



ESTÁNDAR IEEE 802.22 PARA REDES INALÁMBRICAS BASADAS EN RADIO COGNITIVA: UNA REVISIÓN

PADRÃO IEEE 802.22 PARA REDES SEM FIO BASEADAS EM RÁDIO COGNITIVO: UMA REVISÃO

Sibilla B. Luz¹

Paulo C. de Oliveira²

Fecha de envío: Abril de 2011
Fecha de recepción: Abril de 2011
Fecha de aceptación: Agosto de 2011

Resumen:

Este artículo presenta una visión general de la IEEE 802.22, estándar para redes inalámbricas regionales basada en la tecnología radio cognitiva. Estas redes originalmente creadas con el objetivo de proporcionar servicios de banda ancha a las zonas rurales. La IEEE 802.22 reutiliza el espectro asignado para los canales de televisión, sin causar daños significativos a los receptores licenciados de TV. Con este propósito son utilizados los canales abiertos o temporalmente ociosos. La radio cognitiva utiliza técnicas para la detección de la actividad del espectro y tiene la capacidad de reconfigurar sus parámetros de transmisión y de recepción de acuerdo al entorno radioeléctrico.

Palabras clave:

IEEE 802.22, redes inalámbricas, radio cognitiva, reutilización de frecuencia.

Resumo:

Este artigo apresenta um resumo sobre o padrão IEEE 802.22 para redes regionais sem fio baseadas em rádio cognitivo. Essas

redes foram, originalmente, criadas com o objetivo de prover serviço de banda larga a regiões rurais. O IEEE 802.22 reutiliza o espectro alocado para os canais de televisão sem prejudicar significativamente os receptores licenciados de TV. Para isso, usa apenas canais vagos ou temporariamente ociosos. O rádio cognitivo utiliza técnicas para detectar a atividade do espectro, tendo parâ-

1 Mestre em ciências em engenharia elétrica. Universidade Federal Tecnológica do Paraná – Brasil. sibillabl@yahoo.com.br.

2 Tecnólogo em Processamento de dados. Universidade Federal Tecnológica do Paraná – Brasil. cezaroliver@yahoo.com.br.

metros de reconfigurar suas características de transmissão/recepção conforme a disponibilidade encontrada.

Palavras chave:

IEEE 802.22, sem fio, rádio cognitivo, reutilização de frequência.

1. Introdução

Dentre os muitos objetivos da comunicação sem fio, um deles é disponibilizar conexão banda larga às regiões de difícil acesso. A longa distância entre os equipamentos da operadora até as residências rurais torna inviável o uso de cabos. Desta maneira, regiões remotas carecem muito desse tipo de serviço.

O padrão 802.22 propõe a utilização do espectro destinado às operadoras de televisão para propagar o sinal de banda larga. Além de ser uma forma de baixo custo, também é viável devido o longo alcance desse sinal [2].

Em meados de 2004 a IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e a FCC (*Federal Communications Commission*) iniciaram o desenvolvimento do padrão 802.22 para WRANs (*Wireless Regional Area Network*), cujo objetivo é prover esse serviço de forma eficiente, podendo até ser comparado com outras tecnologias como a DSL [1, 2].

Estas redes são baseadas em rádio cognitivo [3]. Utilizam canais vagos ou temporariamente ociosos (*white spaces*) da banda alocada no espectro para o serviço licenciado de TV (alto-VHF e baixo-UHF) [1]. Uma grande vantagem na utilização dessas baixas frequências, se comparadas com

transmissões a 5 GHz, é que apresentam um grande alcance, suprindo o obstáculo da distância em áreas rurais.

A faixa do espectro alocada para TV apresenta diversas áreas vagas como, por exemplo, os canais 5 e 8, ou inutilizadas durante um período de tempo. Sendo assim, 802.22 reutiliza essas faixas sem causar nenhum dano aos receptores de TV e a outros dispositivos que operam nessa banda, como microfones sem fio. O rádio cognitivo utiliza técnicas que sentem e avaliam o espectro para determinar a presença ou ausência de operadoras (receptores de TV) [2].

2. Radio Cognitivo

A larga utilização do espectro eletromagnético para comunicação sem fio tem tornado esse meio um recurso escasso. Diante dessa situação, é imprescindível utilizar o espectro de forma eficiente.

Estudos focam-se em maneiras de utilizar o espectro de maneira racional, sem prejudicar os usuários primários (proprietários) da frequência. Assim surge a tecnologia denominada de Rádio Cognitivo, que é considerado uma solução para a ineficiência no uso do espectro, já que, utiliza faixas que são reservadas, mas estão ociosas [5]. Segundo [4, 5] em 2005, período de introdução do 802.22, mais de 80% do espectro de baixas frequências (30-300 MHz) não era utilizado nos Estados Unidos.

Esse rádio, definido pelo conjunto de hardware e software, sente o canal e se modifica conforme a disponibilidade do espectro. Para isso, utilizam dois métodos: “*geo-location/database*” onde informações sobre a localização do rádio cognitivo são com-

binadas com o banco de dados dos transmissores licenciados para determinar quais canais estão disponíveis para reuso, e “*spectrum sensing*” onde o espectro é observado para identificação dos canais ocupados [1]. Este dispositivo possui técnicas de modulação adaptativa e controle de potência, podendo modificar características e formas de onda de transmissão, melhorando o acesso e evitando interferências.

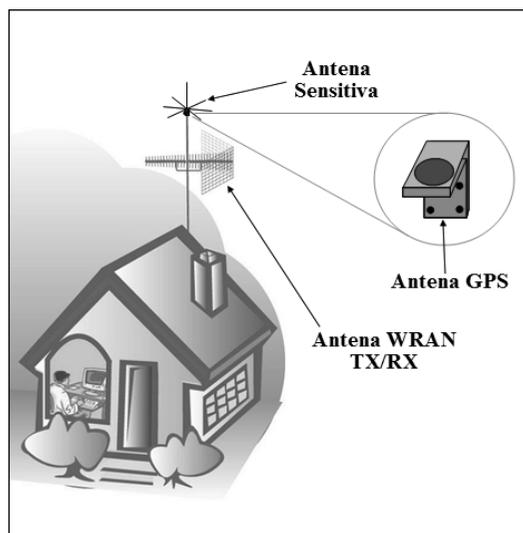
3. IEEE 802.22

O padrão IEEE 802.22 apresenta uma topologia ponto multiponto. O sistema é composto por uma estação base (*base station* – BS) e vários CPEs (*customer premises equipment*). A BS controla a si mesma e os CPEs. Além disso, controla o acesso ao meio e todas as características da transmissão RF como modulação, codificação e frequências de operação. Visando proteger o serviço primário, a estação base e os CPEs têm uma relação mestre/escravo, onde cada CPE (escravo) precisa de autorização da BS (mestre) para transmitir.

O terminal consumidor (CPE) utiliza uma antena externa direcional, figura 1, semelhante à de TV para transmissão/recepção de informações [7]. Além disso, existe uma antena sensitiva que escuta o espectro para determinar quais frequências estão disponíveis. Este sensoriamento ocorre em intervalos de tempo variáveis. Ao detectar o espectro ocupado o rádio cognitivo deve alterar suas características de transmissão para não causar interferências, pois operadoras de TV e microfones sem fio tem prioridade nessa faixa de frequência.

Também é necessária a presença de uma antena GPS para determinar sua localização

Figura 1. Equipamentos necessários no terminal consumidor para o padrão 802.22 [7].



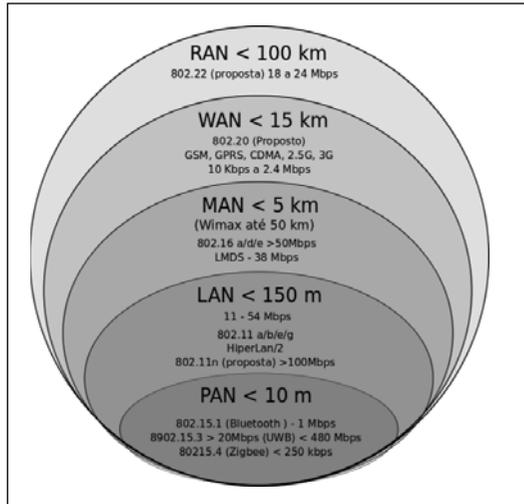
exata e assim poder consultar o banco de dados do órgão regulador com informações sobre frequências livres.

A estação base utiliza uma antena setorial ou omnidirecional de 30 metros de altura [7]. A BS é capaz de realizar o sensoriamento distribuído, onde o CPE sente o espectro e envia periodicamente as informações obtidas. Conforme as informações recebidas a estação base altera ou não os parâmetros de transmissão/recepção.

As WRANs são capazes de cobrir um raio de 17 a 30 km da estação base, podendo chegar até 100 km, e conseguem suprir 255 usuários fixos [1].

No padrão IEEE 802.22 são obtidas taxas de transferência de dados de 1.5 Mb/s da base para o usuário e 384 Kb/s do usuário para a base. A figura 2 apresenta o padrão 802.22 em relação a outros padrões de rede sem fio, considerando alcance e taxa de transferência de dados. O IEEE 802.11

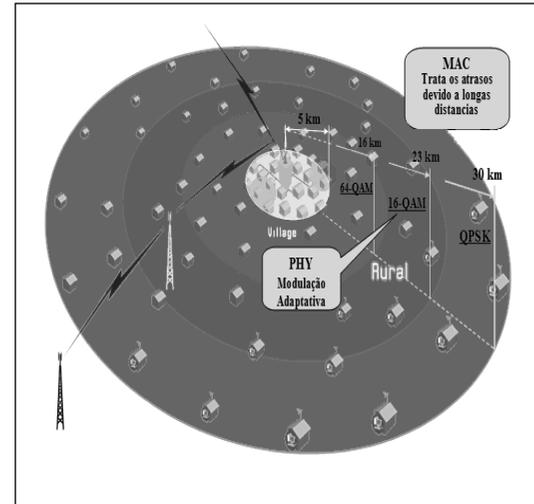
Figura 2. Padrões de redes sem fio [2].



utiliza para operação a faixa entre 54 e 862 MHz do espectro (VHF/UHF).

Visando aumentar a proteção das operadoras contra possíveis interferências no espectro causadas pelas WRANs, um grupo da IEEE criou o padrão 802.22.1 beacon. Neste padrão dispositivos 802.22 são capazes de captar a presença, além de sinais de TV, de sinais de microfones sem fio a uma distância maior do que a distância de interferência do CPE. Estes sinais são difíceis de ser detectados devido a sua baixa potência de transmissão. O IEEE 802.22.1 propõe duas classes de soluções para a detecção desses sinais: na classe A um dispositivo beacon, separado, é utilizado para transmitir mensagens WMBs (*wireless microphone beacon*) para o sistema 802.22 informando sua presença. Na classe B o IEEE 802.22 suporta um tipo especial de CPE que tem a capacidade de informar ao sistema a presença de microfones sem fio que estão operando naquela frequência. As duas classes operam melhor se combinadas.

Figura 3. Modulação no 802.22 [6].



3.1 Camada Física

A camada física deve prover alto desempenho, sendo capaz de se adaptar a diferentes condições. Além disso, deve ser flexível para alternar entre os canais sem apresentar erros.

O 802.22 usa como mecanismo de multiplexação o OFDMA (*orthogonal frequency-division multiple access*) [1, 2, 7]. Define doze combinações de três modulações, são elas: QPSK (*quaternary phase shift keying*) 16-QAM e 64-QAM (*quadrature amplitude modulation*), mostradas na figura 3.

O padrão para WRANs permite o “*Channel Bonding*”, possibilitando a utilização de dois ou mais canais ao invés de apenas um, aumentando o desempenho do sistema.

A codificação convolucional, para controle de erro (FEC - *forward error control*), é obrigatória no padrão 802.22. Turbo, LDPC (*low-density parity-check code*) ou *Shortened Block Turbo Codes* são opcionais, porém recomendados [1, 7].

3.2 Camada de Controle de Acesso ao Meio

A camada MAC (*Medium Access Control*) do IEEE 802.22 é baseada em rádio cognitivo, por isso deve ser flexível e responder rapidamente a alterações na operação, impedindo erros na transmissão. Esta camada garante que não haverá interferências com os operadores de TV e com outros sistemas da família 802. O MAC também prove compensação em atrasos ocorridos devido à longa distância da estação base [1, 2].

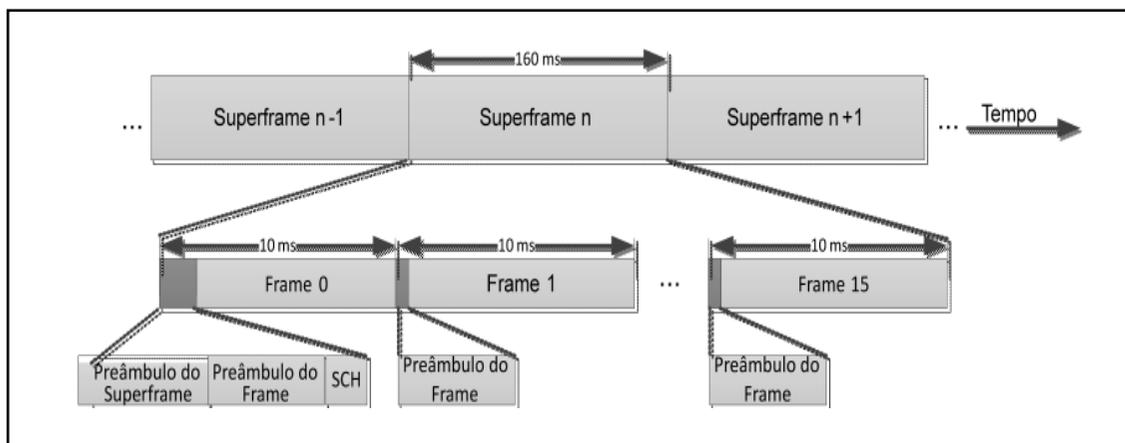
Esta camada avalia o espectro de duas maneiras: *In-band* e *out-of-band*. A avaliação *in-band* consiste no sensoriamento do canal em uso pela BS e o usuário, já no *out-of-band* o sensoriamento é realizado em todos os demais canais. Este processo pode ser realizado de dois modos, tanto para a avaliação dentro do canal como nos outros canais, primeiro utilizando o *fast sensing* onde o sensoriamento é feito em um intervalo de 1 ms por canal e segundo através do *fine sensing* cujo sensoriamento é realizado em 25 ms ou mais por canal. O *fine sensing* utiliza os resultados obtidos do *fast sensing*. Em ambos os casos é a estação base que decide que providencias

tomar com os resultados obtidos por ela e pelo usuário.

O MAC é composto por duas estruturas, o frame e o superframe, como mostra a figura 4. O superframe, enviado pela BS, possui um preâmbulo, cabeçalho e 16 grupos de frames, sendo cada frame de 10 ms. Cada frame compreende um subframe DS (*downstream*) e outro US (*upstream*), além de um CBP (*co-existence beacon protocol*). O subframe DS contém um único protocolo PHY (PDU - *protocol data unit*), já o subframe US pode ter vários PDUs de diferentes CPEs e conter intervalos para inicialização, requisição de largura de banda, notificação UCS (*urgent coexistence situation*), e autocorrespondência (CBP) [1].

O padrão 802.22 suporta diversos tipos de qualidade de serviço, como: UGS (*Unsolicited Grant Service*) para VoIP e T1/E1, rtPS (*real-time Polling Service*) para streaming de vídeo MPEG, nrtPS (*non-real-time Polling Service*) para FTP, entre outros. Suporta também, ARP e serviços unicast, multicast e broadcast [6].

Figura 4. MAC: Superframe e Frame [1].



3.3 Inicialização

No geral, quando existe uma dependência para o acesso de uma estação base centralizada, a inicialização se torna um processo simples em qualquer protocolo MAC, porém, isso não se aplica quando existe uma operação numa faixa compartilhada em uma estação intermediária.

Para exemplificar, ao inicializar um CPE no 802.22, é preciso fazer uma varredura dos canais de TV para criar um mapa da ocupação do espectro, porém essa tarefa consome tempo.

A CPE precisa localizar e se sincronizar a uma estação base. Entretanto, a dificuldade está em descobrir quais parâmetros estão sendo utilizados pela BS, ou seja, frequência de operação, tempo, codificação, etc. Outro fator que complica a sincronização é que em uma BS 802.22 pode utilizar mais de um canal (channel bonding).

Assim, para que seja desenvolvido o MAC do 802.22 é muito importante considerar todas as questões não tratadas em outros protocolos MAC sem fio [2].

4. Segurança

Como em qualquer tipo de comunicação de dados, as redes IEEE 802.22 também são vulneráveis a diversas ameaças.

Esforços são aplicados para que esse problema não seja tão agravante, por exemplo, a subcamada de segurança fornece confidencialidade, autenticação, integridade de dados e serviços de criptografia de dados, isso se dá por meio das conexões entre as CPEs e os BS.

A subcamada de segurança tem dois componentes: o protocolo de encapsulamento e o protocolo conhecido por PKM (Privacidade Key Management). O protocolo de encapsulamento define um conjunto de suporte de criptografia, ou seja, pares de criptografia de dados e algoritmos de autenticação e as regras de aplicação desses algoritmos para uma carga MPDU (MAC Protocol Data Unit). O protocolo PKM garante a distribuição segura de dados da BS para o CPE.

A subcamada de segurança protege as informações de controle da rede ligando os códigos de autenticação de mensagens as mensagens de gerenciamento da camada CMAC (Cognitive MAC). Porém, essa subcamada protege somente o gerenciamento CMAC de mensagens no âmbito intracelular, deixando desprotegidos os sinais intercelulares, com isso, esses sinais ficam vulneráveis a modificações não autorizadas.

5. Wran x Wimax

A tecnologia Wimax (802.16) é, em alguns aspectos, muito parecida com a WRAN, pois também tem por objetivo atingir usuários a longa distância, inclusive em áreas rurais.

Para se ter uma idéia, sua capacidade de alcance, em teoria, pode chegar a 50 quilômetros. Entretanto, essa distância está diretamente relacionada com a altura da antena seu ganho e potência de transmissão [8].

Uma diferença entre as duas tecnologias, que se observa de início é a abrangência do 802.22 em relação ao Wimax, como pode ser observado na figura 2. O IEEE 802.22 tem uma cobertura muito maior do que o Wimax, sendo, portanto o IEEE 802.22 a

melhor opção para WRANs. Outro ponto a destacar é que o Wimax não inclui técnicas de proteção necessárias para operar em bandas licenciadas. Embora exista um projeto em andamento o 802.16h, atualmente, concentra-se apenas na coexistência entre os sistemas 802.16 [2].

6. Conclusões

A comunicação sem fio é atualmente umas das tecnologias mais promissoras em termos de custos para atender regiões de longa distância, já que seu valor é mais baixo em comparação à comunicação estruturada por cabos de cobre e/ou por fibra ótica. Porém, ainda enfrenta limitações tais como a falta de estrutura ou especialistas para o aprimoramento delas.

Ainda no campo da pesquisa, a tecnologia 802.22 é a que melhor atende a proposta de levar comunicação em banda larga para as regiões mais remotas. Seus benefícios são muitos, podendo destacar o longo alcance, (maior do que o próprio Wimax) e o baixo custo a ela aplicada.

Outra vantagem do 802.22 é a utilização de rádio cognitivo em faixas de frequência das operadoras de televisão. Conforme estudos realizados nos Estados Unidos [2] pode-se concluir que essa faixa de frequência tem sido cada vez menos utilizada, a razão é que muitos canais de televisão estão sendo subutilizados em algumas regiões.

Entretanto, no que diz respeito às redes IEEE 802.22, pode-se concluir que a norma atual não especifica qualquer mecanismo de segurança para proteger os sensores e informações de geolocalização, bem como informações provenientes do banco de dados [9].

Como mencionado anteriormente, um dos percalços para que essa tecnologia possa realmente chegar ao usuário final é o fato de ainda estar no campo da pesquisa. Outro agravante é que como as faixas de televisão são licenciadas, a prioridade de utilização é do usuário primário (o usuário pagante da faixa) e para que ela possa ser utilizada é necessária sua autorização o que implica em maiores custos para a viabilização dessa tecnologia.

Mesmo com o incentivo de grandes empresas, o IEEE 802.22 ainda precisa quebrar barreiras, acabando com a desconfiança existente pelas emissoras de TV, que temem interferências danosas no espectro, garantindo que tem tecnologia suficiente para coexistir harmoniosamente.

Referencias

- [1] C. Stevenson; G. Chouinard; L. Zhongding; H. Wendong; S. Shellhammer; W. Caldwell, "IEEE 802.22: The first cognitive radio wireless regional area network standard", IEEE Communication Magazine, vol. 47, 1ª ed., p. 130-138, Janeiro, 2009.
- [2] C. Cordeiro; K. Challapali; D. Birru; N. Sai Shankar, "IEEE 802.22: The first worldwide wireless standard based on cognitive radios", First IEEE International New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, DyPAN, p. 328-337, 2005.
- [3] IEEE P802.22/D1.0 Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands, Março, 2009

- [4] S.W. Ellingson, "Spectral occupancy at VHF: Implications for frequency-agile cognitive radios," 62nd IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 2, p. 1379-1382, 2005.
- [5] M. McHenry, "Report on Spectrum Occupancy Measurements", Shared Spectrum Company. Disponível em: http://www.sharespectrum.com/?section=nsf_summary. Acessado em: Maio, 2010.
- [6] G. Chouinard, "802.22 presentation to the ECSG on white space", Março, 2009. Disponível em: <http://www.ieee802.org/22>. Acessado em: Maio, 2010.
- [7] A. N. Mody; G. Chouinard, "Overview of IEEE 802.22 standard on wireless regional area networks and core technologies", Março, 2010. Disponível em: <http://www.ieee802.org/22>. Acessado em: Maio, 2010.
- [8] E. R. Dosciatti, "Um novo escalonador com controle de admissão de conexão para o padrão IEEE 802.16 com garantia de limite de atraso", Dissertação de mestrado, UTFPR, 2010.
- [9] K. Bian; J. Park, "Security vulnerabilities in IEEE 802.22", Proceedings of the 4th Annual International Conference on Wireless Internet, Novembro de 2008.