

2

Padrão 802.11

2.1. Histórico

As primeiras tecnologias sem fio surgiram em 1990 utilizando a frequência de 900 Mhz e oferecendo uma taxa de transmissão de 1 Mb/s. Posteriormente, em 1992 vieram implementações não padronizadas, eram produtos que operavam na banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) na faixa de 2.4 GHz, as taxas ainda eram baixas e as soluções eram proprietárias o que impossibilitava interoperabilidade entre os fabricantes.

Em 1990 o IEEE formou um grupo de trabalho denominado de projeto 802.11. O objetivo deste grupo era desenvolver um padrão para camada de controle de acesso ao meio, conhecida por MAC e uma camada física destinada para dispositivos sem fios fixos, móveis e portáteis que operassem em bandas onde não há a necessidade de licenciamento.

O projeto foi finalizado e aprovado em 1997 resultando em um padrão o qual suportava taxas de transmissão de 1 e 2 Mb/s. Desde sua implantação, o grupo de trabalho do 802.11 foi introduzindo correções e melhorias para abordar principalmente questões de segurança e desempenho. Estas melhorias ao padrão são publicadas pelo IEEE como variações do padrão 802.11, estas variações são sinalizadas pela letra que acompanha o 802.11.

Os padrões 802.11a [2] e 802.11b [3] foram lançados em 1999. Estes padrões traziam melhorias nos esquemas de modulação que possibilitaram melhores taxas de transmissão se compararmos ao padrão 802.11 original, isso possibilitou que os equipamentos de rede com 802.11b se tornassem populares rapidamente, enquanto que somente em 2001 é que começaram a surgir equipamentos que utilizavam padrão 802.11a.

Os equipamentos 802.11b operam na banda ISM na faixa de 2.4 GHz assim como o legado 802.11, a principal diferença é que aquele é capaz de transmitir com taxas de 5.5 e 11 Mb/s. Outra vantagem do 802.11b é a possibilidade de

cifrar os dados que são transmitidos através do protocolo WEP (*Wired Equivalent Privacy*) que posteriormente se mostrou vulnerável.

O padrão 802.11a opera na frequência de 5 GHz fazendo uso da técnica OFDM e assim permite a transmissão de dados com taxa de até 54 Mb/s com o canal em boas condições ou, dependendo da condição do canal e distância que o terminal estiver do ponto de acesso, o padrão permite que a modulação utilizada seja alterada e consequentemente a taxa de transmissão seja reduzida para uma das seguintes taxas: 48, 36, 24, 18, 12, 9 ou 6 Mb/s. A redução da taxa para possibilitar a comunicação em canais mesmo em condições não ideais, é obtida alterando a modulação para uma modulação mais robusta.

Em 2003 foi finalizado e aprovado o padrão 802.11g [1] que assim como o 802.11a permite a transmissão de dados com taxa de até 54 Mb/s com o canal em boas condições e taxas intermediárias assim como o 802.11a. A principal diferença em relação ao 802.11a é que o 802.11g opera na frequência de 2,4 GHz, a mesma que o 802.11b e por isso o 802.11g foi desenvolvido de forma que os dispositivos 802.11b e 802.11g pudessem se comunicar e coexistissem na mesma faixa de frequência.

Em 2009 o padrão 802.11n foi aprovado. Este possui como principais diferenças para os padrões anteriores o uso da tecnologia MIMO que faz uso de múltiplas antenas o que permite o aumento significativo da taxa de transmissão assim como aumento da área de cobertura se compararmos com os padrões 802.11a/g. Os dispositivos 802.11n podem operar tanto na faixa de frequência 2,4 GHz quando na faixa de 5 GHz. A versão 802.11n é compatível com as versões 802.11a/b/g, de forma que estes possam interagir sem que haja colisões.

Inicialmente houve alguns problemas de interoperabilidade entre os equipamentos de diferentes fabricantes. Para solucionar isso foi criado o Wi-Fi Alliance no qual os fabricantes de dispositivos 802.11, que fazem parte desta aliança, colaboram permitindo que seus equipamentos passem por uma serie de testes para garantir a interoperabilidade. Ao ser aprovado nos testes os equipamentos recebem o logo do Wi-Fi Alliance.

2.2.

Características dos padrões 802.11

2.2.1.

Padrão 802.11a

O padrão IEEE 802.11a [2] foi o primeiro padrão de rede sem fio a utilizar a frequência de 5 GHz. O padrão utiliza 300 MHz da faixa de 5GHz a qual não se faz necessário o licenciamento para o uso. Estes 300 MHz estão divididos para uso em ambiente interno e externo conforme mostrado pela Figura 2.1. A Faixa de 300 MHz é dividida em canais de 20 MHz e cada canal é dividido em 52 subportadoras das quais 48 são para transmissão de dados e as quatro restantes são destinadas para controle de erro.

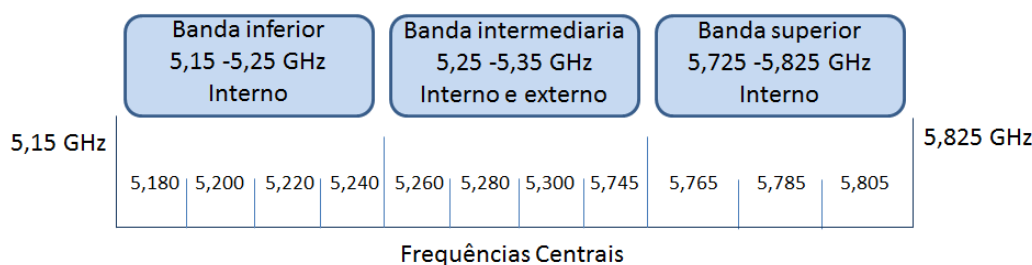


Figura 2.1 - Distribuição das frequências de acordo com a aplicação

O padrão 802.11a faz uso da técnica de modulação OFDM que possui uma eficiência maior se comparado às demais técnicas de modulação. Desta forma o padrão é capaz de transmitir com taxas entre 6 a 54 Mb/s dependendo da qualidade do canal e da distância. Se o canal não estiver em boas condições ou quando o terminal estiver mais afastado do ponto de acesso o padrão é capaz reduzir a taxa de transmissão sucessivamente para 48, 36, 24, 18, 12, 9 e, em último caso, 6 Mb/s. Devido ao uso da frequência de 5 GHz e da modulação OFDM, o padrão possui oito canais não sobrepostos conforme ilustra a Figura 2.2. Este padrão foi finalizando em 1990, mas somente em 2001 é que começaram a surgir equipamentos que utilizavam o mesmo.

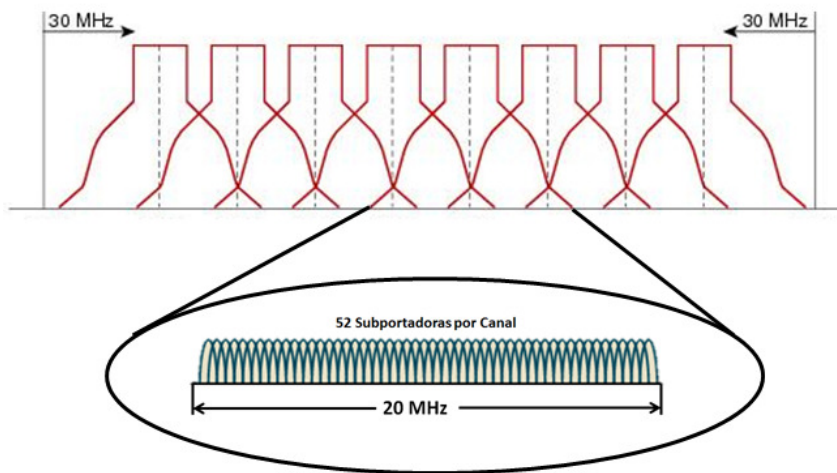


Figura 2.2 - Estrutura de canais do padrão 802.11a.

2.2.2.

Padrão 802.11b

O objetivo principal do padrão 802.11b [3] era elevar a taxa de transmissão de 1 Mb/s do 802.11 para pelo menos 11 Mb/s. Apesar do desenvolvimento do padrão 802.11a ter iniciado antes do 802.11b, o 802.11a teve alguns problemas técnicos regulatórios que fizeram que sua finalização fosse atrasada. Por conta disto o padrão 802.11b foi o primeiro da família 802.11 a ser concluído após o 802.11, tendo sido finalizado em 1999.

Para prover a taxa de 11 Mb/s, o 802.11b faz uso da modulação DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) em conjunto com a modulação CCK (*Complementary Code keying*) que utiliza 64 sequências de códigos únicos e suporta 6 bits por palavra código. A palavra codificada com CCK é então modulada em uma portadora de rádio frequência (RF) que utiliza QPSK (*Quadrature Phase-Shift Keying*), o que permite que outros dois bits sejam codificados a cada 6 símbolos de bits. Desta forma temos 8 bits transportados a cada símbolo de 6 bits.

Diferentemente do 802.11a, o 802.11b opera na faixa de frequência de 2.4 GHz entre as frequências de 2.4 e 2.483 GHz. O 802.11b possui 14 canais cada um com comprimento de 25 MHz. A quantidade de canais utilizados pelos

equipamentos depende do órgão regulador de cada país. O mais comum é o uso de 11 dos 14 canais disponíveis, neste cenário a faixa de frequência na qual a operação do padrão 802.11b é permitida possui um espaçamento de 83 MHz, onde dos canais disponíveis, três canais não são sobrepostos conforme ilustrado pela Figura 2.3.

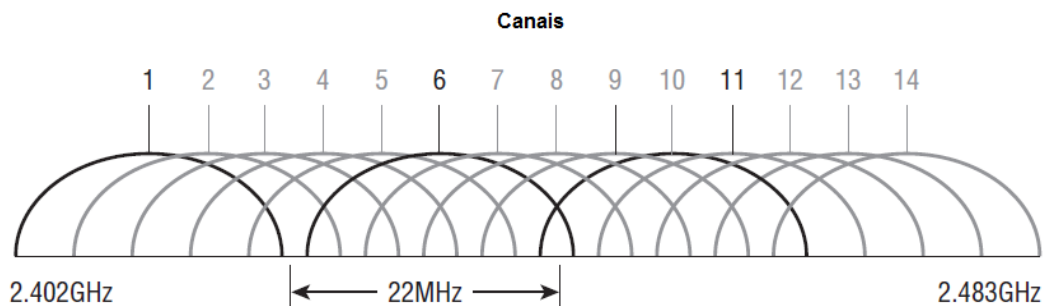


Figura 2.3 - Canais disponíveis no padrão 802.11b

Da mesma forma que 802.11a, a taxa de transmissão máxima alcançada depende da condição do canal e da distância em que a estação se encontra do ponto de acesso. No caso do 802.11b a taxa de transmissão máxima é de 11 Mb/s. Se o canal não estiver em boas condições ou se houver uma grande distância o padrão é capaz de transmitir em taxas mais baixas tais como 5,5 Mb/s, 2 Mb/s e em casos extremos a 1 Mb/s. Os dispositivos que utilizam o padrão 802.11b são compatíveis com os equipamentos 802.11. Esta compatibilidade em conjunto com o rápido desenvolvimento do padrão e as características de propagação inerentes a faixa de frequência de 2,4 GHz fez com que esse padrão fosse amplamente adotado.

2.2.3.

Padrão 802.11g

O grupo de trabalho encarregado de desenvolver o padrão 802.11g [1] tinha como objetivo obter taxas de transmissão superiores às obtidas com o padrão 802.11b. Foi obtido um aumento da taxa de transmissão principalmente por conta do uso da modulação OFDM em conjunto com DSSS.

O padrão 802.11g utiliza a frequência de 2,4 GHz na mesma faixa do padrão 802.11b, com o mesmo comprimento de 25 Mhz por canal e os mesmos canais do padrão 802.11b. Com o padrão 802.11g pode-se obter até 54 Mb/s em boas condições de propagação. No caso o canal não estar com boas condições ou a estação esteja um pouco mais afastada do ponto de acesso o padrão é capaz de transmitir em uma das taxas dentre os valores: 48, 36, 24, 18, 12, 9 ou 6 Mb/s.

O IEEE 802.11g é compatível com o 802.11b, mesmo o 802.11b não sendo capaz de receber os sinais OFDM. Para se comunicar com estações 802.11b os equipamentos 802.11g reduzem a taxa de transmissão e ambos utilizam a mesma modulação para permitir a comunicação. Nestas situações, onde existem estações tanto com o padrão 802.11g quanto com a versão 802.11b se comunicando, foi previsto no padrão 802.11g um modo de proteção para que não haja colisões e interferências. Outro elemento que foi contemplado para que os equipamentos 802.11b não venham a interferir nas transmissões em OFDM, por não serem capazes de identificar essas transmissões, é que todo o preâmbulo deve ser enviado em taxas de transmissão mais baixas. O objetivo é permitir que tantos os equipamentos 802.11g quando os 802.11b sejam capazes de identificar que está ocorrendo uma transmissão e não ocorra interferência. Essa taxa reduzida faz com que a vazão seja na pratica menor que os 54 Mb/s que o padrão é capaz de transmitir.

Por possuir taxas muito superiores ao 802.11b e por ser compatível com este, o padrão 802.11g se popularizou rapidamente.

2.2.4.

Padrão 802.11e

Devido à limitação existente nos padrões 802.11a/b/g em não permitir a priorização de acordo com as características do tráfego e pela qualidade da transmissão para diferentes tipos de tráfegos, o IEEE desenvolveu o padrão 802.11e [4]. Este padrão incorpora melhorias que permitem que o tráfego seja diferenciado em até quatro categorias, com diferentes prioridades de acesso ao meio. Desta forma, é possível que o AP atenda os requisitos de QoS que cada tipo de aplicação necessita.

Para permitir que os requisitos de QoS sejam atendidos, o padrão IEEE 802.11e traz uma série de modificações à camada MAC, dentre as quais a principal é o EDCA (*Enhanced distributed channel access*) que é uma evolução do DCF (*Distributed Coordination Function*) sendo justamente o elemento que possibilita a priorização do tráfego. Com este também foi implementada uma janela de contenção (CW) e um AIFS (*Arbitration Inter-Frame Space*) menor para os pacotes de alta prioridade. Além disto, com o EDCA também é implementado o TXOP (*Transmit Opportunity*), o qual fornece um período de acesso livre ao canal onde a estação ou o AP podem realizar suas transmissões e as confirmações em bloco (*Block Acknowledgments*) que permitem a transmissão de um único bloco de confirmação para vários quadros transmitidos.

Grande parte das melhorias da camada MAC que o padrão 802.11e inclui, foram incorporadas no padrão 802.11n e por isso entraremos em detalhes de seu funcionamento na Seção 3.2.

2.2.5.

Comparativo entre os padrões

Os padrões 802.11a e 802.11g possuem em comum a mesma técnica de modulação que é o OFDM e a mesma taxa de transmissão máxima de 54 Mb/s. Em relação à frequência, o 802.11a trabalha em 5 GHz enquanto os demais padrões trabalham na faixa de 2.4 GHz. O mesmo ocorre com o espaçamento do canal, onde o 802.11a possui 20 MHz e os demais 25 MHz. A Tabela 2.1 reúne as principais diferenças entre os padrões 802.11.

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Tecnologias de camada física	DSSS	OFDM	DSSS/CCK	OFDM/DSSS
Taxas de transmissão	1, 2 Mb/s	6–54 Mb/s	5.5 e 11 Mb/s	1–54 Mb/s
Frequência	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Espaçamento de canal	25 MHz	20 MHz	25 MHz	25 MHz

Tabela 2.1 - Comparativo entre os padrões da família 802.11

