

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONFIGURAÇÃO E GERENCIAMENTO DE
SERVIDORES E EQUIPAMENTOS DE REDES

WILLIAN ANDRUKIU LEANDRO

COMPARATIVO ENTRE IEEE 802.11G E 802.11N

MONOGRAFIA

CURITIBA
2012

WILLIAN ANDRUKIU LEANDRO

COMPARATIVO ENTRE IEEE 802.11G E 802.11N

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Foronda

CURITIBA
2012

DEDICATÓRIA

A minha mãe.

Agradecimento

Ao meu Orientador Prof. Dr. Augusto Foronda por sua colaboração e determinação prestada a me guiar em minha monografia.

RESUMO

LEANDRO, Willian Andukiu. Comparativo entre IEEE 802.11g e 802.11n. 2012. Monografia (Especialização em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de rede) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

Considerando que a vida moderna tem levado o homem a buscar na tecnologia, a rapidez e a segurança necessárias para a execução de suas tarefas diárias ou até mesmo para seu lazer. O que confirma que para muitos usuários, a mobilidade é essencial porque eles precisam estar conectados em tempo integral e para isto surgiu a tecnologia Wireless. Com o surgimento desta nova tecnologia houve uma necessidade de criar um padrão, IEEE 802.11. Mais como toda tecnologia, teve suas evoluções para se adequarem as necessidades que surgiam ao longo do tempo pelas empresas e usuários. E também apareceram alguns empasses onde fizeram surgir novos padrões de IEEE. Atualmente existem vários padrões, mas a maioria dos equipamentos é 802.11g e 802.11n. E com base neste dado o trabalho teve como finalidade o comparativo entre estes dois padrões. Onde ficou concluído que os dois padrões são iguais, porém um tem a finalidade de cobrir as necessidades de uma casa e outra de um escritório ou empresa.

Palavras –Chave: Wireless, Padrão IEEE, Necessidade e Avanço.

ABSTRACT

LEANDRO, Willian Andrukiu. Comparison between IEEE 802.11g and 802.11n. 2012. Monografia (Especialização em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de rede) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

Considering that modern life has led man to seek the technology, speed and security required for the execution of their daily tasks or even for your leisure. What confirms that for many users, mobility is essential because they must be connected full time and it came to wireless technology. With the emergence of this new technology there was a need to create a standard, IEEE 802.11. More like all technology, had its developments to suit the needs that arose over time by companies and users. And also appeared empasses where some have created new standards of IEEE. Currently there are several patterns, but most equipment is 802.11g and 802.11n. And based on this given the work aimed at the comparison between these two patterns. Where was concluded that the two patterns are the same, but one is intended to cover the needs of a home and an office or other organization.

Keywords: Wireless, IEEE, Need and Advancement.

LISTA ABREVIATURA

AES - Advanced Encryption Standard
AP - Ponto de Acesso
BSA - Basic Service Area
BSS - Basic Service Set
DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum
ESS - Extended Service Set
FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum
IEEE - Institute of Electrical and Eletronics Engeneers
ISM - Industrial, Scientific and Medical
ISO – Internacional Organization for Standardization
ISO/IEC – Open Systems Interconnection Basic Reference Model
LAN – Local Area Network
LLC – Logical Link Control
MAC – Medium Access Control
MIMO – Multiple-Input Multiple-Output
MPDU - MAC Protocol Data Unit
MSDU - MAC Service Data Unit
OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA – Orthogonal Frequeny-Division Multiple Access
OSI - Open Systems Interconnection
STA - Estações
TDMA - Time Division Multiple Acess
WAP – Wi-Fi Protected Access
WECA - Wireless Compatibility
WEP – Wired Equivalent Privacy
WLAN - Wireless Local Area Network

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vendas de unidades Wi-Fi por segmento.....	16
Figura 2: Topologia de rede AD-HOC.....	20
Figura 3: Topologia de rede Infraestruturada.....	20
Figura 4: Modelo de OSI.....	21
Figura 5: Padrões 802.11.....	24
Figura 6: Diagrama representativo de uma conexão utilizando múltiplas antenas....	29
Figura 7: D-Link DI524.....	31
Figura 8: DLink DWL-G730AP.....	32
Figura 9: TP-Link TL-WR541G.....	32
Figura 10: D-Link DIR300.....	32
Figura 11: Linksys WRT54G.....	32
Figura 12: Intelbrás WRS 240E.....	33
Figura 13: Netgear WRG614.....	33
Figura 14: Linksys WRT54G2.....	33
Figura 15: 3Com 3CRWER300-73.....	35
Figura 16: Linksys WRT350N.....	35
Figura 17: Edimax BR6424N.....	35
Figura 18: Trendnet TEW-632BRP.....	36
Figura 19: Belkin F5D8233-4v3.....	36
Figura 20: Trendnet TEW-631BRP.....	36
Figura 21: Encore ENHWI-N.....	37
Figura 22: TP-Link TL-WR941ND.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Benefícios da rede Wi-Fi.....	17
Tabela 2: Desvantagens da rede Wi-Fi	17
Tabela 3: Técnicas de Transmissão.	18
Tabela 4: Elementos que fazem parte da arquitetura	19
Tabela 5: Alcance de transmissão	25
Tabela 6: Comparativo entre os padrões G e N	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
1.3 PROBLEMA	12
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 Objetivo Geral	12
1.4.2 Objetivos Específicos	12
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
1.7 ESTRUTURA	14
2. Wi-Fi	15
2.1 MODELO DE REFERENCIA OSI	21
2.2 PADRÕES 802.11	22
2.2.1 Padrão 802.11a	25
2.2.2 Padrão 802.11b	25
2.2.3 Padrão 802.11g	26
2.2.4 Padrão 802.11n	26
3. COMPARATIVO DOS PADRÕES 802.11g/n	30
3.1 PADRÃO 802.11g	30
3.1.1 Alguns roteadores com o padrão G	31
3.2 PADRÃO 802.11n	34
3.2.1 Alguns roteadores com o padrão N	34
3.3 COMPARATIVO ENTRE OS PADRÕES 802.11g/n	37
4. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo irá apresentar os itens relacionados ao projeto: tema, delimitação, problema e premissas, objetivo geral e específicos, justificativa, procedimentos metodológicos e estrutura.

1.1 TEMA

Nosso dia a dia já não é igual como antigamente, onde utilizávamos papéis e canetas para enviar dados estatísticos ou até mesmo para fazer um levantamento de dados sobre o desenvolvimento do país ou quem sabe enviar uma carta a alguém distante. Com a tecnologia ficou tudo mais fácil, mais ainda com a tecnologia Wi-Fi. Mas para isto ocorrer teve a evolução dos computadores para notebooks e recentemente netbooks, Tablets, Celulares com plataforma de Wi-Fi e com preços mais acessíveis com isso mais pessoas tem acesso. E também houve um aumento da venda de banda larga entre a população.

Por muito tempo, somente era possível conectar a Internet a computadores por meio de cabos. Este tipo de conexão é bastante popular, mas com algumas limitações, como: nenhuma movimentação do computador, necessário fazer adaptações em casa ou empresas para colocar os cabos necessários e a facilidade de obstruir os cabos de redes. Para eliminar estes empasses surgiu uma nova rede, a rede sem fio ou Wireless ou Wi-Fi.

Esta rede não necessita de cabos para seu funcionamento, já que efetuam a transmissão de dados por meio de radiofrequência. Existem inúmeras vantagens desta rede, entre elas, o uso dela em qualquer ponto dentro dos limites de alcance da transmissão e inserção rápida de outros computadores e dispositivos na rede. A flexibilidade é tão grande que se tornou viável a implementação de redes para uso da tecnologia em vários lugares. Basta o usuário ter um equipamento que tenha aplicativo instalado e que seja compatível com Wi-Fi do local.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Será apresentada uma pesquisa referente aos padrões 802.11 a/b/g/n. Nos anos 90, a Redes Wireless começou a ser oferecida pelas empresas, quando houve

uma tendência de fortalecimento e de investimento por parte das empresas e instituições que adotaram esta tecnologia. E com isto teve uma necessidade de se criar um padrão IEEE para o serviço, ajudando na melhoria da tecnologia, viabilizando a interoperabilidade entre os diversos fabricantes que o seguissem. Como ponto principal do projeto o comparativo entre os padrões 802.11g e 802.11n através de pesquisas.

1.3 PROBLEMA

A necessidade do mercado atual move a tecnologia em todos os setores, abre novos horizontes trazendo soluções práticas, objetivando uma comunicação rápida e segura (OLIVEIRA, 1999). Surgindo assim novos padrões conforme a tecnologia evolui, tanto nos padrões como nos equipamentos que suportam esta tecnologia.

Atualmente a grande maioria dos equipamentos é do padrão 802.11g devido o custo elevado dos equipamentos 802.11n e por ser uma nova tecnologia no mercado. Porém, muitos dos equipamentos que possui o padrão 802.11g têm a compatibilidade com o padrão 802.11n, juntamente com um grande investimento para esta compatibilidade.

Junto com esse investimento vem à questão, será que todos os equipamentos que possui o padrão 802.11g tem mesmo a compatibilidade com o padrão 802.11n? E será que vale um investimento tão alto?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo entender quais seriam as diferenças e semelhanças entre os padrões IEEE 802.11g e 802.11n.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Compreender como foi o surgindo da Wi-Fi no mundo;
- Listar as evoluções de IEEE 802.11;
- Diferenciar IEEE 802.11g de 802.11n;
- Analisar alguns equipamentos que contem estes padrões.

1.5 JUSTIFICATIVA

É notável o crescimento de equipamentos que utilizam a tecnologia sem fio no mundo, em especial o Wi-Fi, e a tendência é o aumento. O funcionamento principal de *Wireless* é a transmissão de dados através de camada atmosférica por ondas eletromagnéticas. A WLAN (*Wireless Local Area Network*) foi criada a partir do conceito de LAN (*Local Area Network*) onde se converte um pacote de dados em onda ou infravermelho e os envia para outros dispositivos que tenha a mesma tecnologia.

Com o crescimento da rede Wi-Fi e o fortalecimento, muitas empresas e instituições foram obrigados a criar um padrão, o IEEE 802.11 para o serviço de rede sem fio. O primeiro padrão desenvolvido foi em 1990 e lançado em 1997. Embora o padrão inicial dá uma taxa de dados máxima de 2 Mbps. O próximo padrão da família, IEEE 802.11b, aumenta a taxa de dados a 11 Mbps. Com a introdução de novos padrões, IEEE 802.11a e IEEE 802.11g, a taxa de dados aumenta para 54 Mbps.

Para resolver os problemas de segurança e o suporte das versões anteriores foram publicados o IEEE 802.11e e IEEE 802.11i aumento a taxa para 100-125 Mbps. O próximo da família é o IEEE 802.11n, que veio para aumentar o rendimento da camada MAC e não simplesmente para aumentar taxa de dados, até 540 Mbps.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para elaboração deste projeto foi utilizados livros e artigos relacionados com tema abordados. Os artigos relacionados serão de publicações internacionais.

1.7 ESTRUTURA

Será dividido em 3 partes. O capítulo 1 apresentará a introdução, que é composta pelo tema, delimitação, problema e premissas, objetivo geral e específicos, justificativa, procedimentos metodológicos e estrutura.

No capítulo 2 serão abordados de forma aprofundada os conceitos relacionados aos temas abordados no projeto, como conceitos de redes sem fio, os padrões 802.11.

O capítulo 3 irá diferenciar os padrões 802.11g e 802.11n, como equipamentos.

O ultimo capítulo será as considerações finais do projeto.

2. Wi-Fi

Com a junção 3Com, Nokia, Lucent Technologies (atualmente Alcatel-Lucent) e Symbol Technologies da Motorola criaram a padronização da rede sem fio. Em 1999 nasceu a *Wireless Compatibility* (WECA). O aumento desta tecnologia no mundo fez com que em 2003 passasse a se chamar Wi-Fi Alliance.

A WECA trabalha com as especificações IEEE 802.11 e que a principal característica é a radiofrequência diferente da IEEE 802.3 que usa cabos para passar a frequência (como meio físico). A vantagem da radiofrequência é que não é necessária a utilização de protocolo específico para a comunicação de redes sem fio.

O nome apropriado a esta tecnologia ainda não tinha sido definido, a WECA precisava que fosse fácil a pronuncia e associação rápida a rede sem fio. Com isto foi contratado uma empresa específica, a INTERBRAND que criou a Wi-Fi e o logotipo da tecnologia. A base da criação foi o termo “Wireless Fidelity”. Deu tão certo que a partir de 2003 WECA passou a ser Wi-Fi Alliance. É um conjunto de especificações de redes locais as WLAN (*Wireless Local Area Network*) baseada no padrão 802.11.

Existem várias vantagens da utilização de rede sem fio. A principal seria a conexão de computadores à acessórios sem cabos interligando-se, como impressoras, smartphones, tablets, etc. Com o baixo custo e com a não utilização de cabos é comum encontrar redes Wi-Fi em hotéis, aeroportos, bares, restaurantes, shoppings, universidades, etc. Para utilização desta rede pelo usuário basta ter um laptop, smartphone ou outros dispositivos que tenham acesso a Wi-Fi.

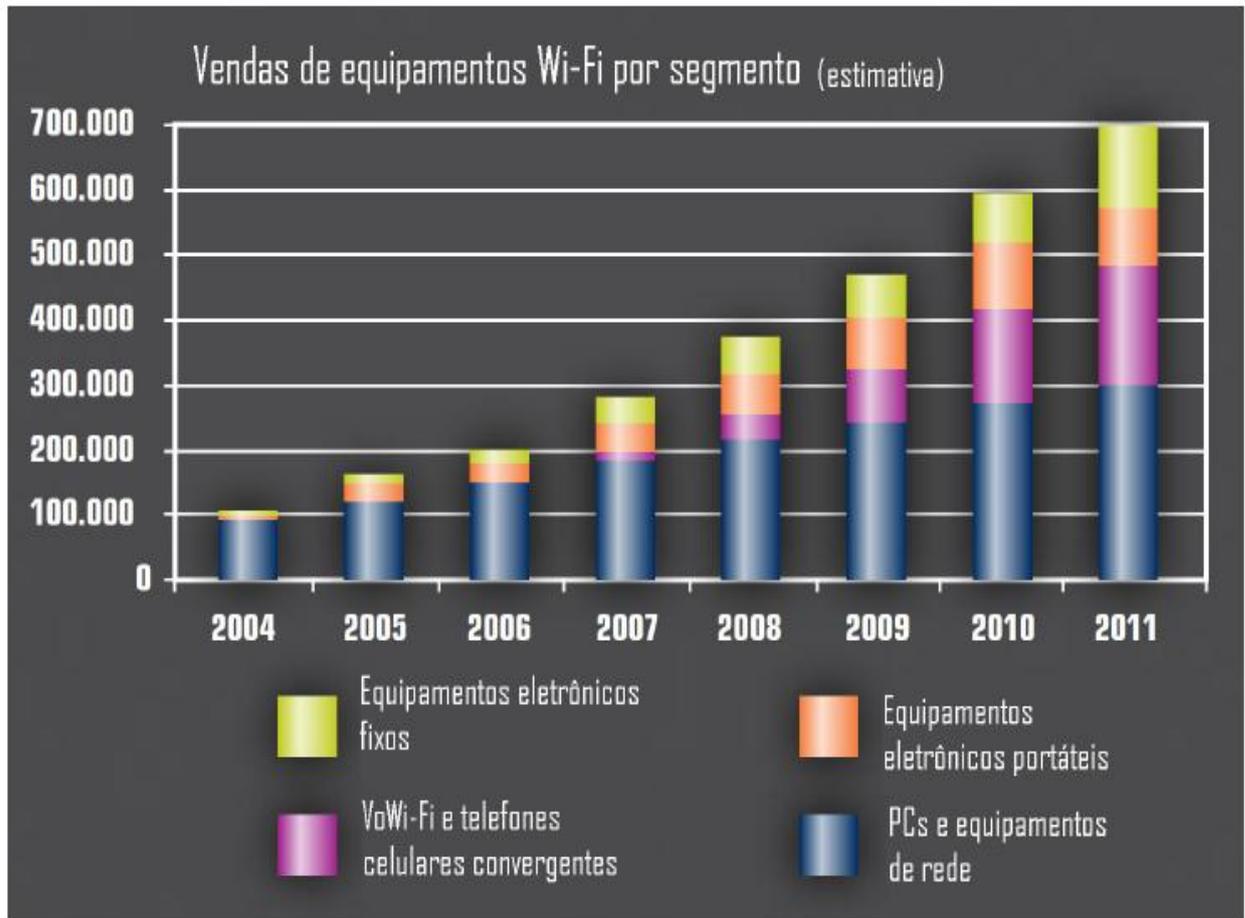


Figura 1: Vendas de unidades Wi-Fi por segmento

Fonte: Wi-Fi Annual report, 2007

Como podemos observar na Figura 1, que em 2004 apenas PCs, equipamentos de redes e uma pequena quantia de equipamentos eletrônicos fixos e portáteis que continha a tecnologia Wi-Fi. Com o passar do tempo esta tecnologia foi aderida aos telefones celulares. E a cada ano surgem novos equipamentos que utilizam Wireless, com isto o mercado quer estar atualizando seus estoques de tempo em tempo.

Segundo Bonfim, as redes Wi-Fi as possibilitam uma série de benefícios aos seus usuários, nos dias atuais podemos dizer que seus recursos oferecem diminuição nos custos e em contrapartida aumentando a eficiência. Dentre tais benefícios, destacam-se na tabela 1. Mas também tem desvantagens que são mostradas na tabela 2 a seguir.

Mobilidade	Permite aos usuários acesso aos recursos da rede sem estarem conectados fisicamente dispondo com alta velocidade de transmissão.
------------	--

Robustez	Uma rede sem fio pode sobreviver intacta em caso de um desastre.
Rápida e fácil instalação	Tempo extremamente reduzido ao comparado com conexões que utilizam cabos, não havendo assim a necessidade passa-los por paredes ou tetos.
Flexibilidade	Realização de tarefas em diversos cenários ou estações de trabalho, alternando o local conforme a necessidade.
Redução do custo agregado	Facilidade de expansão, menos necessidade de manutenção, robustez e outros fatores que ajudam a amenizar o tempo necessário para recuperar os recursos inicialmente empregados.
Escalabilidade	Configuração das WLANs para a utilização de pequenas a grandes redes possibilita facilidade de adaptação para utilização em diversas situações, vantagem no acesso a Internet.
Diversos topologias	Podem ser configuradas em uma variedade de topologias para atender as aplicações específicas. As configurações são facilmente alteradas.

Tabela 1: Benefícios da rede Wi-Fi.

Fonte: WLAN – IEEE 802.11 – BONFIM, R., 2008

Qualidade de serviço	A qualidade do serviço provido ainda é menor que a das redes cabeadas. As principais razões para isso são as limitações da radiotransmissão e a alta taxa de erro devido à interferência.
Custo	Os preços dos equipamentos de Redes sem fio são mais altos que os equivalentes em redes cabeadas.
Segurança	Os canais sem fio são mais suscetíveis a interceptores não desejados. O uso de ondas de rádio na transmissão de dados também pode interferir em outros equipamentos de alta taxa de erros na transmissão.
Baixa transferência de dados	Embora a taxa de transmissão das redes sem fio esteja crescendo rapidamente, ela ainda é baixa se comparada com as redes cabeadas.

Tabela 2: Desvantagens da rede Wi-Fi

Fonte: WLAN – IEEE 802.11 – BONFIM, R., 2008

Funcionamento do Wi-Fi se baseia no padrão 802.11. Este padrão estabelece normas para criação e para uso de redes sem fio por radiofrequência. A frequência pode ser usada sem a necessidade de aprovação direta de entidades apropriadas pelo governo. As faixas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) podem ser operados

em intervalos diferentes, 902 MHz - 928 MHz; 2,4 GHz - 2,485 GHz e 5,15 GHz - 5,825 GHz, mas podem sofrer variações conforme o país.

A primeira versão do padrão 802.11 foi lançada em 1997, se trata de uma tecnologia de transmissão por radiofrequência, o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers* ou Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) que determinou o intervalo de frequência entre 2,4 GHz e 2,4835 GHz e sua taxa de transmissão de dados é de 1Mb/s ou 2Mb/s. A técnica de transmissão usada é Espalhamento Espectral por Sequencia Direta (DSSS - *Direct Sequence Spread Spectrum*), Espalhamento Espectral por Saltos em Frequências (FHSS - *Frequency Hopping Spread Spectrum*), Multiplexação ortogonal por Divisão de Frequência (OFDM – *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) e Acesso Múltiplo por Divisão Ortogonal da Frequência (OFDMA – *Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*).

DSSS possibilita a transmissão por vários canais dentro de uma frequência, por entanto cria vários segmentos de informação. Já a FHSS determina um certo período de frequência para transmissão. Com a escolha da frequência a velocidade de transmissão é menor, porém a interferência é menor também, já na DSSS a velocidade é maior, mas a chance de sofrer interferência é maior.

OFDM é uma técnica que consiste em dividir os bits em diversos *streams* de taxa menor. Estes *streams* são transmitidos por subcanais que operam em frequência que não interferem ao outros.

OFDMA pode ser visto como uma combinação entre OFDM e TDMA (*Time Division Multiple Access* ou Múltiplo por Divisão de Tempo) e permite simultaneamente a utilização por vários usuários, mas com uma baixa taxa de transferência.

Transmissão	Padrão
FHSS	A primeira técnica utilizada em IEEE 802.11
DSSS	Utilizado em IEEE 802.11 e aprimorado em 802.11b
OFDM	Definido primeiramente no IEEE 802.11a e adaptado em 802.11g
OFDMA	Consiste na versão de multiusuários do sistema OFDM.

Tabela 3: Técnicas de Transmissão.

Fonte: WLAN – IEEE 802.11 – BONFIM, R., 2008

Na Tabela 3 pode se visto as técnicas de transmissão adotada por cada padrão IEEE e sua evolução.

A arquitetura do 802.11 é definida para redes sem fio, a divisão da área coberta é feita por rede em células, a estrutura desta células é denominada de BSS (*Basic Service Set*). Já estas células são denominadas de BSA (*Basic Service Area*), seu tamanho depende das características do ambiente e da potência dos transmissores e receptores usados.

O bloco fundamental da construção do 802.11 é o BSS, é definido como um grupo de estações que determina quando uma estação pode transmitir e receber dados, a coordenação.

Na Tabela 4 os elementos que fazem parte da arquitetura das redes sem fio. Existem maneiras diferentes de se conectar a uma rede Wireless LAN, sendo a AD-HOC da Figura 2 e a Infraestrutura na Figura 3. Para escolha de uma destas modalidades depende se a rede wireless necessita compartilhar dados ou periféricos com uma rede *wired* ou não.

Ponto de Acesso (AP)	Tem a funcionalidade de estação e de acesso ao Sistema de Distribuição.
Estações (STA)	Dispositivo que contém a conformidade MAC e a camada física do IEEE 802.11.
Basic Service Set (BSS)	Um grupo de estações controladas por uma função simples de coordenação.
Função de Coordenação	A função lógica que determina quando uma estação que está operando dentro de um BSS.
Sistema de Distribuição	Um sistema utilizado para interconectar um grupo de BSSs e integrado a LANs para criar uma ESS (Backbone).
MAC Protocol data unit (MPDU)	Unidade de dados trocados entre duas entidades MAC utilizando o serviço da camada física.
MAC Service data unit (MSPDU)	Informação que é entregue como uma unidade entre os usuários MAC.
Extended Service Set (ESS)	Um grupo de um ou mais BSSs interconectados e integrados a LANs que aparecem como um simples BSS para a camada LLC em qualquer estação associada com um desses BSSs.

Tabela 4: Elementos que fazem parte da arquitetura

Fonte: WLAN – IEEE 802.11 – BONFIM, R., 2008



Figura 2: Topologia de rede AD-HOC

Fonte: Kotviski, 2009



Figura 3: Topologia de rede Infraestruturada

Fonte: Alecrim, 2008

De acordo com Rufino (2005) as redes sem fio possuem dois tipos de funcionamento: Infraestrutura e Ad-Hoc. O funcionamento do modo infraestrutura

possui um concentrador que é um equipamento central de uma rede que possibilita, para essa topologia, uma melhor administração e concentração de todos os dispositivos clientes em um só ponto.

Já o modo de operação Ad-Hoc, o funcionamento é baseado em redes ponto-a-ponto nas quais os computadores e dispositivos sem fio conversam diretamente entre si sem a necessidade de um ponto de acesso. Esse tipo de modo de operação possui vantagens de simplificação na troca de arquivos sem necessidade de mão de obra especializada, porém disponibiliza um elevado índice de falta de segurança na comunicação entre os dispositivos sem fio (RUFINO, 2005).

2.1 MODELO DE REFERENCIA OSI

Conforme a Academia CISCO, o modelo OSI foi elaborado pela *International Organization for Standardization* (ISO) para um conjunto de protocolos de sistemas aberto.

Como um modelo de referência, o modelo OSI fornece uma lista de camadas que executam funções e serviços. A figura 4 ilustra as sete camadas do modelo OSI.



Figura 4: Modelo de OSI

Fonte: Academia CISCO

Cada camada tem sua funcionalidade tais como:

- Aplicação: a camada fornece os meios para conectividade ponto-a-ponto entre indivíduos na rede de dados;
- Apresentação: fornece uma representação comum de dados transferidos entre serviços da camada de Aplicação;
- Sessão: fornece serviços à camada de Apresentação para organizar seu diálogo e para gerenciar a troca de dados;
- Transporte: define os serviços para segmentar, transferir e reunir os dados para comunicações individuais entre dispositivos finais;
- Rede: fornece serviços para trocar pedaços individuais de dados através da rede entre dispositivos finais identificados;
- Enlace de Dados: Descrevem métodos para trocar quadros de dados entre dispositivos através de um meio físico comum;
- Física: descrevem os meios mecânicos, elétricos, funcionais e procedimentais para ativar, manter e desativar conexões físicas para transmissão de bits para e/ou a partir de um dispositivo de rede.

2.2 PADRÕES 802.11

No comitê de Padrões 802 o grupo de trabalho 11 publicou o padrão específico, o IEEE. A família 802 envolvem as Camadas Física de Enlace do Modelo Referencial Básico para Interconexão de Sistemas Abertos (ISO/IEC) (*Open Systems Interconnection Basic Reference Model*) mais conhecido como OSI criado pela ISO (*Intenacional Organization for Standardization*).

O trabalho do comitê 802 foi subdividido em duas camadas LLC (*Logical Link Control*) e MAC (*Medium Access Control*). O mais comum é o LLC, mas por sua vez, o MAC especifica o nível físico dos padrões.

O 802.11 foi concebido para ser compatível com os demais padrões da família 802, ou seja, deve ser visto pelo LLC como qualquer outra rede 802. A versão atual da especificação foi editada em 1999 e adotada também pela ISO como padrão internacional no documento ISO/IEC 8802-11:1999. Conforme será visto a seguir, algumas extensões à especificação básica foram também elaboradas, como o 802.11a, 802.11b e 802.11g que adicionam maiores 22 capacidades ao nível físico,

permitindo taxas de transmissão mais altas [PORTO, 2003].

Mais tarde, durante o processo de melhoramento deste padrão, houve uma divisão de opiniões que gerou a quebra do comitê e o prosseguimento de dois padrões independentes: o 802.11a e o 802.11b [ANDRADE 2004].

Na figura 3, alguns dos padrões com seus receptivos melhoramentos.

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Faixa	5.7 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	Não confirmado Possivelmente, faixas de 2.4 e 5 GHz
Canais*	Até 23	3	3	
Modulação	OFDM	DSSS	DSSS	MIMO-OFDM
Taxas de dados	Até 54 Mbps	Até 54 Mbps	Até 11 Mbps	Especula-se que sejam 248 Mbps para dois fluxos de MIMO
Intervalo	Aproximadamente 150 pés ou 35 metros	Aproximadamente 150 pés ou 35 metros	Aproximadamente 150 pés ou 35 metros	Aproximadamente 230 pés ou 70 metros
Data de lançamento	Outubro de 1999	Outubro de 1999	Junho de 2003	Previsto para 2008
Prós	Rápido, menos propenso a interferência	Baixo custo, intervalo satisfatório	Rápido, intervalo satisfatório, de difícil obstrução	Taxas de dados muito boas, intervalo aprimorado
Contras	Custo mais elevado, intervalo mais curto	Lento, propenso a interferência	Propenso a interferência de eletrodomésticos que funcionam na faixa de 2,4 GHz	

Figura 5: Padrões 802.11

Fonte: Academia CISCO (www.cisco.com/web/learning/netacad)

2.2.1 Padrão 802.11a

A principal característica é aumento de velocidade para 54 Mbps, executada na faixa de 5 GHz e pode ser conectados a 64 clientes ao mesmo tempo. Adotou o sistema de transmissão OFDM. O sistema OFDM tornou-se a base para os sistemas de transmissão de rede sem fio mais utilizados. Além de frequência mais alta permite o uso de antenas menores, porém funciona somente em distâncias curtas, mas tem melhores protocolos que o 802.11b.

O alcance da transmissão pode ser observado na Tabela 5 e varia de lugar fechado para lugares abertos sendo assim:

Taxa em Mbit/s	Distância suportada em metros
54	05
48	12
36	25
24	30
18	40
12	60

Tabela 5: Alcance de transmissão

Fonte: Fonte: WLAN – IEEE 802.11 – BONFIM, R., 2008

O padrão demorou a chegar ao mercado e não era compatível aos outros padrões, e também não comercializado. Porém, esta tecnologia serviu para o desenvolvimento de novas tecnologias sem fio, principalmente para o padrão IEEE 802.11g.

- Prós do 802.11a – alta velocidade máxima; frequências regulamentado impedir a interferência de sinais de outros dispositivos.

- Contras de 802.11a – o mais alto custo; as ondas de rádio frequência mais alta são absorvidas mais facilmente por obstáculos, tornando-o suscetível a baixo desempenho devido aos bloqueios.

2.2.2 Padrão 802.11b

O padrão IEEE 802.11b foi o mais popular, sendo tecnologicamente e financeiramente o mais viável. Este padrão originou do padrão original da IEEE, o 802.11 original, em Julho de 1999. Operava com taxas de transferência de até 11 Mbps, mas suportava cinco velocidades, iniciando pelas mais rápidas até as mais

lentas, era de 11 Mbps, 5,5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps e 512 Kbps (kilobits por segundo) e utiliza a banda de 2,4 GHz. A taxa real de *throughput* (transferência de arquivo) é cerca de 7 Mbps para conexões UDP, mas a maioria dos usuários vê 4 e 5 Mbps pois usam conexões TCP. Usa a mesma rádio frequência do padrão 802.11 original. As redes com padrão tem alcance de 30 m e podem chegar a 90 m. A rádio frequência usa a modulação DSSS, permite altas taxas de velocidades.

- Prós do 802.11b – menor custo; alcance do sinal é bom e não é facilmente obstruído.
- Contras do 802.11b – menor velocidade máxima; eletrodomésticos podem interferir na faixa de frequência não regulamentada .

2.2.3 Padrão 802.11g

Com a incompatibilidade dos padrões 802.11a e 802.11b, foi juntado o melhor de cada padrão. Do 802.11a velocidade mais a compatibilidade do padrão 802.11b, já que 802.11a não era compatível com o 802.11b, abrindo as portas para o 802.11g. Suporta a velocidade até 54 Mbps, sua frequência é de 2,4 Ghz para maior alcance.

Segundo Ricardo Bonfim, o IEEE 802.11g prevê a especificação da subcamada MAC e da camada física. A camada física é uma extensão do IEEE 802.11b, com uma taxa de transmissão de 54 Mbps usando a modulação OFDM, semelhante ao padrão 802.11a, porém utiliza a banda de 2,4 Ghz.

As redes g começaram a aparecer em 2003, alguns anos mais tarde elas foram melhoradas com uma tecnologia MIMO (*Multiply Input Multiply Output* – Múltiplas Entradas Múltiplas Saídas), que faz o aproveitamento maior dos sinais defletidos e refletidos aumentando assim a potência do sinal.

- Prós do 802.11g – alta velocidade máxima; alcance do sinal é bom e não é facilmente obstruído.
- Contras de 802.11g – custa mais do que 802.11b; aparelhos podem interferir na frequência do sinal não regulamentada.

2.2.4 Padrão 802.11n

Este padrão foi o aperfeiçoamento do tamanho da banda suportada pelo 802.11g na utilização de múltiplos sinais sem fio e antenas (MIMO) que permite a

utilização de diversos fluxos de transmissão, usando vários conjuntos de transmissores, receptores e antenas. Também é uma proposta para melhorar significativamente a rede dos padrões anteriores, como o 802.11b e 802.11g, com um aumento significativo na taxa de dados brutos (PHY) de 54 Mbps a um máximo de 600 Mbps. Ao contrário das melhorias anteriores, o objetivo deste novo padrão é aumentar o rendimento da camada MAC do IEEE 802.11, em vez de simplesmente aumentar a taxa de dados da camada PHY. Para alcançar este objetivo unificou três propostas, eficiência de espectro em todo mundo (WWise), Grupo de Trabalho N Sincronização (TGnSync) e Mac e MIMO. Opera na faixa de 2,4 Ghz e 5 Ghz, podendo trabalhar com canais de 40 Mhz, e a taxa de transferência é de até 300 Mbit/s.

Também é projetado para funcionar com a tecnologia de múltipla entrada e múltipla saída. O MIMO aumenta a taxa de transferência usando várias antenas em ambos os transmissores e receptores. IEEE 802.11n permite que até quatro fluxos de dados de cada vez, possibilitando o uso de quatro antenas no transmissor e quatro receptor, uma configuração conhecida como 4x4. Isso renderia um máximo teórico de taxa de dados de 600 Mbps por chip (150 Mbps por fluxo de dados), e aumenta o alcance de transmissão no máximo.

- Prós do 802.11n – velocidade máxima mais rápido e melhor alcance de sinal, mais resistente a interferência de sinal de fontes externas.

- Contras do 802.11n – ainda não está finalizado, custa mais do que 802.11g, o uso de múltiplos sinais podem interferir muito com 802.11b/g redes próximas.

De acordo com o livro "Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee and Wimax":

- 802.11n é a 4ª geração da tecnologia wireless lan;
- Primeira geração (IEEE 802.11) desde 1997 (WLAN/1G);
- Segunda geração (IEEE 802.11b) desde 1998 (WLAN/ 2G);
- Terceira geração (802.11a / g) desde 2000 (WLAN/ 3G);
- Quarta geração (IEEE 802.11n) (WLAN/ 4G).

As características distintivas do 802.11n são:

- Rendimento muito elevado (algumas centenas de Mbps);
- Longas distâncias em altas taxas de dados (o equivalente a IEEE 802.11b, 500 Mbps);

- Uso de tecnologias robustas (por exemplo - *input multiple - output múltipla* [MIMO] espaço e tempo de codificação).

Na opção de N é estimado que chegue a um teórico de 540 Mbps, e deve ser até 100 vezes mais rápido do IEEE 802.11b, e bem mais que dez vezes mais rápido do que IEEE 802.11a ou IEEE 802.11g. IEEE 802.11n provavelmente irá oferecer uma distância operacional melhor do que as redes atuais.

A faixa dos 5 GHz com capacidade significativa devido a muitos canais não sobrepostos de rádio e menos interferência com outros equipamentos que emitem radiofrequência, em comparação com a banda de 2,4 GHz. Uma rede 802.11n pode ser impraticável, no entanto, como computadores portáteis existentes têm, geralmente, rádios 802.11b/g, que deve ser substituído se eles estão a operar na rede. Conseqüentemente, pode ser mais prático para operar uma rede mista 802.11b/g/n. Em um sistema de modo misto, geralmente é melhor utilizar um ponto de acesso de rádio duplo e coloque o tráfego 802.11b/g no rádio de 2,4 GHz e o tráfego 802.11n no rádio 5 GHz.

Um monte de telefones vêm com Wi-Fi embutido (ou 802.11 a/b/g) e esta WiFi é uma obrigação em laptops. A principal diferença em 802.11n, em comparação com a geração anterior de 802.11 é que não existe a presença de MIMO. Família 802.11 usa OFDM que é a mesma tecnologia sendo adotada por LTE. Os novos aparelhos LTE terá a vantagem de se integrar facilmente a tecnologia 802.11n, as mesmas antenas podem ser reutilizados. Na verdade, o mesmo é aplicável para WiMAX, pois suporta MIMO e OFDM. Claro que teremos problemas se eles estão usando frequências bastante diferentes.

2.2.5 MIMO

Os sistemas MIMO (*Multiply Input Multiply Output* – Múltiplas Entradas Múltiplas Saídas) é o conjunto de técnicas de transmissão para sistemas sem fio com múltiplas antenas na transmissão e na recepção. As técnicas foram incorporadas em diversos padrões de comunicação devido ao grande ganho de desempenho que elas proporcionam. Caracteriza-se pelo emprego de múltiplas antenas, para transmissão e recebimento de dados, possibilitando a convergência de sinal para velocidades acima de 600 Mb/s. O ponto de acesso é utilizado como

aparelho onde disponibiliza o tráfego das informações em canais paralelos, aumentando a velocidade e diminuindo as quedas de transmissão. Para isto ocorrer, o equipamento MIMO deve apresentar mais de uma antena ou uma antena com dupla polaridade Horizontal e Vertical instalado, conforme a Figura 6.

A estrutura dos sistemas MIMO foi idealizada com a intenção de se obter um aumento na vazão de dados através das múltiplas antenas transmissoras e receptoras. Para garantir que as diversidades de transmissão e de recepção sejam maximizadas, é importante que as antenas de ambos lados sejam dispostas a uma distância suficiente para que haja um desequilíbrio na transmissão ou recepção de dados.

Através de diversidade espacial representada na Figura 11, as múltiplas antenas tanto da transmissão quanto da recepção, podem se valer dos múltiplos caminhos espaciais (multipercursos) para trocar dados. Graças à utilização da tecnologia MIMO foi possível quadruplicar a velocidade nominal do padrão, chegando a 288.8Mbps teóricos (WI REVOLUTION, 2007).

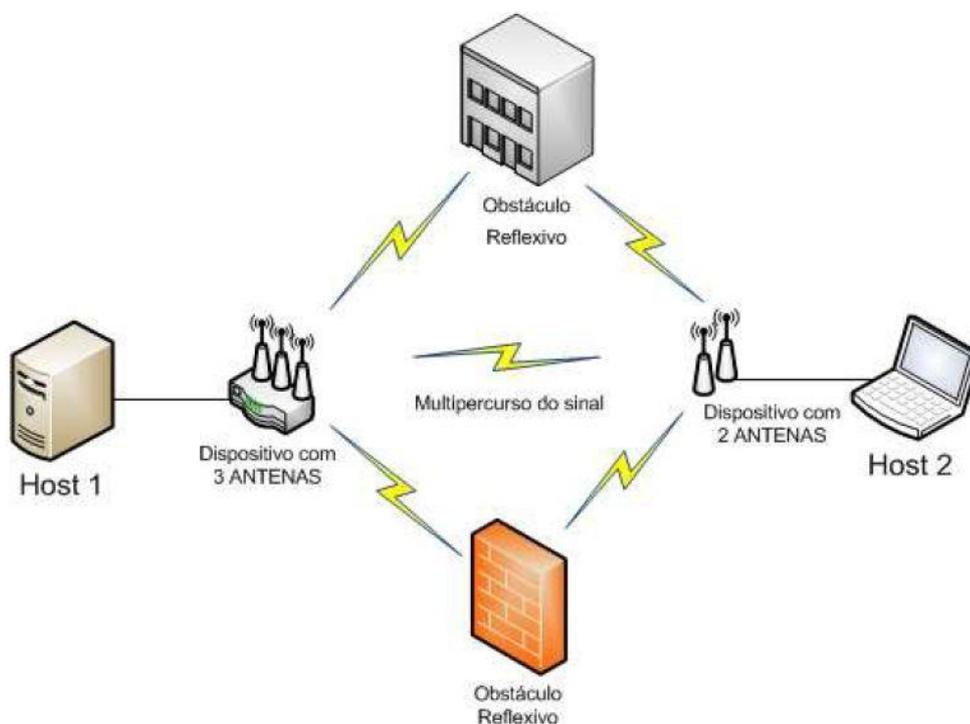


Figura 6: Diagrama representativo de uma conexão utilizando múltiplas antenas

Fonte: Minozzo, 2009.

3. COMPARATIVO DOS PADRÕES 802.11g/n

Este capítulo apresentará um comparativo dos padrões 802.11g e 802.11n com exemplos de roteadores que utilizam estes padrões.

As redes Wi-Fi são tão práticas que o uso não se limita aos PCs. Hoje, smartphones, tablets, TVs e em alguns videogames são capazes de se conectar a redes wireless. Todos os equipamentos atualmente deverão vir com o módulo Wi-Fi. Podendo assim acessar as redes sem fio da empresa, da escola, da casa ou de qualquer outro lugar de acesso público. Mas, para o uso de Wireless em um computador sem dispositivo Wi-Fi basta instalar uma placa Wi-Fi ou um adaptador USB Wi-Fi.

3.1 PADRÃO 802.11g

Lançado em junho de 2003, o padrão IEEE 802.11g vêm se tornando à solução wireless substituta do IEEE 802.11b em termos de aceitação e popularidade. Podendo atingir taxas de transmissão de até 54 Mbit/s, este padrão também opera na frequência ISM sem licença, como o IEEE 802.11 b.

Um dos fatos para aceitação rápida pelo mercado é a compatibilidade com o *draft b*, já que utiliza a modulação OFDM, e o padrão G utilizar CCK. No OFDM, a taxa de transmissão atinge 54 Mbit/s. Já utilizando CCK, a taxa atinge 11 Mbit/s. (Vassis, 2006)

A técnica de transmissão utilizada pelo padrão 802.11g é o OFDM, mais quando há comunicação com dispositivo 802.11b utiliza a técnica de transmissão DSSS, já que os dois padrões são totalmente compatíveis. A compatibilidade entre o padrão 802.11g com o padrão 802.11b, sob modulação DSSS, também é um fator importante, pois os usuários que já obtinham equipamentos com o 802.11b em funcionamento não precisaram redefinir sua rede para comunicar-se com equipamentos do novo padrão.

Conforme Vassis, enquanto IEEE 802.11b usa apenas tecnologia DSSS, IEEE 802.11g faz uso DSSS, OFDM, ou ambos ao 2,4 GHz banda ISM para fornecer altas taxas de dados de até 54 Mb/s. Uso combinado de DSSS e OFDM é conseguido através do fornecimento de quatro camadas físicas diferentes. Estas camadas,

definidas na norma como exames de taxa estendidos (ERPs), convivem durante uma troca de quadro, para que o emissor e o receptor tem a opção de selecionar e utilizar uma dos quatro camadas, desde que ambos suportam. As quatro diferentes camadas físicas definidas na norma 802.11g são os seguintes:

- ERP-DSSS/CCK: Esta é a camada velha física usada pelo IEEE 802.11b. DSSS tecnologia é utilizada com CCK modulação. As taxas de dados fornecidos são de IEEE 802.11b.

- ERP-OFDM: Esta é uma nova camada física, introduzido pelo IEEE 802.11g. OFDM é utilizado para fornecer dados IEEE 802.11a taxas na banda de 2,4 GHz.

- ERP-DSSS/PBCC: Esta camada física foi introduzida em IEEE 802.11b e fornece as mesmas taxas de dados, como a camada DSSS / CCK física. Ele usa a tecnologia DSSS com o algoritmo de codificação PBCC. IEEE 802.11g alargando o conjunto de taxas de dados, adicionando os de 22 e 33 Mb / s.

- DSSS-OFDM: Trata-se de uma nova camada física, que utiliza uma combinação híbrida de DSSS e OFDM. O pacote físico é transmitido através da utilização do DSSS, enquanto a carga do pacote é transmitido pelo OFDM.

A partir destas quatro camadas físicas, os dois primeiros são obrigatórios, cada dispositivo IEEE 802.11g deve apoiá-los. Os outros dois são opcionais.

3.1.1 Alguns roteadores com o padrão G



Figura 7: D-Link DI524

Fonte: Clube do Hardware



Figura 8: DLink DWL-G730AP

Fonte: Clube do Hardware



Figura 9: TP-Link TL-WR541G

Fonte: Clube do Hardware



Figura 10: D-Link DIR300

Fonte: Clube do Hardware



Figura 11: Linksys WRT54G

Fonte: Clube do Hardware



Figura 12: Intelbrás WRS 240E

Fonte: Clube do Hardware



Figura 13: Netgear WRG614

Fonte: Clube do Hardware



Figura 14: Linksys WRT54G2

Fonte: Clube do Hardware

3.2 PADRÃO 802.11n

Em setembro de 2003, o IEEE 802.11 formou o Grupo Tarefa n (TGN), com o objetivo de desenvolver um padrão sem fio que iria fornecer o rendimento útil de pelo menos 100 Mbps. O trabalho de pré-padrão atual no IEEE 802.11n é fortemente afetada por dois consórcios grande indústria ou seja, o Consórcio sem fio melhorada (EWC) e a World Wide grupo eficiência de espectro (WWiSE).

Aprovado em 2009, o padrão 802.11n veio para melhorar as taxas de transmissão dos padrões anteriores sem necessidade de locação de uma nova faixa de frequência. Utilizando a modulação OFDM conta a adição da tecnologia MIMO, que a sua principal característica, o que possibilita a divisão das taxas de transmissão de dados, através das múltiplas entradas e saída disponível nos equipamentos. Com isso, as taxas de frequência de 5 GHz e com fluxo MIMO 4x4, ou seja quatro entradas e quatro saídas trabalhando simultaneamente.

Os equipamentos atualmente já vêm com o dispositivo instalado. Alguns contem o padrão 802.11g, outros 802.11n e já outros contem os dois padrões. Para fazer o acesso a Wi-Fi além do dispositivo em computadores e PCs precisa de roteadores que tenha o padrão compatível com o dispositivo instalado.

Roteadores com padrão 802.11n aceleram tráfego dos dados em redes sem fio, a tecnologia promete velocidade de até 300 Mbps. Na Tabela 6 alguns roteadores com esta tecnologia.

O padrão 802.11n ainda não está consolidado, a maioria dos notebooks continuam sendo fabricados com o padrão 802.11g, que trabalha com velocidade de até 54 Mbps, preço acessível e são compatíveis com quase todas as placas de rede Wireless. Para conectar um destes portáteis a uma rede N precisa de adaptador USB ou PCI card para obter a velocidade necessária. Mas os roteadores da nova geração trazem a tecnologia 802.11n que são bem mais rápidos e começam ganhar a confiança dos usuários.

Como todo novo padrão tecnológico, algumas evoluções são necessárias. Isto que aconteceu com o padrão 802.11g e 802.11n no capítulo 3.3 um comparativo entre estes padrões.

3.2.1 Alguns roteadores com o padrão N



Figura 15: 3Com 3CRWER300-73

Fonte: Clube do Hardware



Figura 16: Linksys WRT350N

Fonte: Clube do Hardware



Figura 17: Edimax BR6424N

Fonte: Clube do Hardware



Figura 18: Trendnet TEW-632BRP

Fonte: Clube do Hardware



Figura 19: Belkin F5D8233-4v3

Fonte: Clube do Hardware



Figura 20: Trendnet TEW-631BRP

Fonte: Clube do Hardware



Figura 21: Encore ENHWI-N

Fonte: Clube do Hardware



Figura 22: TP-Link TL-WR941ND

Fonte: Clube do Hardware

3.3 COMPARATIVO ENTRE OS PADRÕES 802.11g/n

Os dois padrões são o melhoramento das últimas versões dos padrões antigos. Porém o 802.11g foi lançado em junho de 2003 com a finalidade de juntar o melhor do padrão A e do B. Já o 802.11n foi em outubro de 2009 com o objetivo de aperfeiçoar o 802.11g.

A faixa de operação da tecnologia 802.11g inicia-se em 2.4 Ghz e finaliza-se em 2.4835 Ghz. E o padrão N inicia em 2.4 Ghz e 4.915 Ghz e finaliza em 2.4835 Ghz e 5.825 Ghz.

Os dispositivos de rede local sem fio (WLAN) podem usar diferentes padrões sem fio. Cada padrão oferece ampla gama de velocidade de conexão, larguras de banda, canais e medidas de segurança. Há alguns problemas de compatibilidade durante o uso de dispositivos 802.11g e 802.11n na mesma WLAN.

Em comparação com o padrão IEEE 802.11g, o padrão 802.11n tem o

aumento de 4 sub-portadoras, totalizando 52 sub-portadoras OFDM em um canal de 20 MHz. Consequentemente há um aumento no número de portadoras ortogonais. Através deste feito foi possível o aumento na taxa nominal de 54 Mbps para 58.8 Mbps.

O padrão 802.11n requer o uso da autenticação WPA2 com criptografia AES ou nenhuma segurança para que se possa usar totalmente as velocidades permitida pelo padrão. A escolha de outros algoritmos de segurança sem fio, como WEP ou WPA que foram populares com os padrões 802.11g ou métodos de criptografia TKIP, pode reduzir drasticamente os níveis de desempenho para o padrão G.

Com a implementação do MIMO no padrão 802.11n a utilização de energia é maior, pois o consumo de energia pelo dispositivo aumenta já que utiliza múltiplas antenas para recepção e transmissão de dados. A Tabela 6 mostra em dados a diferença dos dois padrões, porém os dois tem as mesmas características contudo um é voltado para utilização em lugares mais amplos e outro em lugares com pouca utilização.

	802.11 G	802.11 N
Lançamento	Junho/ 2003	Outubro/ 2009
Frequência	2.4 Ghz	2.4/5 Ghz
Data rate máx.	54 Mbits	150 Mbits
Distância Máxima	38 m	70 m
Distância ao ar livre	140 m	250 m
Ambiente	Casa	Escritório
Transmissão	DSSS e OFDM	MIMO-OFDM
Taxa de dados	54 Mbps	Máximo de 600 Mbps
Wireless	Wlan/ 3G	Wlan/ 4G
Segurança	WEP ou WPA	WPA2

Tabela 6: Comparativo entre os padrões G e N

Fonte: Autoria Própria.

4. CONCLUSÃO

As redes estão em constante crescimento e as empresas tendem a acompanhar tal fato, onde praticamente tudo gira em torno da Tecnologia da Informática de uma empresa, como transações bancárias, telefonia, sistemas internos de controle, contabilidade e muitas outras funções. Incorreto pensar que uma empresa está atualizada com sua rede e nunca precisará reavaliar suas tecnologias. Com o passar do tempo às versões de programas ou serviços virtuais necessitam de mais rapidez e agilidade, com isto novas versões aparecem de tempo em tempo. Esta necessidade fez com que surgissem a tecnologia Wi-Fi, que é nada mais que a utilização da internet sem fio, ou seja, sem cabos conectados a roteadores com computadores. Esta tecnologia tem como especificação o padrão IEEE 802.11 que tem como característica principal a não utilização de cabos.

A primeira versão foi lançada em 1997 com o nome de 802.11 original, se trata de uma tecnologia por radiofrequência que tem como intervalo de frequência 2.4 Ghz, utiliza a técnica de transmissão DSSS, FHSS, OFDM e OFDMA. A arquitetura é definida para redes sem fio, a divisão da rede é feita por células. Durante o melhoramento deste padrão, houve uma divisão, gerou o surgimento de outros dois padrões B e A, entretanto o padrão B veio ao mercado antes que o outro padrão por ser financeiramente mais barato e compatível.

Com a incompatibilidade do padrão 802.11a houve uma necessidade de ter um padrão ágil como A; e barato e compatível como B surgindo assim, o padrão G. Já o padrão 802.11n nada mais é que o aperfeiçoamento da banda larga do 802.11g juntamente com a tecnologia MIMO, que permite a utilização de várias antenas de recepção e transmissão.

Atualmente os dois padrões são os mais utilizados, pois cada um tem uma característica o padrão G é mais voltado para utilização em casa ou pequenas empresas, já com a tecnologia MIMO no 802.11n mais voltado para grandes empresas, mas pode ser utilizado como rede doméstica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P. 2005. **Projeto Final de Graduação: Segurança em Redes Wi-Fi.** UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CARLOS – UNIMONTES.

ANDRADE, P. Lidiane, 2004. **Análise das vulnerabilidades de segurança existentes nas redes locais sem fio: um estudo de caso do projeto Wlaca.** TCC (Bacharel em Ciência da Computação) – Centro de ciências exatas e naturais. Universidade Federal do Pará.

BONFIM, Ricardo Casu. **WLAN – IEEE 802.11.** 2008. 56 pag. Artigo – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

FRANCISCATTI, Vagner. **Segurança e redes sem fio.** Monografia de pós-graduação em Redes de Computadores e Comunicação de Dados. Londrina: UEL, 2005.

HOUDA, Labiod et al. **WI-Fi, Bluetooth, Zigbee and Wimax.** -----: Springer, 2007.

MINOZZO, Farleir Luis. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O PADRÃO IEEE802.11G E O DRAFT 2.0 IEEE802.11N.** Projeto Final do Curso Superior De Tecnologia Em Sistemas De Telecomunicações. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Santa Catarina. 2009.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças. **Sistemas de informações gerenciais.** São Paulo: Atlas, 1992.

PORTO, de M. Tiago 2003. **Redes sem fio - WLAN.** Monografia (Especialista em Redes de Computadores e Comunicação de Dados). Universidade Estadual de Londrina.

RUFINO, Nelson Murilo de O. **Segurança em redes sem fio.** 2. ed. São Paulo: Novatec, 2005.

TANENBAUM, Andrew S. 1997. **Computer Networks. 4.** Amsterdam. Ed. Campus. (versão traduzida).

VASSI, Dimitris. 2006. **The IEEE 802.11g Standard for High Data Rate WLANs.** Egeu. Universidade do Egeu. 2006.

WI-FI ALLIANCE. Annual Report 2007. Disponível em:http://www.wi-fi.org/register.php?file=wfa_2007_annual_report_public.pdf. Acesso em: fev. 2012.