJ/telecomunicacoes-juarez-nascimento> Acessado 23/10/2016. 10horas.

NETO, Jahyr Gonçalves. **Algoritmo customizável por hierarquia para agendamento de tráfego de dados em redes long term evolution (LTE)**. Tese de Doutorado UNICAMP, Campinas: 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000943282>, Acessado em 23/10/2016, as 00h45min.
<http://retro.mmfaei.info/docs/pt/LTEComunicacoesMoveisde%20Quarta%20Geracao.pdf>. Acessado em 23/10/2016, as 01h34min.

NIKOLOFSKI, Daniel Ricardo Ferreira. **A Quarta Geração Das Redes Sem Fio: Benefícios E Evolução**. Monografia, UTFPR: 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/650/1/CT_TELEINFO_XIX_2011_06.pdf Acessado em 23/10/2016, as 01h49min.

SOUSA, Brunno Leonardo Azevedo. **CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Código)**. 2008. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjbgNLn9ILOAhXD15AKHdQMCO4QFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.administradores.com.br%2Fproducao-academica%2Fcdmaacesso-multiplo-por-divisao-codigo%2F4569%2Fdownload%2F&usq=AFQjCNGMK_9RhTvnw3BYtx6t3agF11g47w&sig2=CZ-H6NismODBynYPnko4_Q&cad=rja. Último acesso em: 30/10/2016, 23h50min.

SOUZA, Fabio. **Apostila: Telefonía Digital**. IFSC: 2011. Disponível em: <http://www.sj.ifsc.edu.br/~fabiosouza/Tecnologo/Telefonia%201/Telefonia%20Digital%20TDM%20antiga.pdf> Último acesso em: 30/10/2016 23h45min.

TELECO. **Inteligência em Comunicações**. 2015. Disponível em: http://www.teleco.com.br/4g_brasil.asp. Acessado em: 16/10/2016, 16h27min.

5G Américas. **Evolução do Brasil - LTE**. 2016. Disponível em: <http://www.4gamericas.org/pt-br/resources/infographics/lte/>. Último acesso: 01/11/2016.

5G Américas. **Mais de 1 Bilhão de Conexões LTE no Mundo**. 2016. Disponível em: <http://www.4gamericas.org/pt-br/newsroom/releases-da-4g-americas/final-de-2015-mais-de-um-bilhao-de-conexoes-lte-no-mundo/>. Acessado em: 30/10/2016, 00h50min.