

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS PADRÕES 802.11b E HOMEPLUG 1.0

Ricardo César de Oliveira MOREIRA (1), Ályson Dantas de MELO (1), Antonio Luiz Pereira de Siqueira CAMPOS (2)

(1) Universidade Potiguar, Av. Nascimento de Castro, nº 1597, Dix -Sept Rosado, 59054-180, Natal, RN, Brasil, 8432151300, E-mail: rilco.eng@gmail.com.

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Unidade de Ensino Descentralizada da Zona Norte de Natal, Departamento Acadêmico de Tecnologia da Informação e Indústria, Rua Brusque, S/N – Conjunto Santa Catarina – Potengi, 59112-490 Natal, RN, Brasil, 8440052600, E-mail: antonioluiz@cefetrn.br.

RESUMO

Diante da diversidade de padrões existentes e suas constantes evoluções, a escolha da tecnologia a ser empregada na implementação de uma rede de computadores deve levar em consideração o custo e as necessidades dos usuários da rede em questão. Uma comparação entre as principais tecnologias de redes domiciliares é uma tarefa um tanto complexa e um pouco subjetiva, devido a diferenças significativas entre os padrões de cada tecnologia e às possíveis condições de uso em cada domicílio. Com base nessa afirmativa, propõe-se um estudo comparativo das principais características de cada tecnologia relacionadas aos padrões IEEE 802.11b e HomePlug 1.0. A escolha desses padrões deu-se devido ao grande avanço das redes Wi-Fi e como concorrente direto tem-se o HomePlug 1.0, com inúmeras similaridades ao 802.11b, os quais vão desde o propósito inicial (que são as redes domiciliares), passando pela forma de concepção de acesso ao meio até a segurança dos dados, uma vez que o meio físico de ambos é compartilhado. O meio físico e suas principais características, tais como: atenuação, nível de ruído, interferência e possíveis variações das condições do meio, são formas importantes de classificar as tecnologias. Nesse aspecto, tanto o padrão HomePlug 1.0 quanto o 802.11b utilizam meios físicos hostis à transmissão de dados por causa do ruído, da atenuação e da grande variação de suas características. Para detalhamento dos padrões, foram utilizadas fontes confiáveis como livros e artigos do IEEE. Todos os dados contidos no trabalho são validados por mais de uma fonte, assegurando a confiabilidade das informações nele contidas. Com esse levantamento, espera-se ter uma visão mais abrangente e aprofundada dessas duas tecnologias e que, a partir da teoria, redes físicas que se utilizem dos padrões estudados possam ser montadas com o máximo de aproveitamento.

Palavras-chave: 802.11b, Homeplug 1.0, Estudo comparativo, Protocolos, Desempenho.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes empecilhos que ainda existem para a ampla disseminação do acesso à Internet para o público em geral é, sem dúvida, a falta de um meio de comunicação de baixo custo.

Até recentemente, a maioria dos esforços públicos e privados esteve concentrada na montagem de uma grande infra-estrutura de comunicação, capaz de suportar o tráfego de informações na Internet por meio de grandes vias de dados, os chamados backbones.

O passo seguinte consistiu em encontrar uma maneira simples e prática de conectar, individualmente, cada usuário doméstico ou empresa ao backbone principal, um trecho normalmente chamado de "the last mile" (a última milha).

Isso até hoje tem sido feito utilizando infra-estruturas já existentes, como redes telefônicas com dispositivos DSL ou de TV a cabo. Entretanto, esses meios se concentram em zonas urbanas, o que exclui residências de regiões afastadas ou de difícil acesso, além de possuírem relativamente um alto custo.

Com o advento destas tecnologias e o aumento crescente do número de computadores residenciais surgiu mais uma problemática, há de se montar uma infra-estrutura de rede para compartilhar esses enlaces uma vez que suportam uma grande faixa de serviços de comunicação de dados e multimídia.

Até bem pouco tempo isto era concebido por meio de um hub 10/100 Base-TX e cabos de par trançado CAT-5e UTP, no entanto isso é uma solução cara, principalmente em ambientes já construídos sem tubulação para este fim.

Recentemente temos como alternativa a rede sem fio (Wireless), com placas de redes wireless em cada estação conectando-se a um ou mais pontos de acesso (Access Point – AP), ou também no modo ad-hoc onde não se faz o uso do AP, pois cada dispositivo se conecta uns aos outros. O custo desta tecnologia não é decorrente de uma infra-estrutura de cabeamento, uma vez que é sem fio, e sim, com o número de AP's necessários para se cobrir uma grande área.

Uma das mais novas tecnologias de rede é a que faz uso da rede elétrica existente como canal de comunicação. Esta tecnologia é conhecida como Power line communications (PLC), na qual o padrão mais difundido hoje é o HomePlug AV. Essa tecnologia permite a implementação de uma rede Ethernet sobre a rede elétrica existente.

Visando utilizar uma infra-estrutura já existente foi desenvolvida a tecnologia de troca de dados via rede elétrica, que nesse trabalho é abordada utilizando o padrão HomePlug 1.0. A rede elétrica funciona como a portadora e os modems que são utilizados para a troca de informações fazem a modulação e a demodulação do sinal, ou seja, eles que injetam e recolhem o sinal da portadora. Essa tecnologia ganha força pela ubiquidade de tomadas nas residências, fazendo com que se possa acessar a rede em qualquer cômodo da casa. E praticamente todas as residências ao redor do mundo têm energia elétrica, assim sendo, mesmo em áreas isoladas podem-se ter máquinas que fazem parte de uma rede local ou que possam se conectar a internet.

2. O PADRÃO HOMEPLUG 1.0.

Hoje existem diversas tecnologias para se montar uma rede residencial através da rede elétrica, entretanto uma boa parte destas não proporciona uma interoperabilidade, visto que são proprietárias e com isso tem tecnologias distintas, tornando as incompatíveis. Em março de 2000 foi formada uma aliança com diversas empresas com o objetivo de criar um padrão para as redes através da fiação elétrica, este por sua vez ficou denominado como HomePlug 1.0. O padrão HomePlug 1.0 especifica a camada física e a subcamada de acesso ao meio para redes de baixa tensão (CAMPISTA, 2004).

A comunicação via rede elétrica foi inicialmente desenvolvida para transmissão em 50 a 60 Hz. Devido às altas frequências presentes neste meio, o descasamento de impedâncias que está em torno dos 20-60 dB e a grande variedade de cargas (dispositivos) conectadas a rede, onde estes geram harmônicos das mais diversas frequências, tornam o ambiente extremamente hostil para a propagação de sinal. Dentre estes fatores o mais relevante para a geração de ruído na rede elétrica são os aparelhos que trabalham a 60 Hz, pois os mesmos se propagam até as altas frequências do espectro. Os aparelhos que mais contribuem são: as lâmpadas fluorescentes, fontes chaveadas, motores e interruptores com variação de resistência (KUTZ, 2005). Para se obter uma maior confiabilidade na transmissão de dados fez-se uso de técnicas de correção de erro: FEC (Forward Error Correction), ARQ (Automatic Repeat Request) e o MAC (Robust Medium Access Protocol). A Figura 1 ilustra uma rede Homeplug implementada (Barreirinhas, 2007), na qual o Master insere as portadoras PLC na rede elétrica e os repetidores (Ri) regeneram o sinal.

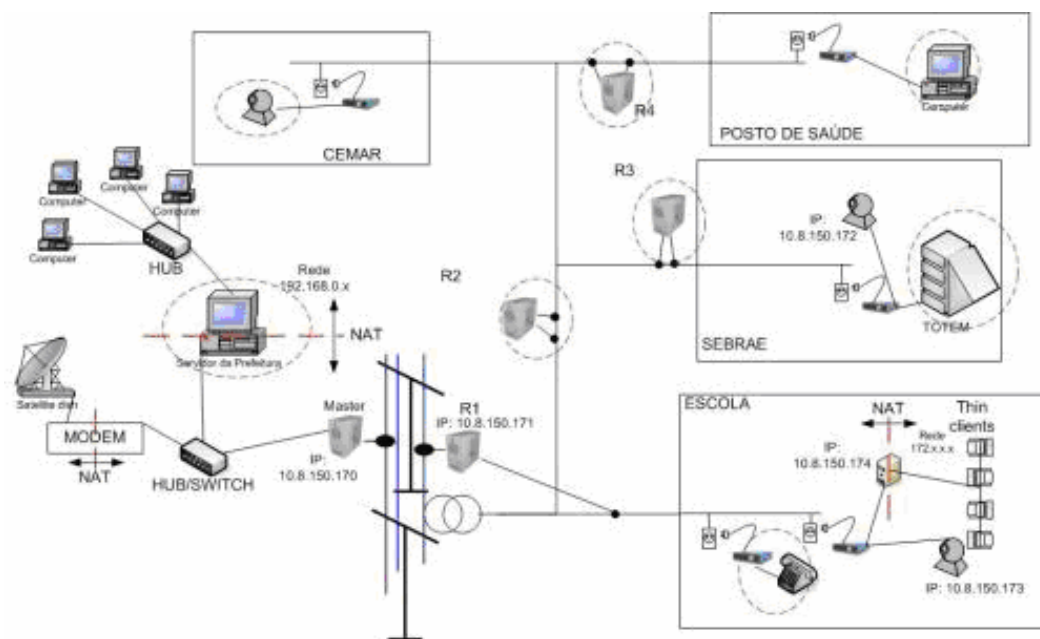


Figura 1 – Implantação de rede PLC interligando a Prefeitura, a Secretaria de Saúde, a escola, a CEMAR e o SEBRAE.

2.1. Camada física do HomePlug 1.0

A camada física do HomePlug 1.0 utiliza o OFDM na banda de 4,49 a 20,7 MHz aproximadamente. A banda que vai de 0 a 25 MHz é dividida em 128 portadoras igualmente espaçadas, destas são utilizadas somente 84 e ainda são desabilitadas mais 8 sub-portadoras para se evitar interferência com as frequências dos rádios-amadores de 40, 30, 20 e 17 metros, restando então 76 sub-portadoras a serem trabalhadas. A densidade espectral é de -50dBm/Hz. Este valor atende às regulamentações para dispositivos de RF (Rádio Frequência) dos Estados Unidos, contidas nas regras do FCC parte 15 (LEE, 2002). Essa potência é bem inferior à utilizada em tecnologias sem fio.

A modulação OFDM é feita com uma IFFT, compondo símbolos de 256 amostras, das quais as 172 últimas são repetidas para formar o prefixo cíclico. Isso é equivalente a um símbolo de duração de 5,12 μ s, mais 3,28 μ s para o prefixo cíclico resultando em um símbolo com duração de 8,4 μ s.

A carga útil do quadro do HomePlug 1.0 consiste de um número de blocos de 20 ou 40 símbolos OFDM, utilizando embaralhamento, código de erro convolucional e Reed-Solomon concatenados. A divisão em blocos deste tamanho é feita para se obter um menor ruído impulsivo, que pode danificar uma sequência de símbolos. No codificador convolucional, utiliza-se taxas de código de 1/2 ou 3/4, ou seja, esta é a quantidade total de bits que está sendo enviada, sendo o restante overhead adicionado pelo código corretor de erro. Já o código Reed-Solomon que é usado em seguida, utiliza taxas que variam de 23/39 a 238/254.

Considerando todas essas opções para os parâmetros de transmissão, a camada física do HomePlug 1.0 pode oferecer até 139 combinações diferentes de taxas, variando de 1 até 14 Mbps. A taxa máxima de 14 Mbps é obtida através do uso de todas as 84 sub-portadoras com modulação DQPSK (2 bits por símbolo por portadora) e de eficiência de códigos Reed-Solomon de 238/254 e convolucional de 3/4. Contudo, essa é a taxa oferecida pela camada física à camada de enlace, somente para a transmissão da carga útil, não sendo a taxa efetiva real de dados úteis transmitidos.

Ao levar-se em consideração os cabeçalhos, os espaçamentos entre quadros e o tempo de backoff, a vazão máxima cai para 8 Mbps. Além desses modos de transmissão, há um modo de transmissão especial, chamado modo ROBO (Robust OFDM). Esse é um modo mais robusto, com maior redundância para suportar condições de muito ruído. O modo ROBO utiliza a modulação DBPSK com um nível de redundância que reduz a sua taxa de símbolos para 1/4 bit por símbolo por portadora. Ele também utiliza um código Reed-Solomon com taxas de código diferentes, que variam de 23/39 a 43/51, o que reduz a sua taxa de transmissão máxima para o 0,9 Mbps.

2.2. Camada de Acesso ao Meio do HomePlug 1.0

O HomePlug 1.0 utiliza o método de acesso múltiplo CSMA/CA. Embora o método de acesso CSMA/CD seja muito utilizado nas redes IEEE 802.3, ele não é empregado nas redes de energia elétrica devido principalmente à atenuação e ao ruído.

De modo a dar suporte à qualidade de serviço, o padrão utiliza quatro níveis de prioridade no acesso ao meio, atribuídos em função do tipo de tráfego, de acordo com a norma IEEE 802.1D. As prioridades estão associadas às classes CA0 a CA3, sendo a classe CA3 a de maior prioridade. A classe CA3 é usada para tráfego extremamente sensível ao tempo, como a voz e a CA2 para tráfego sensível ao tempo, como áudio e vídeo. A classe padrão é a classe CA1 que é usada para um “esforço excelente” (melhor esforço de mais alta qualidade) e a CA0 está associada a tráfego de redes locais e tráfego de fundo.

Uma estação que deseja transmitir um quadro de dados deve primeiramente “escutar” o meio. Para determinar se o meio está ocupado, as estações usam tanto a detecção física quanto a detecção virtual de portadora. A camada física sinaliza à subcamada MAC ao detectar preâmbulos ou intervalos de tempo usados para determinação de prioridade. Além disso, a subcamada MAC utiliza uma detecção virtual de portadora a partir de informações referentes ao tempo de ocupação do canal pela transmissão atual. Assim como no IEEE 802.11, o HomePlug utiliza diferentes intervalos de tempo de modo a dar prioridade a determinado intervalo de tempo CIFIS (Contention Distributed Interframe Space), cujo valor é 35,84 μ s.

A sinalização da classe de prioridade é feita quadro a quadro através de sinais chamados PRSs (Priority Resolution Signal), enviados nos períodos PR0 e PR1. Os sinais de determinação de prioridade usam uma modulação on-off, na qual o número de cada classe representa o sinal a ser transmitido em binário. Por exemplo, para enviar um quadro de classe CA2, uma estação envia um bit 1 em PR0 e não envia nada em PR1, para um quadro de classe CA3 sinaliza um em PR0 e em PR1, indicando assim, a sua maior prioridade.

No período de disputa, a estação escolhe um número aleatório uniformemente distribuído entre zero e o tamanho da janela de contenção (CW - Contention Window) e cria um contador de backoff. O valor da janela de contenção depende do número de vezes que a função de backoff é chamada para o quadro a ser transmitido. Além disso, um contador de adiamento (DC - Deferral Counter) é criado para evitar colisões. Esse contador DC também depende do número de vezes que a função de backoff é chamada.

Através do mecanismo de detecção virtual, outra estação obtém a informação de quando a transmissão irá terminar e se uma resposta é esperada. Com essas informações, os ouvintes adiam suas transmissões pelo período necessário para o envio do quadro e de sua resposta. Em relação à resposta, é utilizada uma solicitação de repetição automática (ARQ - Automatic Repeat reQuest) do tipo pára-e-espera. As respostas esperadas podem ser de três tipos: ACK (quando o quadro for recebido com sucesso), NACK (entrega mal sucedida) e FAIL (receptor não pode armazenar o quadro).

As informações são transmitidas no intervalo de tempo RIFS (Response Distributed Interframe Space) que é o menor espaço entre quadros, garantindo assim prioridade sobre as demais transmissões. Se o quadro associado à resposta FAIL não for o primeiro, então toda a tentativa de envio do quadro completo é abortada e a estação transmissora recomeça. A estação tenta transmitir o quadro até que o limite de retransmissões seja ultrapassado ou o tempo máximo de transmissão seja excedido. Caso o quadro recebido pela estação transmissora seja um NACK ou caso a estação transmissora não receba um quadro de reconhecimento dentro de um determinado tempo, deduzindo que houve uma colisão, a estação transmissora escalonará uma retransmissão e entrará no processo de backoff. Se o número máximo de tentativas é alcançado, a estação passa para o modo de transmissão mais robusto e novas tentativas são realizadas. Caso, ainda assim, não haja sucesso na transmissão, então o quadro é descartado e uma falha é reportada para a subcamada superior. Opcionalmente ACKs parciais estão disponíveis para quadros em multicast e em difusão. Nesse caso, a estação transmissora pode saber que pelo menos uma estação recebeu o quadro corretamente.

2.3. Segurança dos dados no HomePlug 1.0

Uma das características das redes através da fiação elétrica é o compartilhamento do meio entre todas as residências servidas pelo transformador, sendo possível escutar transmissões alheias. Ao invés de usar filtros passa - baixa que aumentam o custo, o HomePlug utiliza o padrão de criptografia DES (Data Encryption Standard) de 56 bits. Redes lógicas são formadas por estações que compartilham uma mesma chave de criptografia de rede. As estações armazenam uma chave padrão utilizada para obtenção de novas chaves e as chaves de criptografia de rede, pois uma estação pode fazer parte de mais de uma rede lógica. Somente os quadros de gerenciamento da subcamada MAC são enviados sem criptografia para poderem ser recebidos por todas as estações.

3. O PADRÃO 802.11B

As tecnologias sem fio cada vez mais se tornam parte da vida das pessoas. O uso de dispositivos móveis está se tornando popular entre os usuários. Estamos no processo de construir redes móveis que suportem dados em alta velocidade. O fator primordial para o advento desta tecnologia está em sua mobilidade, pois o usuário tem a capacidade de transitar entre operadoras, localidades e até entre tipos de redes sem sentir o impacto. Já estamos vendo celulares com recursos Wi-Fi emergirem no mercado. Esta é uma combinação muito poderosa, pois o usuário sempre estará conectado da melhor forma por meio de um único terminal.

A maior parte das aplicações do padrão 802.11b oferece uma área de abrangência de aproximadamente 100 metros, entretanto a área de abrangência esta relacionada com a potência e o projeto da antena. Com a antena certa, a área de cobertura do 802.11b se estende por vários quilômetros. A Figura 2 ilustra uma rede 802.11b.

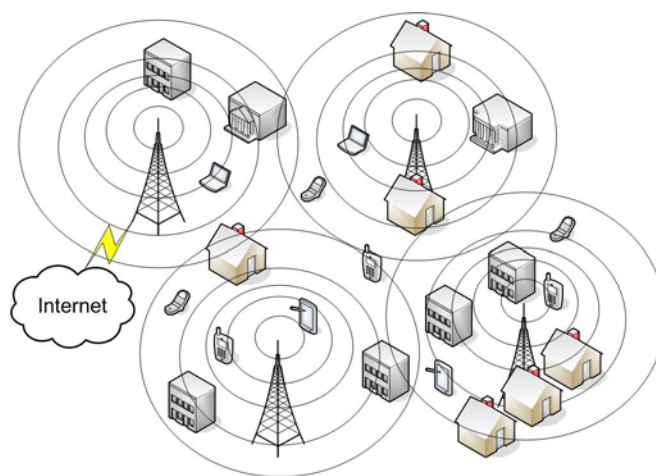


Figura 2: Uma visão geral de Internet banda larga utilizando 802.11b.

3.1. Camada física do padrão 802.11b

O padrão 802.11b provê variação de rádio frequência para sua camada física. Esta variação recebe o nome de sequência direta de espalhamento espectral (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum) e foi projetada para obedecer a Comissão de Comunicação Federal (FCC), regulamento (FCC 15.247), que permite a operação na faixa de 2.4 GHz que não é licenciada.

A técnica DSSS divide a banda de 2,4 GHz em quatorze canais de 22 MHz com onze canais adjacentes que se sobrepõem parcialmente e três que não se sobrepõem. Dados são enviados através de um desses canais de 22 MHz sem saltar os outros canais. A redução do número de retransmissões e de ruído diminui o uso da conversão de bits de dados em séries redundantes de bits padronizados chamados de partições (fatias). A redundância inerente a cada fatia combinada com o espalhamento do sinal pelos canais de 22 MHz provê o erro checando, corrigindo e recuperando os dados. Os produtos do espalhamento espectral frequentemente podem trabalhar entre si, por que muitos são baseados no padrão IEEE 802.11 de redes sem fio. O DSSS é principalmente usado em interligação de prédios através de LANs, pois suas propriedades são velocidade e longo alcance (LEE, 2002).

O receptor tem um filtro que é usado para remover a sequência de PN e recuperar o fluxo de dados original. Para atingir uma taxa de transmissão de dados de 11 Mbps os receptores usam diferentes códigos PN e um banco de correlatos que recuperam o fluxo de dados transmitido. O método de alta taxa de modulação é chamado de código complementar de chave (CCK - Complimentary Code Keying).

A sequência de espalhamento PN é transmitida com largura de banda do sinal resultante (por isso o termo espalhamento espectral) e redução do pico de potência (leia-se redução do pico da onda gerada). A potência total permanece inalterada. Na recepção o sinal é correlacionado com a mesma sequência PN rejeitando pequenas faixas de interferência e recuperando os dados binários originais. Embora a taxa de dados possa ser de 1, 2, 5.5 ou 11 Mbps, a largura de banda do canal é de aproximadamente 22 MHz para sistemas que usam o DSSS. Ao adicionar o espalhamento do sinal por uma faixa de frequência, os sistemas de espelhamento espectral modulam o sinal. Modulações que suportam uma alta taxa de transmissão de dados tem geralmente implementação mais cara e complexa. Modulações que resultam em taxas de dados mais altas empacotam mais informação na mesma largura de faixa (banda). Pequenas interrupções no sinal causam perda de dados. Isto significa que o sinal tem que ter uma relação de sinal-ruído (SNR - signal-to-noise ratio) que é processada pelo receptor. Quanto mais próximo à fonte mais forte o sinal de rádio, o SNR reduz com a distância. Por isso os sistemas de maior velocidade são os de menores distâncias.

3.2. Camada de Acesso ao Meio do 802.11b

A chave de especificação do padrão 802.11 é o MAC que está presente em toda camada física (camada de enlace) e controla a transmissão de dados do usuário no ar. Ela provê a essência do quadro de operação e a interação com o backbone de rede com fio. Diferentes camadas físicas podem prover diferentes velocidades de transmissão, e são inter-operáveis, ou seja, podem se comunicar entre si.

O padrão 802.11 adaptou com sucesso o estilo de trabalho de rede para transmissões de rádio. O 802.11 usa acesso múltiplo de sentido de portadora (CSMA) que controla o acesso ao meio de transmissão. Porém colisões desperdiçam uma valiosa capacidade de transmissão, assim em lugar de usar detecção de colisão (CSMA/CD) como no ethernet, é usado para evitar colisão (CSMA/CA). O 802.11 utiliza um esquema de acesso distribuído com controle não centralizado. Cada estação usa o mesmo método de acesso ao meio. As maiores diferenças entre 802.11 e Ethernet originam-se de diferenças de acesso ao meio adjacente.

O acesso ao meio sem fios é controlado através de funções de coordenação. Assim como no Ethernet, o CSMA/CA é provido pela função de coordenação distribuída (DCF - Distributed Coordination Function). Se o serviço de contenção-livre for requerido, este pode ser provido pela função de coordenação de ponto (PCF - Point Coordination Function) que é chamada por cima do DCF. O serviço de contenção-livre é de uso das redes de infra-estrutura.

A DCF é baseada no princípio básico do mecanismo CSMA/CA. Antes de transmitir primeiramente se certifica que o meio está livre. Para evitar colisões, as estações fazem uso um contador aleatório de fim (random backoff). Em algumas circunstâncias, o DCF pode usar o CTS/RTS para reduzir a possibilidade de colisões.

Coordenação de ponto provê serviço de contenção-livre. As estações fazem requisições aos coordenadores de ponto para se assegurarem que o meio está desprovido de contenção. Estes coordenadores de ponto são os pontos de acesso (Access Point), portanto o PCF é restrito a redes de infra-estrutura. Para ganhar prioridade em cima de serviços baseados em contenção, o PCF permite que estações transmitam quadros depois de um intervalo mais curto.

A detecção da portadora é usada para determinar se o meio está disponível. Existem dois tipos de detecção da portadora no 802.11 são eles: a detecção física e a virtual. Se qualquer uma das portadoras indicarem que o meio está ocupado, o MAC informa isto às camadas superiores.

As funções da detecção física da portadora são fornecidas pela camada física e dependem do meio e da modulação em uso. É difícil e bastante caro implementar hardware com detecção física da portadora para os dispositivos de RF.

O vetor de alocação de rede (NAV - Network Allocation Vector) prove o funcionamento à detecção da portadora virtual. O NAV indica quanto tempo está reservado para o meio. As estações ajustam o seu tempo de acordo com o tempo que foi reservado para o meio, incluindo alguns quadros necessários para completar a operação atual. As demais estações colocam o NAV para 0, quando o NAV não é zero a função da detecção da portadora virtual indica que o meio não está ocupado; quando o NAV recebe zero, o meio está inativo para transmissão.

No Ethernet tradicional, o espaço entre quadros representa um grande papel no acesso coordenado ao meio de transmissão. Variados espaços entre quadros criam diferentes níveis de prioridade para diferentes tipos de tráfegos. Quadros com diferentes taxas de transmissão podem operar mutuamente, mas o espaço entre quadros é uma quantia fixa de tempo que independe da velocidade de transmissão. Este é um dos muitos problemas que surgem quando camadas físicas diferentes tentam usar os mesmos recursos de rádios com diferentes técnicas de modulação. Diferentes camadas físicas, porém podem especificar diferentes tempos espaciais entre quadros (OHRTMAN, 2003).

Existem quatro tipos de espaço entre quadros são eles: SIFS que é usado para transmissões de alta prioridade, pois, é o menor dos espaços entre quadros; PIFS que é usado pelo PCF durante a operação de disputa-livre; DIFS que é o tempo mínimo que o meio fica inativo por causa de serviços baseados em disputa e o EIFS.

Como em qualquer outro protocolo de rede o padrão 802.11 fornece confiabilidade através da retransmissão. A transmissão de dados acontece dentro dos limites de uma sequência indivisível e uma sequência inteira tem que ser entregue completa para uma transmissão ter êxito. Quando uma estação transmite um quadro ela deve receber uma resposta positiva do receptor ou então ela supõe que a transmissão falhou. Transmissões que falham incrementam o contador de retransmissão que se encontra junto com o quadro (ou fragmento). Quando o limite de retransmissões é alcançado o quadro é descartado e sua perda é informada a camada superior (GAST, 2002).

Uma das razões de se ter quadros curtos e longos é para se permitir que operadores personalizem a robustez da rede para diferentes tamanhos de quadros. Quadros longos requerem maior espaço de buffer (acumulador), assim uma aplicação em potencial de se ter dois tipos de quadro é diminuir a quantidade de espaço requerida para o buffer (acumulador).

Depois que a transmissão do quadro completa o tempo DIFS, as estações podem parar de tentar transmitir dados baseados em disputa. O período chamado de quadro de contenção ou janela de Backoff segue o DIFS. Essa janela é dividida em intervalos. O tamanho desses intervalos depende do meio; camadas físicas usam pequenos intervalos de tempo para atingir altas velocidades. Estações escolhem um intervalo aleatório e

esperam por esse intervalo antes de tentar acessar o meio; todos os intervalos são provavelmente igualmente selecionados. Quando várias estações tentam transmitir, a estação que escolher o primeiro intervalo (a estação com o menor número aleatório) ganha.

Como no padrão Ethernet o tempo de Backoff é selecionado de um grande intervalo de tempo de falta de transmissão (GAST, 2002). Cada tempo (falha) aumenta o contador de retransmissão e também a janela de contenção. O tamanho da janela de contenção é limitado pela camada física. Quando a janela de contenção alcança seu tamanho máximo, ela permanece com esse tamanho até poder ser zerada. Janelas de contenção grandes permitem que várias estações tentem disputar o acesso ao meio mantendo os algoritmos de MAC estáveis até mesmo quando estão com sua carga máxima. A janela de contenção é zerada quando quadros são transmitidos com sucesso, ou quando o contador de retransmissão é alcançado, e o quadro é descartado.

3.3. Segurança dos dados no 802.11b

A mais pura verdade é que uma rede wireless utiliza sinais de rádio com um conjunto de características bem definido, de maneira que alguém que queira dedicar tempo e esforços suficientes para monitorar esses sinais provavelmente poderia descobrir uma maneira de interceptar e ler os dados neles contidos. Portanto números de cartão de crédito, senha de conta bancária em especial e outras informações de razões pessoais devem ser evitadas. A criptografia e outros métodos de segurança podem dificultar um pouco o roubo dos dados, mas não proporcionam uma proteção completa contra um hacker persistente.

Para tornar as coisas ainda mais flexíveis, muitos gerentes de rede e usuários domésticos deixam a segurança de portas abertas, ao negligenciar a utilização da criptografia e de outros recursos como o controle de MAC. Muitos tem a falsa dedução de que como a área de atuação do seu AP não ultrapassa a área física em questão estes não necessitam de implementar nada que esteja relacionado com segurança e isso passa a ser falso, pois o possível candidato a invadir terá que possuir somente uma antena de maior dB para poder receber o sinal.

Atualmente existem três métodos criptográficos disponíveis que são conhecidos genericamente por WEP, WPA e WPA2, listados em ordem de idade e qualidade dos algoritmos utilizados. A base do método WEP é uma senha conhecida pelos participantes da rede, quer sejam máquinas clientes conectadas diretamente ou através de um concentrador (que também deverá ter conhecimento da senha). O mesmo princípio de senha compartilhada é usado em um dos modos de operação do WPA, com a vantagem de usar mecanismos mais resistentes a ataques do que o seu antecessor WEP. Outro modo de operação do WPA, e também do WPA2, exige uma infra-estrutura bem mais complexa, incluindo um servidor de autenticação, que pode ainda se reportar a outros servidores, como controladores de domínio, bancos de dados contendo a base de usuários.

4. CONCLUSÃO

Uma informação de grande relevância obtida é um modo de atuação especial do HomePlug 1.0 chamado modo ROBO, o qual permite taxas de transmissão de, no máximo, 0,9 Mbps. Este modo é utilizado em situações extremas, tais como: mais de 16 estações transmitindo, na primeira transmissão, quando não se tem idéia de como está o meio ou quando o meio é muito ruidoso. Essas informações respondem algumas perguntas que surgirão quando forem feitos os experimentos, no próximo semestre.

É relevante dizer também, que os 14 Mbps ditos pelos fabricantes só são alcançados em condições ideais do meio utilizado (baixo ruído) e na camada física, ou seja, o usuário nunca terá essa taxa de transmissão de dados. Este por sua vez utilizará uma taxa efetiva de no máximo 8 Mbps. Isto vale também para as redes do padrão 802.11b que atingem velocidades de 11 Mbps apenas em sua camada física. Assim como no padrão HomePlug 1.0 as estações que utilizam o padrão 802.11b, em decorrência de um meio ruidoso mudam seu tipo de modulação e utilizam maior redundância tendo taxas de transmissão de 1 Mbps.

As taxas de dados declaradas pelos fabricantes são atingidas em situações ótimas, mas em situações reais podem-se atingir taxas menores de transmissão. Estas taxas nunca serão maiores, pois elas se referenciam a situações ideais que na prática dificilmente acontecem.

A taxa de transmissão suportada por cada tecnologia é outra característica importante. O padrão 802.11b apresenta taxas de 11 Mbps e o HomePlug 1.0 disponibiliza 14 Mbps, lembrando que estes valores são ofertados pela camada física, porém tanto o HomePlug quanto o 802.11b utilizam o CSMA-CA que apresenta taxas efetivas bem menores que a taxa de transmissão. Portanto, mais importante que a taxa de transmissão no meio físico é a taxa efetiva que se pode conseguir entre as estações e em quais condições pode-se obtê-la. Uma análise da taxa efetiva requer um estudo mais apurado de cada tecnologia.

A principal questão da segurança está relacionada com a privacidade dos dados, isto é, se usuários não pertencentes a uma determinada rede têm acesso aos dados que trafegam nela. No padrão HomePlug 1.0, a rede é compartilhada por todas as residências que estiverem ligadas no mesmo transformador. Assim, qualquer usuário pode ter acesso à rede desde que se conecte a uma tomada pertencente ao mesmo transformador de energia elétrica. As redes sem fio são as piores no aspecto de segurança, pois basta estar dentro do alcance de transmissão que qualquer usuário pode ter acesso aos dados.

A ubiquidade indica a facilidade de acesso à rede em todos os cômodos da casa. Neste ponto, o padrão 802.11b, tem a vantagem de não requerer quase nenhuma infra-estrutura. No entanto, a propagação das ondas de rádio em uma residência pode em muitas vezes não cobrir todos os cômodos devido aos obstáculos, neste caso há a necessidade de instalar mais de um ponto de acesso, com isso acarretará um maior custo de implementação. O padrão HomePlug 1.0 apresenta uma boa característica de cobertura de todos os cômodos de um domicílio, pois já existe instalado mais de uma tomada de energia elétrica em cada cômodo. Este fato não o exclui da necessidade de um maior custo na infra-estrutura, visto que em uma residência com mais de uma fase, cujas tomadas estejam em fases diferentes, deverá ser implementado um acoplador entre as fases para que os dados não sejam ceifados ao passarem pelo transformador.

Em se tratando de custos, a rede IEEE 802.11b apresenta um baixo custo de equipamentos e nenhum de instalação, em residências que não possuem cabeamento estruturado. Já a rede HomePlug não apresenta nenhum custo de instalação, mas os dispositivos ainda são muito caros e de difícil acesso, se comparado ao seu concorrente direto (IEEE 802.11b). Acredita-se que este fato esteja relacionado com um problema de escala de produção mundial, pois o HomePlug não necessita de módulos de transmissão e recepção de rádio que a princípio onera mais ainda o produto.

Outra particularidade, porém de grande relevância, refere-se à portabilidade do usuário na rede Wi-Fi, visto que esta não necessita de cabos e tomadas para obtenção de conectividade, objetos indispensáveis ao sistema HomePlug.

No quesito de técnicas para oferta de qualidade de serviço, o HomePlug oferece um mecanismo de prioridade bem eficiente com um CSMA-CA com prioridade. O padrão 802.11b possui uma especificação, denominada IEEE 802.11e, que visa oferecer qualidade de serviço através de um mecanismo semelhante ao do HomePlug. O fato de não se implementar uma técnica de QoS não implica em ser ou não melhor, pois a rede Ethernet não oferece qualquer mecanismo de qualidade de serviço. Entretanto a possibilidade de oferta de banda é tão maior que a qualidade de serviço pode ser conseguida através do dimensionamento da rede.

Por mais semelhanças que existam entre as tecnologias comparadas elas possuem as suas singularidades, que nortearão a escolha de forma a priorizar as necessidades dos seus usuários. Desse modo não existe a melhor tecnologia, mas sim a mais adequada para um determinado propósito.

5. BIBLIOGRAFIA

BARREIRINHAS, **Projeto Barreirinhas**, Disponível em:
<http://barreirinhas.samurai.com.br/fotos/redeplc/view>. Acessado em 18 de agosto de 2007.

CAMPISTA, M. E. M., **Uma Análise da Capacidade de Transmissão na Rede de Energia Elétrica Domiciliar**, Anais do XXI Simpósio Brasileiro De Telecomunicações – SBRt 2004, Belém, PA, 2004.

KUTZ, THOMAS C., **Broadband over Power Line: A New Technology for the Future**, The Telecommunications Review, 2005.

LEE, M. K. *et. al.*, **HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs –Protocol Description and Performance Results version 5.4**, *International Journal of Communication Systems*, 2002, pp. 1 – 25.

OHRTMAN, FRANK E ROEDER, KONRAD, **Wi-Fi Handbook: Building 802.11b Wireless Networks**, 2003.

GAST, MATTHEW, **802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide**, ED. O'Reilly, 2002.

TANENBAUM, ANDREW S. **Redes de Computadores**. 4. ed. São Paulo: Campus, 2003.

KUROSE, JAMES F.; ROSS, KEITH W. **Redes de Computadores e a Internet**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

ROSS, JOHN. **Wi-fi – Instalação, Configuração e Utilização de Redes Wireless**. Rio de Janeiro: Alta Books Ltda, 2003.

BAIG, S. e GOHAR, N., "**A Discrete Multitone Transceiver at the Heart of the PHY Layer of an In-Home Power Line Communication Local Area Network**", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 48-53

BIGLIERI, E., "**Coding and Modulation for a Horrible Channel**", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 92-98

BINGHAM, J.A.C., "**Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come**", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 28, no. 5, 1990, pg. 5 -14

CANETE, F. *et. al.*, "**Modeling and Evaluation of the Indoor Power Line Transmission Medium**", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 41-47

DAI, H. e POOR, V., "**Advanced Signal Processing for Power Line Communications**", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 100-107

DOSTERT, K. M., "**Frequency-hopping spread-spectrum modulation for digital communications over electrical power lines**", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol 9, no 3, pp 700 – 710, 1990.

FERREIRA, H. C.; *et all*, "**Power line communications: an overview**", *IEEE Africon 4th Africon Conference, África*, vol. 2, no. 4, pp. 558 – 563, 1996

GEBHARDT, M. *et. al.*, "**Physical and Regulatory Constraints for Communication on the Power Supply Grid**", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 84-90

LIN, Y. J., LATCHMAN, H. A. e NEWMAN, R. E., "**A Comparative Performance Study of Wireless and Power Line Networks**", *IEEE Communications Magazine*, vol. 41, no. 4, 2003, pp. 54.63.