

Investigação de Métodos para Controle de Interferência em Tecnologias de Telefonia Móvel

Bianca Julia Delfino dos Anjos

Faculdade Pitágoras, Curso de Engenharia Elétrica. MG, Brasil.

E-mail: bianca_jda93@hotmail.com

Resumo

As telecomunicações fazem parte do nosso cotidiano, especialmente, as comunicações móveis. Muitos são os problemas enfrentados pela telefonia móvel, entre elas a interferência eletromagnética que pode atrapalhar a comunicação e até impedir que seja realizada. O objetivo desse artigo é investigar como pode ser controlado esse problema nas tecnologias existentes como 3G e 4G. Apresenta-se assim, os sistemas GSM, UMTS e LTE, além dos mecanismos para diminuir as interferências. O trabalho foi feito através de uma pesquisa bibliográfica, em diversos sites, dissertações de mestrado e doutorado, projetos de pesquisa, livros, teses e artigos de vários autores da área, sendo pesquisados na internet e na biblioteca da faculdade.

Palavras-chave: Interferência Eletromagnética. Telecomunicação. GSM. UMTS. LTE.

Abstract

Telecommunications are part of our daily lives, especially the mobile communications. Many are the problems faced by mobile telephony, among them the electromagnetic interference that can disrupt the communication and even prevent it from being carried out. The purpose of this article is to investigate how this issue can be controlled in existing technologies such as 3G and 4G. It is therefore presented, the GSM, UMTS and LTE systems, in addition to the mechanisms to reduce the interference. The work was done by means of a bibliographic research, in several sites, master's and doctoral's dissertations, research projects, books, theses and articles from various authors in the area being searched on the internet and in the college's library.

Keywords: *Electromagnetic interference. Telecommunication. GSM. UMTS. LTE.*

1 Introdução

O tema desse artigo está relacionado diretamente às telecomunicações, mais especificamente sobre as tecnologias em telefonia celular, atualmente considerados como algo básico e necessário na vida cotidiana. De acordo com Simão, Cardoso e Brito (2012) a EMI ou interferência eletromagnética é caracterizada pela degradação no desempenho de um equipamento devido uma perturbação eletromagnética que é capaz de se propagar tanto no vácuo quanto por meios físicos.

Na verdade, todo circuito eletrônico produz algum tipo de campo magnético ao seu redor e, assim, se torna gerador de EMI. Como consequência, tem-se a transferência da energia eletromagnética (ou acoplamento) entre um equipamento “fonte” com o equipamento “vítima”, que pode ocorrer por radiação, condução, ou ambos. Em todos os casos se tem o envolvimento de uma fonte de energia eletromagnética (dita interferente), um dispositivo que responde a esta energia (interferido) e um caminho de transmissão que permite a energia fluir da fonte até a vítima (SIMÃO; CARDOSO; BRITO, 2012).

Dessa forma, a presente pesquisa pretendeu realizar um estudo sobre o impacto da interferência eletromagnética nos sistemas de telecomunicações, tendo como problema os

principais mecanismos utilizados por cada sistema celular para controlar a interferência de modo a minimizar seus efeitos sobre a performance na comunicação. Portanto, o objetivo foi analisar como são superados os desafios de interferência nos sistemas celulares GSM, UMTS e LTE (2G, 3G e 4G), respectivamente.

2 Desenvolvimento

2.1 Interferência Eletromagnética nas Telecomunicações

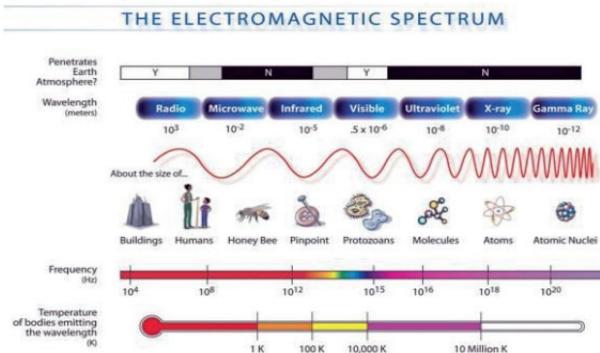
A interferência eletromagnética, de acordo com Cassiolato (2015), é um campo ou onda elétrica ou magnética que pode ou não alterar o funcionamento ou danificar um equipamento, dispositivo ou aparelho.

Já Cabral e Mühlen *et al.* (2005) definem a EMI como a ocorrência de alterações funcionais em determinado equipamento devido à exposição a campos eletromagnéticos. De uma forma ou de outra, todo equipamento eletrônico é passível de sofrer tal tipo de interferência e também de gerar campos eletromagnéticos, que podem vir a causar EMI em outros equipamentos. Como consequência, tem-se a transferência de energia eletromagnética, jpa relatada anteriormente.

A interferência pode ser proposital ou acidental e pode ser

de origem natural ou artificial. O campo magnético terrestre, por exemplo, é de origem natural e causa interferência em sistemas elétricos de potência pela influência de sua força. Também as descargas atmosféricas e os ventos são exemplos de causas naturais de EMIs. As manchas solares também causam interferência em sinais de telecomunicação pela geração de radiação cósmica. A interferência eletromagnética pode ser radiada (via ar), conduzida (via condutores), induzida (normalmente acima de 30MHz) ou combinação das mesmas (CASSIOLATO, 2015).

Figura 1 - Espectro eletromagnético



Fonte: O autor.

Otomo (2010) afirma que um dos primeiros casos de interferência eletromagnética, EMI, foi observado quando o altímetro de um avião marcou leituras errôneas causadas pela interferência gerada pelo sistema de ignição de um aeroplano, já outros estudos têm demonstrado a preocupação com os efeitos da interferência eletromagnética em equipamentos eletroeletrônicos dos aviões, devido ao uso de dispositivos eletrônicos móveis, especificamente, telefones celulares.

De acordo com Cabral e Mühlen (2005), condições para que ocorram interferências, que são: uma fonte emissora, um equipamento receptor e um meio que estabeleça uma conexão entre a fonte emissora e o receptor. Para Cassiolato (2015), os principais fatores que contribuem para a interferência eletromagnética são: tensão, frequência, aterramento, os componentes eletrônicos, os circuitos impressos e os desacoplamentos. Existem ainda três caminhos de EMI entre a fonte e o dispositivo a ser influenciado, ou seja, a vítima que seria a irradiação, a condução e a indução.

Da mesma maneira se pode utilizar o termo susceptibilidade (OTOMO, 2010), para equipamentos que sofrem interferência externa podendo prejudicar o seu funcionamento. Um equipamento será susceptível a interferência externa, a partir de certo nível de frequência eletromagnética, estando imune abaixo desse nível. Um equipamento eletromagneticamente compatível é aquele que possui capacidade de funcionar em ambiente eletromagnético sem produzir perturbações; caso não haja tal compatibilidade, poderá ocorrer EMI. Quando um equipamento emite ondas eletromagnéticas em um receptor susceptível, este sofre comportamento indesejado como resultado da Compatibilidade Eletromagnética - CEM,

sendo que desta forma fica evidente que a EMI ocorre devido a combinação entre a fonte emissora e um receptor susceptível.

Lui (2010) afirma que o problema mais significativo de IEM ocorreu com o aumento e a difusão de componentes eletrônicos, tais como: o transistor bipolar (1950), os sistemas integrados de circuito (CI) (1960) e o chip microprocessador (1970). Conseqüentemente, notou-se um aumento no espectro da frequência dos sinais digitais, tornou-o mais carregado, principalmente, nos setores de telefonia móvel e banda larga.

Segundo Dode e Leão (2004), a telefonia celular é um sistema de radiocomunicação, envolvendo a radioescuta e a radiotransmissão, entre um conjunto de antenas fixas, espalhadas pela região coberta pelo sistema, e os telefones móveis, comandados pelos usuários, que estejam dentro da área ocupada por uma célula (área geográfica iluminada por uma ERB, dentro da qual a recepção do sinal atende às especificações do sistema).

Dessa forma, por meio do telefone celular, o usuário se comunica com a estação radiobase mais próxima e, com isso, é feito o enlace com outras ERB's ou com a rede telefônica convencional, podendo o usuário se movimentar livremente na região coberta pelas radiações eletromagnéticas oriundas dessas antenas. Sobre torres, postes, ou quaisquer estruturas de suporte, inclusive topo ou fachadas de prédios, públicos ou privados, é montado um conjunto de antenas (transmissoras e receptoras), interligado aos equipamentos de transmissão e recepção, por meio de cabos coaxiais, sendo que este conjunto de equipamentos constituintes de cada célula se denomina de Estação Radiobase (ERB) (DODE; LEÃO, 2004).

A radiação do tipo eletromagnética, oriunda das Estações Radiobases, é uma forma de radiação não ionizante que se propaga com a combinação de campos elétricos e magnéticos, viajando no vácuo ou no ar, na mesma velocidade que a luz. Os campos elétricos (E) e magnéticos (H) variam de intensidade tanto no espaço quanto no tempo.

2.3 Sistemas GSM, UMTS e LTE

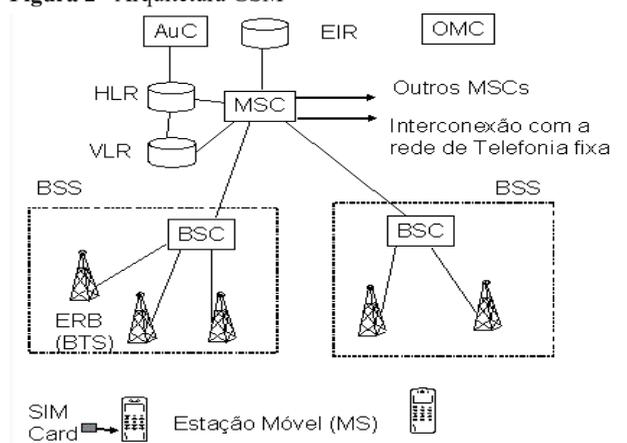
O sistema GSM foi um dos primeiros a surgir na era da telefonia móvel digital e as tecnologias UMTS e a LTE, juntamente com seus componentes e novidades no mercado de telefonia. De acordo com Correia (2013), o sistema GSM aparece na segunda geração de serviços móveis, e se diferencia das anteriores pelo fato de usar sinais digitais. Desenvolvida na Europa nos anos 1980, distingue-se também pelo uso dos cartões de memória Subscriber Identity Module - SIM, assegurando a portabilidade dos dados do assinante do cartão para outro qualquer aparelho. Por outro lado, a rede GSM disponibiliza diversos serviços, tais como: mantém GPRS para transmissão de pacotes de dados, AoC (Advice of Charge) para controle do custo das chamadas, chamada em espera, teleconferência de voz, restrição da identificação da chamada, entre outras.

Por volta do ano de 1992, conforme Barbosa (2014),

começou a aparecer as primeiras redes GSM, utilizadas inicialmente na banda dos 900 MHz, e mais tarde também nos 1800 MHz, denominadas de Digital Communication System - DCS. Atualmente, o Global System for Mobile Communications - GSM.

Ainda, segundo o autor, uma rede GSM, tal como a maioria das redes de comunicações de rádio, está dividida em duas sub-redes. Uma denominada de Radio Access Network - RAN e a Core Network - CN. A primeira, como o próprio nome indica, tem como principal função permitir que os utilizadores tenham acesso à rede via rádio. Com as funções de comutação, gestão de recursos e interligação com outras redes existe a Core Network, sendo que, também aqui se encontram as bases de dados com as informações dos utilizadores necessárias à realização de chamadas/sessões de dados. A segunda, na RAN, tem-se o elemento controlador, chamado BSC, que realiza o controle das BTSs. É responsável pela gestão de recursos tanto das BTSs como da interface entre estas, (interface Abis), é também responsável pelos processos de handover entre BTSs. Quanto às BTSs, estas têm a função de fornecer a interface para os dispositivos móveis, pelos vários utilizadores que se encontram na sua área de cobertura, e possuem também algumas funções de controle do canal rádio, tais como: medições de qualidade e de alinhamento temporal e controle de potência.

Figura 2 - Arquitetura GSM



Fonte: O autor.

As vantagens oferecidas pelo GSM com relação aos sistemas anteriores, de acordo com Correia (2013), são várias, entre essas: a) a maior qualidade nas comunicações; b) o aumento da eficiência espectral; c) o melhoramento da segurança; d) a robustez e confiabilidade da rede móvel; e) o aumento da portabilidade dos terminais móveis; f) a implementação de custos mais atrativos; g) o uso de cartões SIM (Subscriber Identity Module), que permitiu o aumento da mobilidade visto que poderiam transportar dados para outros dispositivos móveis por meio deste cartão; h) a possibilidade da transferência de pacotes de dados com as tecnologias GPRS (General Packet Radio Service) e EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution); i) a possibilidade de

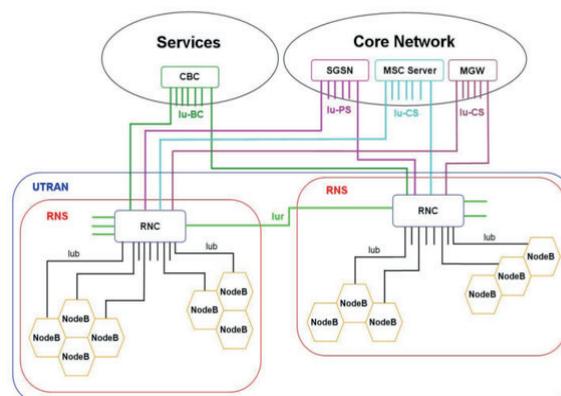
encaminhar e bloquear chamadas recebidas ou efetuadas; j) maior quantidade de serviços de voz e dados oferecidos.

Devido à rápida evolução e ao crescimento da utilização do tráfego de dados, segundo Barbosa (2014), surgiu a necessidade de criar uma tecnologia que funcionasse em comutação de pacotes, mas que simultaneamente funcionasse, também, por comutação de circuitos devido à existência do GSM. Dessa forma, desenvolveu-se o UMTS que funciona em ambos os tipos de comutação.

O sistema UMTS é ainda um sistema de comunicações móveis sem fio capaz de fornecer serviços multimídia, ou seja, serviços que envolvem transmissão simultânea de diversos tipos de dados, como voz e imagem, acesso eficiente à Internet e outros serviços baseados em protocolo IP, alta qualidade nos serviços de telefonia e que possui integração com as redes GSM (CORREIA, 2013).

A tecnologia Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) surgiu, conforme afirma Barbosa (2014), no fim dos anos 1990 e início de 2000, mais conhecida como a terceira geração (3G). A grande diferença nesta nova geração é a técnica de acesso ao meio utilizada, chamada de Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA).

Figura 3 - Arquitetura UMTS



Fonte: O autor.

No UMTS existe a vantagem de não ser obrigatória a inserção de novos elementos ao nível do Core. Os únicos novos elementos, que aparecem, são os Node B, que têm praticamente as mesmas funções das BTS em GSM, e as Radio Network Controller (RNC) que estão para os Node B, assim como as BSC estão para as BTSs (BARBOSA, 2014).

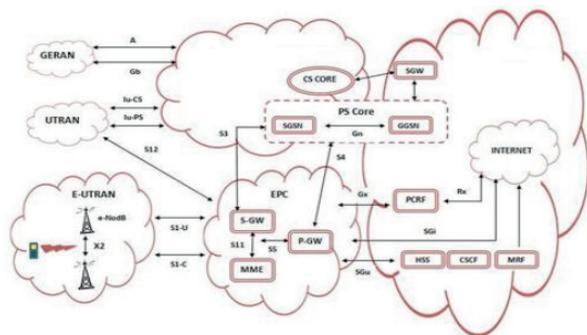
O Long Term Evolution – LTE, segundo Correia (2013), é um sistema de comunicações móveis e o atual estado da arte nas comunicações móveis. Foi construído sobre os conceitos das tecnologias, o que torna compatível com outros sistemas e serviços já existentes, propondo uma transição suave para maiores velocidades de transmissão e menor latência. Combinado com o uso eficiente de outras tecnologias por parte das operadoras, o LTE permite um ambiente de serviços móveis mais rico e competitivo. O sistema LTE garante velocidades muito superiores às oferecidas pelos sistemas de terceira geração, atingindo valores máximos de 300Mbit/s

para download e 75Mbit/s para upload, diminuindo ainda a latência para valores muito reduzidos.

Para Barbosa (2014), o LTE é classificado como a 4ª geração de comunicações móveis (4G), permitindo aos utilizadores obterem taxas elevadas e permite aos operadores terem uma rede mais eficiente e mais barata, uma vez que existem mudanças em nível da arquitetura de rede. Deixam de existir os controladores dos nós de acesso e a transmissão utilizada em toda a rede é uma transmissão por IP. Desta forma, é possível poupar nos equipamentos utilizados e a eficiência da rede aumenta devido às vantagens associadas à tecnologia IP.

Ainda, segundo o autor, o LTE tem como principais características: a) Largura de banda flexível, podendo variar desde os 1,4 MHz até aos 20 MHz; b) Ortogonalidade no uplink e no downlink, sendo que todos os utilizadores usam frequências que são ortogonais entre si, tanto no uplink como no downlink; c) Não existe interferência intracelular; d) Modulação de ordem superior – QPSK, 16-QAM e 64-QAM; e) Frequency Division Duplex (FDD) e Time Division Duplex (TDD); f) Tecnologia de antenas avançada, sendo usado o MIMO em downlink e uplink.

Figura 4 - Arquitetura LTE



Fonte: Barbosa (2014)

O avanço para o sistema LTE permite melhorias significativas nos serviços atuais, assim como permite novas possibilidades de serviços como o crescimento em massa da transmissão/transferência/partilha de conteúdo multimídia e outro tipo de dados, transmissão de televisão em alta definição, melhorias nos serviços de videoconferência, mais segurança.

Além disso, as operadoras passaram a conseguir suportar mais clientes nas suas redes, assim como garantir melhor qualidade de serviço (CORREIA, 2013).

2.4 Principais Mecanismos para Redução de Interferência Intra-Sistema de Cada Tecnologia

Todo sistema celular opera com limitação de banda de frequência. Logo, é necessário o reuso das frequências em mais de uma ERB em um mesmo sistema. Em virtude disso, as próprias ERB's causam interferências mútuas, tanto no downlink quanto no uplink. Cada tecnologia tem seus próprios mecanismos para controlar a interferência, porém um deles é comum a todos: a otimização de rede. Apresenta-se a seguir, a

otimização de redes.

2.5 Otimização de Rede

De acordo Leite (2011), a complexidade do planejamento das redes móveis celulares tem sido o grande desafio para os engenheiros, pois atualmente, no Brasil, as redes são compostas por diferentes tecnologias, como GSM e 3G. Ainda, segundo o autor, a combinação de todas essas tecnologias em um mesmo espectro de frequência é um desafio bem complexo, embora existam tecnologias de geoprocessamento, que têm oferecido soluções que combinadas a conceitos de Engenharia poderão gerar ferramentas para modelar os mais complexos projetos de radiofrequência, permitindo a inserção de premissas de projetos e simulações de design de rede que favorecerão a tomada de decisões.

A expansão acelerada das redes móveis tem demandado projetos que nem sempre atendem aos objetivos gerados pelas áreas de planejamento no que tange a cobertura de rede, objetivos de negócio ou legislações vigentes. Para o atendimento dessas metas seria de muita relevância que fossem disponibilizadas ferramentas capazes de prover um ambiente de simulação, no qual fossem gerados modelos de teste para otimização desses projetos (LEITE, 2011).

Segundo Lima (2003), a definição de canal de comunicação móvel estende a definição de meio não confinado, com a peculiaridade da mobilidade, ou seja, o elemento transmissor e ou o receptor não possuem uma posição permanentemente fixa. Por apresentar um padrão estocástico, uma vez que não se pode prever o caminho seguido pelo usuário ou mesmo à existência de obstáculos no seu caminho, o canal pode ser observado pelas variações no nível de sinal do receptor.

De acordo com Nawrocki (2006), a definição de otimização está diretamente relacionada com obter o maior, ou seja, o máximo ou menor (mínimo) valor possível de uma função matemática dada.

Alinhado as redes existentes, Espinosa (2008) aponta que nas redes de Primeira Geração (1G), chamadas de Sistema Avançado de Telefonia Móvel - AMPS, a otimização da rede era feita manualmente, ou seja, devido aos poucos parâmetros configuráveis, as poucas ERBs instaladas e os poucos usuários do serviço, a decisão de ajuste nos valores dos parâmetros era feita pelos engenheiros de campo. Entretanto, com o crescimento do número de usuários, com a expansão das redes e novos serviços oferecidos pelos sistemas 2G (TDMA, CDMA e GSM) foi crescendo a procura dos operadores e desenvolvedores por acelerar este processo. O UMTS, por sua vez, possui vários parâmetros, cujos valores são o resultado do acordo, ou trade-off, entre cobertura de serviço, capacidade da rede, qualidade do serviço, custos dos equipamentos e instalação e localização das ERBs.

As redes UMTS precisam possuir a facilidade de ajustar, automaticamente, seus parâmetros, ou seja, a decisão dos novos valores dos parâmetros deve ser feita pelo computador usando um programa ou algoritmo adequado e uma representação

matemática válida da rede otimizada, sendo que pequenos ajustes adicionais poderão ser feitos pelos engenheiros de campo. Assim, a otimização automática pode ser definida como: “o processo que determina, empregando algoritmos, a melhor configuração da rede baseada nos dados de entrada do sistema, disponibilizados tipicamente pelas ferramentas de planejamento” (NAWROCKI, 2006).

Para tanto, as atividades de otimização em uma rede celular, que comumente é composta por processos de elaboração de projetos, análise de relatórios, predição de cobertura, interferências de RF, vistorias de campo, ajustes de parâmetros físicos e lógicos, ou seja, o objetivo da otimização é de deixar a rede no estado ótimo, atuando para garantir o compromisso entre qualidade, capacidade e cobertura.

Principais parâmetros a serem verificados envolve observar se a potência está adequada; se o ajuste de ângulo está no plano horizontal (azimute); se o ajuste de ângulo no plano vertical (downtilt) está correto; verificar os parâmetros lógicos que alteram características no funcionamento do sistema de modo a controlar a qualidade do sinal; e por último, a relação de vizinhas, que define o handover, senão o usuário “arrasta” a cobertura.

Segundo Espinosa (2008), a otimização da rede deve seguir três objetivos claramente definidos no plano de negócios da operadora, sendo esses:

- ✓ Objetivo Social: melhorando a cobertura, principalmente, em municípios rurais e rodovias, trabalhando também com a solução de reclamações de clientes em áreas específicas da rede.
- ✓ Objetivo Econômico: minimizar os custos de instalação de infraestrutura e minimizar os custos operativos.
- ✓ Objetivo Tecnológico: maximizar a qualidade e a capacidade dos serviços oferecidos pela rede; maximizar a área de cobertura e o número de usuários com acesso aos serviços definidos nas categorias de rádio acesso do padrão.

A otimização de um sistema está composta, de acordo com Espinosa (2008), por um conjunto de soluções, também chamado de “espaço de busca” (search space). Uma solução representa uma possível combinação dos valores válidos dos parâmetros otimizados, chamada também configuração da rede. As soluções são avaliadas pela função objetivo. Está composto também pela função objetivo que avalia a solução designando a ela um valor, que é uma medida numérica da aptidão dessa solução. Geralmente, é representada pelo modelo matemático do sistema. As avaliações das possíveis soluções são alvos de maximização ou minimização de acordo com a configuração do algoritmo empregado para otimizar o sistema. E, por último, está composta pelos Algoritmos/Heurísticas que é o conjunto de estratégias e regras que procuram encontrar uma solução para um problema dado. Nos algoritmos de otimização, o resultado final da otimização acha a melhor (maior ou menor) solução possível, dadas às características do problema.

Outra forma de gerar um diagrama de irradiação

conveniente com a área em que se deseja fornecer cobertura celular é através do downtilt da antena, que conforme Machado et al (2007), pode ser mecânico ou elétrico. O downtilt mecânico nada mais é do que uma variação do ângulo de inclinação vertical do painel. Já o downtilt elétrico é quando os dipolos que formam o painel possuem fases diferentes.

Para Assunção e Estevinho (2000), a inclinação da antena (downtilt) é útil para controlar o footprint (área de terreno coberta pela antena), mas demasiada inclinação degrada a potência recebida pelo móvel. A inclinação do diagrama de radiação permite controlar o alcance de uma estação de base, influenciando assim a interferência co-canal. Uma inclinação para baixo diminui o alcance do diagrama, o que implica que a interferência entre células co-canal é reduzida. A inclinação dos diagramas de radiação pode ser mecânica, através da inclinação da antena, ou elétrica, através da modificação na fase ou amplitude da corrente que alimenta a antena.

2.6 GSM - Controle de Potência de Uplink e Downlink (Power Control); Frequency Hopping

Langa (2005) afirma que a interferência co-canal decresce se a potência transmitida pelas MSs e para as MSs for reduzida, mas garante que a potência recebida tenha um nível suficientemente alto de forma que a comunicação seja aceitável. Os sistemas TDMA em uso no GSM suportam a transmissão descontínua (DTX). A DTX faz com que os usuários não transmitam, quando não estiverem a falar, consequentemente, reduzindo a interferência co-canal.

Assim, aos usuários são atribuídos slots de tempo particulares nos quadros TDMA, sendo que as interferências chegam de outros usuários que se comunicam no mesmo slot, na mesma frequência das células de agrupamentos vizinhos. Durante qualquer TS, a interferência é reduzida se algum usuário co-canal não estiver a falar. Ao mesmo tempo, um usuário em um TS ou portadora diferente pode sofrer de alguma interferência devido a DTX. A vantagem do uso do DTX é notável, quando conjuntamente é empregado o FH, tal como os usuários mudam de canal a cada quadro TDMA para regular a interferência co-canal de forma que ela seja similar para todos (LANGA, 2005).

A utilização da tecnologia de hopping permite, segundo Lourenço (2002), um acréscimo significativo de qualidade em uma comunicação, isto porque a mudança constante de frequência de comunicação reduz o tempo de permanência em frequências com fortes interferências. Esta tecnologia é especialmente valorizada em redes móveis fortemente congestionadas, já que permite uma maximização dos recursos rádios, e em simultâneo uma melhor qualidade de serviço para uma determinada disponibilidade de espectro radioelétrico. Ainda, segundo o autor, a tecnologia de frequency hopping permite que durante uma chamada de voz, a frequência utilizada na comunicação seja dinamicamente alterada. Dentro de um conjunto conhecido de frequências possíveis, a

comunicação vai “saltar” (hop) de frequência em frequência. Esta tecnologia permite um acréscimo na capacidade de canais de voz em uma determinada célula GSM. Supondo, a título de exemplo, que duas estações base (BTS) vizinhas estejam a transmitir canais em cinco frequências distintas, todas elas iguais exceto uma delas, embora exista um risco de colisão nas frequências partilhadas, os efeitos são minimizados com o salto (“hop”) constante na frequência utilizada.

Para habilitar uma operação GSM duplex completa, cada canal GSM contém um par de frequências, uma de uplink (celular para a torre) e uma de downlink (torre para celular). Isso permite ao usuário falar (transmitir) e ouvir (receber) simultaneamente, como em um telefone fixo ou conversa normal. As bandas são separadas por uma banda de segurança chamada offset, e variam para cada banda GSM. O offset para as bandas GSM mais populares são: GSM 450 - 10 MHz de offset, EGSM 450 - 10 MHz de offset, GSM 850 - 45 MHz offset, GSM 900 - 45 MHz de offset, EGSM 900 - 45 MHz de offset, GSM 1800 - 95 MHz de offset e, finalmente, o GSM 1900 tem 80 MHz de offset. (LIMA 2014)

Entre os tipos de frequency hopping, de acordo com Machado et al (2007), tem-se a banda base (baseband – BB) e o sintetizado (radio frequency – RF). Na baseband, as frequências de salto são planejadas como no caso sem frequency hopping, mas durante uma chamada, a frequência é mudada de rajada em rajada, passando por todas as frequências disponíveis na célula.

Ainda de acordo com os autores, uma vantagem do baseband em relação ao sintetizado é o fato de que os combinadores de banda estreita podem ser utilizados, os quais têm baixa perda de inserção com relação aos combinadores de banda larga, que são requeridos no frequency hopping sintetizado. A baixa perda de inserção gera maior potência na saída da antena, logo, se têm células maiores e com maior poder de penetração em prédios.

Já a vantagem do frequency hopping sintetizado se encontra em sua utilização em ambientes com muitos prédios, nos quais não se consegue fazer a predição com acurácia da propagação dos sinais devido a essas construções. Entretanto, as duas vantagens de utilizar frequency hopping são: diversidade de frequência e diversidade de interferência (MACHADO; BATISTA; MACHADO, 2007).

2.7 UMTS - Fast Power Control; Slow Power Control

O padrão UMTS inclui estruturas hierárquicas de células, em que os *hot spots*, regiões com muito tráfego, são servidos por micro células. Caso as células pudessem ser subdivididas infinitamente, dificilmente haveria qualquer estímulo para se projetar interfaces aéreas mais eficientes (LANGA, 2005).

Uma funcionalidade importante da rede é o Controle de Potência (Power Control) das células, este elemento controla o tráfego das células diminuindo a potência de irradiação, quando há muitos usuários conectados a ela. Com isso, diminui-se a cobertura da célula diminuindo a quantidade de terminais

conectados e fazendo-os migrarem para outras células menos congestionadas e, conseqüentemente, diminuindo o tráfego da célula em questão (ROBI; GARCIA, 2013).

Segundo Garcia (2006), o controle de potência (PC, da forma inglesa Power Control) mantém a qualidade do enlace de rádio de uma conexão por meio do ajuste das potências de transmissão tanto do enlace reverso quanto direto. A ideia é satisfazer os requisitos de qualidade estabelecidos para aquela conexão, utilizando para isso potências mínimas de transmissão, a fim de gerar menos interferência e aumentar a capacidade da rede de acesso de rádio. Dessa forma, são utilizadas duas maneiras de controle de potência, sendo essas: fast Power control e o slow Power control.

Em WCDMA, as estratégias de controle de energia que combinam controle de potência rápido (Fast Power Control), controle de potência em malha aberta e controle de potência em circuito fechado e controle de energia lento (Slow Power Control) são adotados, o que pode muito bem superar as influências de fatores desfavoráveis, como desvanecimento rápido em canais de rádio para garantir a qualidade de transmissão de canais de rádio. Dessa forma, o Fast Power Control seria o controle de potência rápido e a recepção de diversidade inerente dos receptores, que são usados para mitigar o problema do desvanecimento de potência do sinal. Talvez, o controle de potência firme e rápido seja o aspecto mais importante em WCDMA, em particular na ligação ascendente, pois sem esse, um único móvel overpowered poderia bloquear uma célula inteira (HOLMA; TOSKALA, 2007).

Ainda, segundo os autores, o controle de potência em circuito fechado, ou seja, o controle rápido funciona melhor na WCDMA como o sinal é espalhado para mais ampla largura de banda. O CDMA, tradicionalmente, tem controle de potência rápida somente no uplink e não no downlink, enquanto WCDMA tem força rápida de controle, tanto para a ligação descendente quanto para ligação ascendente.

Já o Slow Power Control seria o controle de potência lento assumindo-se que a potência média, sendo mantida ao nível desejado. Esse controle de potência lenta seria capaz de compensar o efeito da perda de caminho e sombra, ao passe que o controle de potência rápido possivelmente compensaria, igualmente, o desvanecimento rápido, ou seja, esse tipo de controle compensaria o canal lento de variações, as sombras (HOLMA; TOSKALA, 2007).

2.8 LTE - ICIC; eICIC

O sistema LTE define um processo de indicação de carga para a coordenação de ligação ascendente na interferência inter-célula. De acordo com Khan (2009), este mecanismo é utilizado para enviar uma indicação de sobrecarga quando a interferência um eNB experimenta elevada interferência em alguns blocos de recursos. A interferência excessiva eNB experimentada inicia o procedimento através do envio de uma indicação de sobrecarga em interferência uplink e envia

mensagem a eNBs vizinhos intra-frequência. A informação trocada consiste de alta interferência, interferência média ou baixa indicação de interferência para cada PRB.

O termo Inter-cell interference coordination – ICIC, de acordo com Khan (2009), é um tipo de tecnologia, que é concebido para reduzir a interferência criada por duas ou mais células. O ICIC evoluiu para melhorar e apoiar as implementações de rede heterogêneas, especialmente, o controle de interferência de canais de controle DL. O ICIC é reforçado pelo eICIC que foi introduzido no LTE R10. A principal alteração é a adição de ICIC domínio do tempo, realizado através da utilização de subtramas - ABS. O ABS inclui apenas os canais de controle e sinais de referência específicos para celulares, não existindo dados do usuário, e é transmitido com potência reduzida.

Quando eICIC é usado, a macro-eNB ABS irá transmitir de acordo com um padrão semi-estático. Durante estas subtramas, UEs na borda, geralmente, na região do CRE de células pequenas, pode receber informações DL, ambos os dados de controle e de usuário. A macro-eNB informará o eNB na pequena célula sobre o padrão de ABS. As transmissões para o tráfego de dados a alta velocidade são executadas no pico de potência, contudo, de modo a fornecer inter-célula de coordenação de interferência - ICIC, diferentes níveis de energia podem ser alocados em diferentes blocos de recursos de uma forma semiestático (KHAN, 2009).

Para Holma e Toskala (2009), as especificações de interface LTE apoiam a coordenação de interferência entre as células para assim conseguir as configurações de re-utilização de frequências dinâmicas. As coordenações podem ser usadas para otimizar o recurso de alocação nas células adjacentes ou para maximizar o rendimento de borda da célula.

Conclusão

A principal diferença entre as gerações de comunicações móveis seria a técnica de acesso ao meio utilizado por cada uma. Na primeira geração foi usado o TDMA, na segunda, era usada uma combinação de TDMA com FDMA. Na terceira geração existiu uma mudança mais radical e se passou a utilizar o CDMA e, na quarta geração surge uma nova técnica, denominada de OFDMA.

Os sistemas de telecomunicações, mais especificamente os celulares, alcançaram um raio maior de pessoas, do que se desenvolveu propriamente no país. Está-se vivendo a era da tecnologia 4G, entretanto, ainda não se tem nem a tecnologia 2G e 3G estável em todo o país, principalmente em cidades menores, zonas rurais e locais de acesso mais remoto, sendo que existem cidades que nem pegam sinal de telefonia celular móvel.

Junto com essa falta de desenvolvimento e estabilização necessária vêm os problemas como a interferência eletromagnética que também deveriam ser resolvidos, com melhores tecnologias, maiores capacidades de transmissão, além de capacidade da rede de suportar toda a demanda e a

diferença de tecnologias disponíveis nos diversos aparelhos existentes no mercado, desde os mais obsoletos aos mais sofisticados.

Algumas medidas para se contornar as interferências causadas pelas bolhas ionosféricas podem ser adotadas, como por exemplo, uso de satélites com maiores potências de transmissão, além do aperfeiçoamento do processamento de dados na estação receptora das telecomunicações, trazendo outro problema para o país, pois faltam tecnologia, infraestrutura e, principalmente, investimentos para tais demandas.

Atualmente, para resolver esses problemas há uma necessidade de se estabelecer padrões eficientes e adequados de normatização, de forma que seja possível resolver o problema de forma uniforme e eficiente. Como se observa, o estabelecimento de normatizações é um ponto positivo, posto que inibe inúmeras perturbações que podem afetar o sinal, poluindo-o de forma incontrolável e indesejável.

Cada tecnologia, que foi surgindo, foi trazendo avanços e melhorias em geral para a telefonia celular móvel, mas não vai parar por aí, sendo que já se fala em avanços na tecnologia LTE na Europa, já existindo pesquisas em torno dos avanços que virão. Por isso, é necessário que no Brasil avance e normatize o uso das tecnologias para uma modernização uniforme, conforme o restante do mundo.

Os desafios das tecnologias estão cada vez maiores com o surgimento de novos problemas a serem vencidos, mas pelos grandes avanços que já se teve, conforme visto na pesquisa bibliográfica e com projetos de melhorias na infraestrutura existente e os mecanismos adotados é possível vencer os problemas, principalmente, a interferência tratada nessa pesquisa.

Uma proposta para as próximas pesquisas do tema seria um estudo sobre a adequação e uniformização dessas tecnologias no país, operando todos em um único sistema e investindo em otimização de redes, além do crescimento em pesquisas com o intuito de sanar interferências, que possam atrapalhar a comunicação móvel.

Referências

- ASSUNÇÃO, P.; ESTEVINHO, R. *Avaliação de métodos de planeamento celular em GSM*. Lisboa: Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, 2000.
- BARBOSA, A.J.V. *Previsão de desempenho para redes móveis LTE e UMTS baseadas em Redes GSM co-localizadas*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.
- CABRAL, S.; MÜHLEN, S. Interferência eletromagnética no ambiente hospitalar. *Rev Digital Multiciênc.*, v.5, 2005
- CASSIOLATO, C. *EMI: interferência eletromagnética*. Disponível em <http://www.profibus.org.br/>. Acesso em: 11 nov. 2016.
- CORREIA, M. *A revolução das comunicações móveis: evolução dos serviços nas redes móveis*. Porto: Universidade do Porto, 2013.
- DODE, A.C.; LEÃO, M.M.D. Poluição ambiental e exposição

- humana a campos eletromagnéticos: ênfase nas estações radiobase de telefonia celular. *Cad. Jur.*, v.6, n.2, p.119-138, 2004.
- ESPINOSA, S.R. *Otimização de sistemas celulares de Terceira Geração: uma Abordagem utilizando algoritmos genéticos*. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2008.
- GARCIA, L.G.U. *Aumentando o desempenho do enlace direto de redes UMTS FDD através de conceitos avançados de antenas: uma análise sistêmica*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006.
- HOLMA, H.; TOSKALA, A. *WCDMA for UMTS – HSPA Evolution and LTE*. USA: John Wiley & Sons 2007.
- HOLMA, H.; TOSKALA, A. *LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*. USA: John Wiley & Sons, 2009.
- KHAN, F. *LTE for 4G Mobile Broadband: air interface technologies and performance*. Cambridge: University Press, 2009.
- LANGA, S.A. *Técnicas de otimização aplicadas a operação de sistemas de telefonia móvel GSM*. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- LEITE, C.A. *Ferramenta de predição para otimização da cobertura de rede celular*. São Paulo: ULBRA, 2011.
- LIMA, A.G.M. *Comunicações Móveis: do analógico ao IMT. 2000*. USA: Axcel Books, 2003.
- LIMA, P.H.P. *Análise da integração/co-existência de múltiplos atores de tecnologia 4G na mesma infraestrutura de rede*. Brasília: UnB, 2014.
- LOURENÇO, J.M.R. *Planificação e implementação de redes Móveis 2,5G*. São Paulo: Instituto Superior Politécnico Gaya, 2002.
- LUI, A.L. Um Experimento simples usado para identificar a susceptibilidade eletromagnética. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Artigo número: 97, 2010.
- MACHADO, A.S.; BAPTISTA, F.J.; MACHADO, S.R.L. *Otimização de Handover em uma rede GSM “Viva”*. Brasília: UnB, 2007.
- NAWROCKI, M. *Understanding UMTS Radio Network. Modelling, Planning and Automated Optimization*. New York: John Wiley, 2006.
- OTOMO, A.R. *Interferência eletromagnética em equipamentos de diatermia por microondas por aparelhos de telefonia móvel celular GSM*. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2010.
- ROBI, F.C.; GARCIA, P.A. Análise dos acessos de enlace direto e reverso para pacotes de dados de alta velocidade em sistemas celulares de 3ª geração. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION. 2013.
- SIMÃO, C.A.S.; CARDOSO, J.C.; BRITO, R.Á. *Eletricidade aplicada: interferência eletromagnética (IEM)*. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2012.