

Cognitive Wireless Networks: References

Eduardo Pagani Julio, Celio Albuquerque
Fluminense Federal University, UFF, Brazil
Email: {ejulio,celio}@ic.uff.br

October 16, 2013

Contents

1	Referências	3
1.1	Rádios Cognitivos	3
1.2	Coexistência	3
1.3	Orgãos Reguladores	3
1.4	Padrões	4
1.5	Roteamento	4
1.6	Outros	4
1.7	Sites	4
1.8	Trabalhos de Disciplinas do Doutorado	5
1.9	Artigos em Estudo Atualmente	5
2	802.19.1 System Design Document	7
2.1	Requisitos do Sistema	7
2.2	Arquitetura do Sistema 802.19.1	10
2.3	Perguntas e Respostas	13
3	Redes Cognitivas com SciFi	15
4	Definição de Tema	16
	Bibliography	18

Capítulo 1

Referências

Objetivo desse arquivo é reunir as principais referencias sobre Redes de Rádios Cognitivos, com o foco principal em coexistência nessas redes.

1.1 Rádios Cognitivos

- Primeiras Referências: ↓ [Mitola e Maguire 1999], ↓ [III 2000]
- Evolução dos Rádios Cognitivos: ↓ [Mitola 2009]
- Minicurso SBRC 2010: ↓ [Sousa et al. 2010]
- Redes Ad Hoc Cognitivas: ↓ [Akyildiz et al. 2009]
- Next Generation Wireless Internet: ↓ [Akyildiz et al. 2004]
- Survey Rádio Cognitivo: ↓ [Akyildiz et al. 2006]

1.2 Coexistência

- Coexistência TVWS: ↓ [Villard et al. 2011]
- Coexistência TVWS (802.19.1): ↓ [Baykas et al. 2012]
- Coexistência Heterogênea TVWS: ↓ [Ghosh et al. 2011]

1.3 Órgãos Reguladores

- Estados Unidos - *Federal Communications Commission* (FCC): [FCC 2008, FCC 2010]

- Reino Unido - *Office of Communications* (OfCom): [OfCom 2009]
- Europa - *Electronic Communications Committee* (ECC):

1.4 Padrões

- ECMA 392 (*MAC and PHY for Operation in TV White Space*): [ECMA 2009]
- IEEE SCC group 41 (*Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN)*) -> *IEEE P1900* : [Granelli et al. 2010]
- IEEE 802.11af *White-Fi*: [802.11af 2011]
- IEEE 802.15.4m (*WPAN Task Group 4m - TV White Space Amendment to 802.15.4*): [802.15.4m 2011]
- IEEE 802.22 - *Wireless Regional Area Networks (Enabling Rural Broadband Wireless Access Using Cognitive Radio Technology in TV Whitespaces)*: [802.22-2011 2011]
- IEEE 802.19.1 - *Wireless Coexistence in the TV White Space - (SDD)*: [Baykas et al. 2010]

1.5 Roteamento

- Taxonomia de Roteamento: ↓ [Cesana et al. 2011]

1.6 Outros

- Questões de Sensoriamento Espectral: ↓ [Cabric et al. 2004]
- Survey Sensoriamento Espectral: ↓ [Yucek e Arslan 2009]
- Geolocalização: ↓ [Gurney et al. 2008]
- Plataformas e Testbeds ↓ [Chowdhury e Melodia 2010]

1.7 Sites

- Centre for White Space Communications

1.8 Trabalhos de Disciplinas do Doutorado

- 2010.2 - Redes de Computadores: ↓ Roteamento em Redes Cognitivas: Desafios e Taxonomia
- 2011.1 - Tópicos Avançados em Otimização: ↓ Escalonamento de Espectro e Roteamento em Redes Cognitivas: Uma Perspectiva de Otimização
- 2011.2 - Redes Multimídia: ↓ Transmissão de Vídeos Escaláveis em Redes Cognitivas
- 2012.1 - Estudo Orientado: ↓ Coexistence of Multiple Cognitive Wireless Networks: A Overview

1.9 Artigos em Estudo Atualmente

- Taxonomia de Mecanismos de Coexistência Heterogênea para Redes Cognitivas: ↓ [Gao et al. 2012b]
- Testbed com Geolocalização: ↓ [Ribeiro et al. 2012]
- Avaliação de Desempenho do IEEE 802.19.1: ↓ [Filin et al. 2011]
- Segurança: ↓ [Jiang et al. 2012], ↓ [Baldini et al. 2012]
- Survey Camada MAC: ↓ [De Domenico et al. 2012]
- Survey Sensoriamento Espectral: ↓ [Umar e Sheikh 2012]
- Survey Sensoriamento Espectral Cooperativo: ↓ [Akyildiz et al. 2011]
- Área Médica: ↓ [Chavez-Santiago et al. 2012]
- Regulamentação: ↓ [Nekovee 2011], ↓ [Nekovee et al. 2012], ETSI ↓ [Gebert et al. 2012]
- Simulação com MATLAB: ↓ [Tabassam et al. 2011]
- Otimização de Capacidade de Canal: ↓ [Lu et al. 2011]
- Arquitetura REM: ↓ [Van De Beek et al. 2012]
- Reuso (Uplink soft frequency reuse): ↓ [Gao et al. 2012a]

- Coexistência com celular: ↓ [Roy e Kundu 2011]
- Algoritmos de Sensoriamento de Espectro: ↓ [Mariani 2013]

Capítulo 2

802.19.1 System Design Document

2.1 Requisitos do Sistema

Esta seção fornece os requisitos para o sistema 802.19.1. Há 9 requisitos de sistema (R1-R9) que podem ser agrupados em quatro categorias diferentes: Geral, Descoberta, Comunicação e Algoritmo. Os requisitos podem também ser agrupados a partir do ponto de vista de se estão relacionadas com as operações internas do sistema ou interações com o mundo exterior do sistema. Ambos aspectos são ilustrados na Figura 2.1, que fornece uma visão geral dos requisitos do sistema.

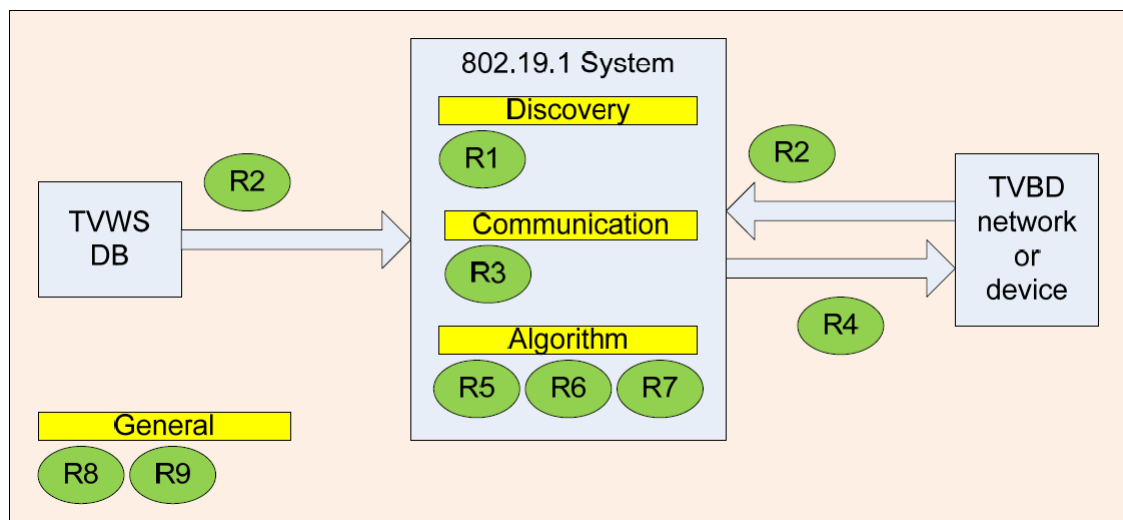


Figure 2.1: Requisitos do Sistema - 802.19.1

- R1 - O sistema 802.19.1 deve permitir a descoberta de dispositivos e redes 802.19.1 compatíveis com TVBD (*TeleVision Band Device*).
 - O sistema 802.19.1 precisa identificar potenciais dispositivos e redes 802.19.1

compatíveis com TVBD que precisam coexistir como um passo crucial para alcançar a coexistência.

- R2 - O sistema 802.19.1 deve ser capaz de obter e atualizar as informações necessárias para a coexistência em TVWS.
 - O sistema 802.19.1 obtém essa informação de fora do sistema 802.19.1, por exemplo, da base de dados TVWS, a partir de dispositivos/redes 802.19.1 compatíveis com TVBD.
 - Esta exigência também destaca a capacidade de atualizar/refrescar as informações relacionadas com a coexistência, tais como informações de localização de dispositivos e redes TVBD, a utilização de espectro por dispositivos e redes TVBD.
- R3 - O sistema 802.19.1 deve ter meios para trocar as informações obtidas.
 - Sem restringir o mecanismo de comunicação, esta exigência coloca um requisito de alto nível para prover meios de trocar informações necessárias para a coexistência em TVWS.
- R4 - O sistema 802.19.1 deve ser capaz de fornecer pedidos e/ou comandos de reconfiguração, bem como informações de controle correspondente para dispositivos e redes 802.19.1 compatíveis com TVBD para implementar as decisões coexistência em TVWS.
 - Exemplos de pedidos/comandos de reconfiguração são: mudar a frequência central, ajustar a potência de transmissão, afetar o agendamento de tempo.
 - Pedidos e/ou comandos de reconfiguração e informações de controle correspondentes são fornecidas a partir do sistema 802.19.1 para redes ou dispositivos TVBD, por exemplo:
 - * De uma parte do sistema 802.19.1 implantado em um dispositivo TVBD para o sistema de gerenciamento de dispositivo através de um SAP (*Service Access Point*) interno para o dispositivo TVBD.
 - * De uma parte do sistema 802.19.1 implantado em rede TVBD (por exemplo, sistema de gerenciamento de rede) para os nós de rádio da rede TVBD, por exemplo, estações base, pontos de acesso.
- R5 - O sistema 802.19.1 deve analisar as informações obtidas.

- Um exemplo de análise é o processamento dos dados brutos para gerar um conjunto de novos dados para auxiliar a tomada de decisão.
- R6 - O sistema 802.19.1 deve ser capaz de tomar decisões de coexistência TVWS.
 - Como um exemplo de tomada de decisões, decidir sobre quais ações devem ser tomadas por redes/dispositivos TVBD para resolver o problema de coexistência
- R7 - O sistema 802.19.1 deve suportar diferentes topologias de tomada de decisão para coexistência TVWS (por exemplo, centralizada, distribuídas e autônomas).
 - Este requisito ressalta a possibilidade de ter várias abordagens para implementar a tomada de decisões em cenários de coexistência.
 - Ele também salienta que o sistema 802.19.1 deve ser capaz de suportar estas diferentes abordagens de tomada de decisão para a coexistência.
- R8 - O sistema 802.19.1 deve suportar mecanismos de segurança apropriados. Este deve incluir autenticação, integridade e confidencialidade das trocas abertas de usuário/dispositivo e privacidade de dados e política correta de comprovação e cumprimento.
 - O sistema 802.19.1 deve ser capaz de autenticar, prover integridade e/ou confidencialidade a todas as entidades envolvidas na troca de dados 802.19.1
 - O sistema 802.19.1 deve suportar privacidade de dados sensíveis, e meios seguros para armazenar e processar esses dados enquanto eles se localizam em entidades 802.19.1
 - * Os dados sensíveis pode ser de geolocalização, credenciais do usuário e do dispositivo, e alinhamento de tempo
 - O sistema 802.19.1 deve permitir a execução de políticas de coexistência para dispositivos ou redes 802.19.1 compatíveis com TVBD
 - * Isso inclui meios seguros para detectar e/ou corrigir o comportamento comprometido
- R9 - O sistema 802.19.1 utilizará um conjunto de mecanismos para alcançar a coexistência das redes e dispositivos TVBD.

2.2 Arquitetura do Sistema 802.19.1

A arquitetura do sistema 802.19.1 tem três entidades lógicas e seis interfaces lógicas. Uma entidade 802.19.1 lógica é definida pelo(s) seu(s) papel(is) funcional(is) e suas interfaces com outras entidades lógicas 802.19.1 e com elementos externos.

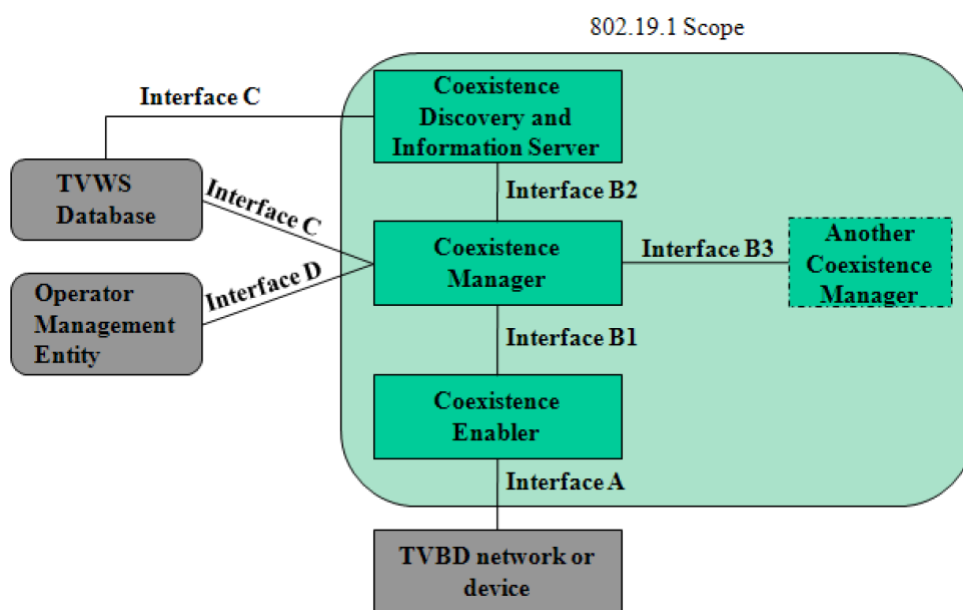


Figure 2.2: Arquitetura do Sistema - 802.19.1

As três entidades lógicas são:

- Gerenciador de Coexistência (CM - *Coexistence Manager*)
 - Descoberta de outros CMs, para resolver problemas de coexistência entre as redes TVBD que eles servem.
 - Tomada de decisão de coexistência, que inclui a geração e fornecimento de pedidos/comandos correspondentes de coexistência e informação de controle para CE(s).
 - Suporte à troca de informações necessárias para coexistência entre CMs, que pode incluir capacidades de tomada de decisão hierárquicas e/ou peer-to-peer em implantações CM.
 - Auxiliar os operadores de rede no gerenciamento relacionado à coexistência TVWS.
- Habilitador de Coexistência (CE - *Coexistence Enabler*)

- Solicitar e obter informações, necessárias para a coexistência, a partir da rede ou dispositivo TVBD.
- Traduzir pedidos/comandos de reconfiguração e informação de controle recebidos do CM em pedidos/comandos de reconfiguração específicos de TVBD e enviá-los para a rede ou dispositivo TVBD.
- Servidor de Informação e Descoberta de coexistência (CDIS - *Coexistence Discovery and Information Server*)
 - Apoio à descoberta de CMs, que facilita a abertura de interfaces entre CMs.
 - Coletar, agregar e fornecer informações facilitando a coexistência, que inclui o armazenamento de dados, processamento de dados, etc

As seis interfaces lógicas são:

- Interface A - entre o CE e a rede/dispositivo TVBD
 - A partir da rede ou dispositivo TVBD
 - * Informações necessárias para a coexistência
 - * Requisições de configuração/informação para a coexistência
 - * Respostas de Configuração/medição/informação para a coexistência
 - * E outras informações conforme o necessário
 - Do CE para rede ou dispositivo TVBD
 - * Pedidos/comandos de reconfiguração e informações de controle (correspondente aos pedidos/comandos de coexistência e informação de controle recebidas do CM)
 - * Pedidos/comandos relacionados ao controle de medições realizadas pela rede ou dispositivo TVBD
 - * E outras informações conforme o necessário
- Interface B1 - entre CE e CM
 - Do CE para o CM
 - * Informações necessárias para a coexistência (informação obtida da rede ou do dispositivo TVBD)
 - * E outras informações conforme o necessário

- Do CM para o CE
 - * Pedidos/comandos de coexistência e informações de controle
 - * E outras informações conforme o necessário
- Interface B2 - entre CM e CDIS
 - Do CM para o CDIS
 - * Informações necessárias para a descoberta (obtido por este CM)
 - * Informações necessárias para a coexistência (obtido por este CM)
 - * E outras informações conforme o necessário
 - Do CDIS para o CM
 - * Informações necessárias para a descoberta (obtida por outros CMs)
 - * Informações necessárias para a coexistência (obtida por outros CMs)
 - * E outras informações conforme o necessário
- Interface B3 - entre CMs
 - Do CM para o CM
 - * Informação e mensagem necessária para a descoberta e coexistência
 - * E outras informações conforme o necessário
- Interface C - entre CM/CDIS e banco de dados TVWS
 - Do banco de dados TVWS para o CM/CDIS
 - * Informações necessárias para a coexistência (informações sobre os canais de TV disponíveis)
 - * E outras informações conforme o necessário
- Interface D - entre o CM e o OME
 - Do OME para o CM
 - * Informações relacionadas ao operador da rede por exemplo, a política/limitações do espectro sobre redes de operadoras
 - * E outras informações conforme o necessário

Adicionalmente, o sistema 802.19.1 interage com três elementos externos:

- banco de dados TVWS

- rede ou dispositivo TVBD
- Entidade de Gerenciamento do Operador (OME - *Operator Management Entity*)

2.3 Perguntas e Respostas

- TVWS DB é uma entidade externa. O Sistema deve ser alimentado com essas informações do BD. Tanto o CDIS e o CM recebem essas informações. Que tipo de informações são recebidas do BD? (o TVWS DB é usado para informar a utilização dos primários na faixa de TV. Impressão de que essa atualização no TVWS DB não é frequente).
 - Informações como frequência e área de abrangência livre devem ser informadas. O CDIS deve receber essas informações e usar para decisão de quais canais os secundários deverão usar. Informar os CMs para reconfiguração se necessário.
- O CDIS deve receber informações do BD, processar e fornecer informações aos CMs e resolver problemas de coexistência entre redes TVBD. Deve ter uma visão global dos CMs e das redes TVBD para resolver conflitos?
 - Isto não está claro. A área de abrangência é importante para a resolução de conflitos. E só existe a figura de 1 CDIS, mas provavelmente existirão diversos em áreas diferentes.
 - A visão global é importante para a resolução de conflitos, bem como a localização do CDIS.
- Qual a área de abrangência do CDIS? Quantos CMs devem se comunicar com o CDIS?
 - Isso vai de encontro com a escalabilidade do sistema
- Como o CDIS e os CMs se organizam para comunicação? Uma rede *overlay* com o CDIS como uma entidade central, os CMs como *cluster heads*, coordenando a comunicação com redes TVBD?
 - Isso é um ponto que pode ser explorado, já que o padrão prevê descoberta das entidades.

- A comunicação entre eles é feita de forma sem fio também, ou requer uma infra-estrutura? Pode ser feita via Internet?
- Deve existir uma entidade na rede TVBD (CE) que faz a interface com o Sistema. o CE faz a troca de informações entre o CM e a rede TVBD (precisa conhecer tecnologia específica desses dispositivos). Que informações precisam ser trocadas?
 - provavelmente será uma entidade mista, que trabalha na frequência da rede TVBD e conversa com o CM (que deve enviar/receber comandos/respostas para reconfiguração dessa rede)
- A princípio, o CIDS recebe informações do TVWS DB e de CMs. Com essas informações, deve ser capaz de resolver conflitos, solicitando a reconfiguração de redes TVBD. Deve ser consultado por CMs e os CMs devem realimentar o CDIS
 - Isso pode ser um processo custoso dentro da arquitetura, já que o CDIS pode tratar com vários CMs e isso pode gerar diversas reconfigurações de espectro
- CM aparenta ser o elo de ligação do Sistema. Se comunica com todos os elementos (CDIS, outros CMs e CE). Ainda pode receber informações do TVWS DB e do OME.
 - Pode também ser o elo mais fraco, já que se falhar, compromete todas as reconfigurações da rede TVBD e o envio de informações ao CDIS
- Ataques no sistema: Falsificação de solicitação de reconfiguração de canais, CMs falsos, CDIs falso, OME falso, informações de TVWS DB falsas.
 - Parte também que pode ser explorada, apesar do padrão tratar do item segurança

Metas:

- Meta 1: Rede Ad Hoc que modele a rede 802.19.1 e medir overhead de comunicação
- Meta 2: Adaptar SciFi para 802.19.1

Capítulo 3

Redes Cognitivas com SciFi

O SciFi já trata coexistência. Considera APs gerenciados e nao gerenciados. Cria grafo de interferencia e resolve através de coloração de grafo. Ajusta a potência para reduzir a interferência.

Para suportar o padrão 802.19.1, alguns ajustes devem ser contemplados:

- 1. mudança imediata de frequencia caso um usuário primário entre em funcionamento
- 2. necessidade de troca de dados entre CMs (entre APs), caso nao seja possível o contato do CM com o CDIS, ou casos P2P ou hierarquicos
- 3. recebimento de informações do TVWS DB pelo controlador, para alimentar as faixas de frequencias disponíveis/ocupadas

Table 3.1: SciFi Adaptado para Redes Cognitivas

SciFi	Redes Cognitivas
Controlador	Servidor de Informação e Descoberta de Coexistência (CDIS)
Banco de Dados	no CDIS
APs	Gerenciador de Coexistência (CM)
APs	Habilitador de Coexistência (CE)

Capítulo 4

Definição de Tema

- Datas importantes:
 - 21/2 Limite para Pedido de Banca
- Argumento:
 - Alocação de canais é uma peça chave na coexistência
 - Multiplos dispositivos utilizando mesma faixa de frequência (ex.: Wifi e blue-tooth)
 - Utilizacao (disputa) de canais compartilhados minimiza a eficiência global
 - Coexistencia heterogênea é complexa, pois cada tecnologia usa um tipo de canal diferentes
 - Mecanismos com visao global auxiliam na resolucao de conflitos
- CDIS
 - coleta e agrega as informações dos CMs
 - armazena e processa dados
 - "pode verificar se existem conflitos entre canais usados em 2 CMs vizinhas, por exemplo"
 - como os canais podem ser diferentes para cada tipo de tecnologia.
- CMs
 - toma decisão de coexistência (hierárquicas ou P2P)
 - Troca informações com outros CMs

- Algoritmos de tomada de decisão aqui
- Proposta:
 - Algoritmo distribuído que visa prover coexistência heterogênea entre redes utilizando o padrão 802.19.1. Envolve um mecanismo implementado no CDIS para analisar e identificar possíveis interferências entre redes e um mecanismo de decisão, com base em informações locais, do CDIS e de outros CMs, para alocação de canais feitos pelos CMs.
 - Desenvolver mecanismos de alocação de canais usados nos CMs, com auxílio do CDIS, minimizando a interferência entre CMs vizinhos
 - Desenvolver mecanismos de agregação e processamento de dados usados no CDIS para verificação de conflitos de canais
- Implementação:
 - CE se registra no CM (localização, área de cobertura, tipo (tecnologia))
 - CM se registra no CDIS (localização, CEs registrados)
 - CDIS sabe quais CEs existentes, e pode montar um "mapa de interferência"
 - CDIS monta uma grade de interferência entre CEs, analisando
 - CM recebe periodicamente a lista de canais disponíveis na região, e toma suas decisões de alocação de canal, repassando aos CEs os canais definidos
 - CDIS recebe periodicamente lista de canais utilizados em cada CM
- Questões:
 - Como validar a proposta?
 - Pré-requisitos necessários para a proposta?
- Algoritmo:
 - CDIS
 - CM

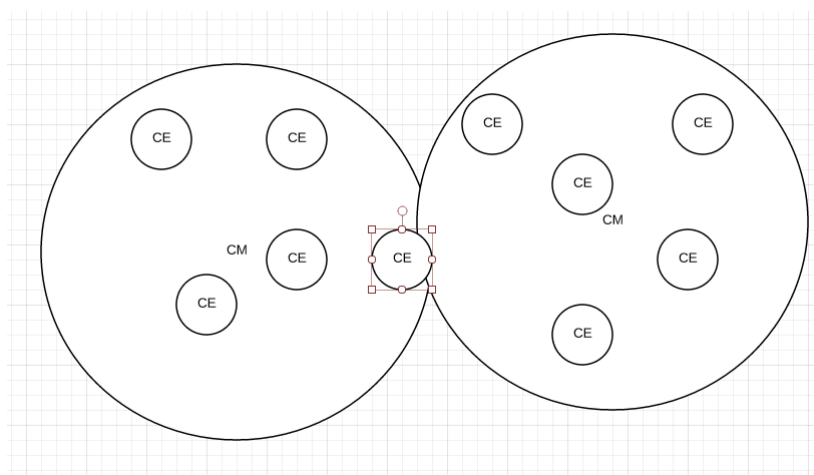


Figure 4.1: exemplo de grid - proposta

Bibliography

- [802.11af 2011] 802.11af, I. S. (2011). Ieee p802.11af/d1.02 draft standard for information technology - telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan area networks - specific requirements - part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications amendment 3: Tv white spaces operation u.s.
- [802.15.4m 2011] 802.15.4m, I. S. (2011). Ieee standard for local and metropolitan area networks part 15.4: Low rate wireless personal area networks (lr-wpans) amendment: Tv white space between 54 mhz and 862 mhz physical layer.
- [802.22-2011 2011] 802.22-2011, I. S. (2011). Ieee standard for information technology telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks specific requirements part 22: Cognitive wireless ran medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications: Policies and procedures for operation in the tv bands.
- [Akyildiz et al. 2004] Akyildiz, I., Altunbasak, Y., Fekri, F., e Sivakumar, R. (2004). Adaptnet: an adaptive protocol suite for the next-generation wireless internet. *Communications Magazine, IEEE*, 42(3):128 – 136.
- [Akyildiz et al. 2009] Akyildiz, I. F., Lee, W.-Y., e Chowdhury, K. R. (2009). Crahns: Cognitive radio ad hoc networks. *Ad Hoc Networks*, 7(5):810 – 836.
- [Akyildiz et al. 2006] Akyildiz, I. F., Lee, W.-Y., Vuran, M. C., e Mohanty, S. (2006). Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13):2127 – 2159.
- [Akyildiz et al. 2011] Akyildiz, I. F., Lo, B. F., e Balakrishnan, R. (2011). Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: A survey. *Physical Communication*, 4(1):40 – 62.
- [Baldini et al. 2012] Baldini, G., Sturman, T., Biswas, A., Leschhorn, R., Godor, G., e Street, M. (2012). Security aspects in software defined radio and cognitive radio networks: A survey and a way ahead. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 14(2):355 – 379.
- [Baykas et al. 2012] Baykas, T., Kasslin, M., Cummings, M., Kang, H., Kwak, J., Paine, R., Reznik, A., Saeed, R., e Shellhammer, S. (2012). Developing a standard for tv white space coexistence: technical challenges and solution approaches. *Wireless Communications, IEEE*, 19(1):10–22.

- [Baykas et al. 2010] Baykas, T., Kasslin, M., e Shellhammer, S. (2010). System design document. <https://mentor.ieee.org/802.19/dcn/10/19-10-0055-03-0001-systemdesign-document.pdf>.
- [Cabric et al. 2004] Cabric, D., Mishra, S., e Brodersen, R. (2004). Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios. Em *Signals, Systems and Computers, 2004. Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference on*, volume 1, pp. 772 – 776 Vol.1.
- [Cesana et al. 2011] Cesana, M., Cuomo, F., e Ekici, E. (2011). Routing in cognitive radio networks: Challenges and solutions. *Ad Hoc Networks*, 9(3):228 – 248.
- [Chavez-Santiago et al. 2012] Chavez-Santiago, R., Nolan, K., Holland, O., De Nardis, L., Ferro, J., Barroca, N., Borges, L., Velez, F., Goncalves, V., e Balasingham, I. (2012). Cognitive radio for medical body area networks using ultra wideband. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):74 –81.
- [Chowdhury e Melodia 2010] Chowdhury, K. e Melodia, T. (2010). Platforms and testbeds for experimental evaluation of cognitive ad hoc networks. *Communications Magazine, IEEE*, 48(9):96 –104.
- [De Domenico et al. 2012] De Domenico, A., Strinati, E., e Di Benedetto, M.-G. (2012). A survey on mac strategies for cognitive radio networks. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 14(1):21 –44.
- [ECMA 2009] ECMA (2009). Std. ecma-392, mac and phy for operation in tv white space.
- [FCC 2008] FCC (2008). Second report and order and memorandum opinion and order, in the matter of unlicensed operation in the tv broadcast bands additional spectrum for unlicensed devices below 900mhz and in the 3 ghz band (et docket 08-260).
- [FCC 2010] FCC (2010). Unlicensed operations in the tv broadcast bands, second memorandum opinion and order.
- [Filin et al. 2011] Filin, S., Baykas, T., Rahman, M., e Harada, H. (2011). Performance evaluation of ieee 802.19.1 coexistence system. Em *Communications (ICC), 2011 IEEE International Conference on*, pp. 1 –6.
- [Gao et al. 2012a] Gao, B., Park, J.-M., e Yang, Y. (2012a). Uplink soft frequency reuse for self-coexistence of cognitive radio networks operating in white-space spectrum. Em *INFOCOM, 2012 Proceedings IEEE*, pp. 1566 –1574.
- [Gao et al. 2012b] Gao, B., Park, J.-M., Yang, Y., e Roy, S. (2012b). A taxonomy of coexistence mechanisms for heterogeneous cognitive radio networks operating in tv white spaces. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):41 –48.
- [Gebert et al. 2012] Gebert, J., Mueck, M., Muller, P., e Ruuska, P. (2012). Etsi reconfigurable radio system - system aspects and control channels for cognitive radio. Em *Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW), 2012 IEEE*, pp. 410 –414.

- [Ghosh et al. 2011] Ghosh, C., Roy, S., e Cavalcanti, D. (2011). Coexistence challenges for heterogeneous cognitive wireless networks in tv white spaces. *Wireless Communications, IEEE*, 18(4):22–31.
- [Granelli et al. 2010] Granelli, F., Pawelczak, P., Prasad, R., Subbalakshmi, K., Chandramouli, R., Hoffmeyer, J., e Berger, H. (2010). Standardization and research in cognitive and dynamic spectrum access networks: Ieee scc41 efforts and other activities. *Communications Magazine, IEEE*, 48(1):71–79.
- [Gurney et al. 2008] Gurney, D., Buchwald, G., Ecklund, L., Kuffner, S., e Grosspietsch, J. (2008). Geo-location database techniques for incumbent protection in the tv white space. Em *New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2008. DySPAN 2008. 3rd IEEE Symposium on*, pp. 1–9. Ieee.
- [III 2000] III, J. M. (2000). An integrated agent architecture for software defined radio.
- [Jiang et al. 2012] Jiang, T., Li, T., e Ren, J. (2012). Toward secure cognitive communications in wireless networks. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):82–88.
- [Lu et al. 2011] Lu, D., Huang, X., Lu, J., e Fan, J. (2011). Channel capacity optimization via exploiting multi-su coexistence in cognitive radio networks. Em *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2011 IEEE*, pp. 1213–1217.
- [Mariani 2013] Mariani, A. (2013). Spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications.
- [Mitola e Maguire 1999] Mitola, J., I. e Maguire, G.Q., J. (1999). Cognitive radio: making software radios more personal. *Personal Communications, IEEE*, 6(4):13–18.
- [Mitola 2009] Mitola, J. (2009). Cognitive radio architecture evolution. *Proceedings of the IEEE*, 97(4):626–641.
- [Nekovee 2011] Nekovee, M. (2011). Current trends in regulation of secondary access to tv white spaces using cognitive radio. Em *Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2011), 2011 IEEE*, pp. 1–6.
- [Nekovee et al. 2012] Nekovee, M., Irnich, T., e Karlsson, J. (2012). Worldwide trends in regulation of secondary access to white spaces using cognitive radio. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):32–40.
- [OfCom 2009] OfCom (2009). Consultation doc.: Digital dividend-cognitive access.
- [Ribeiro et al. 2012] Ribeiro, J., Ribeiro, J., Rodriguez, J., Dionisio, R., Esteves, H., Duarte, P., e Marques, P. (2012). Testbed for combination of local sensing with geolocation database in real environments. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):59–66.
- [Roy e Kundu 2011] Roy, S. e Kundu, S. (2011). On the coexistence of cognitive radio and cellular networks: An outage analysis. Em *Communication and Industrial Application (ICCIA), 2011 International Conference on*, pp. 1–5.

- [Sousa et al. 2010] Sousa, M., Lopes, R., Lopes, W., e Alencar, M. (2010). Redes cognitivas: Um novo paradigma para as comunicações sem fio. Em *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2010*, pp. 167 – 211.
- [Tabassam et al. 2011] Tabassam, A., Suleman, M., Kalsait, S., e Khan, S. (2011). Building cognitive radios in matlab simulink - a step towards future wireless technology. Em *Wireless Advanced (WiAd), 2011*, pp. 15 –20.
- [Umar e Sheikh 2012] Umar, R. e Sheikh, A. U. (2012). A comparative study of spectrum awareness techniques for cognitive radio oriented wireless networks. *Physical Communication*, (0):–.
- [Van De Beek et al. 2012] Van De Beek, J., Cai, T., Grimoud, S., Sayrac, B., Mahonen, P., Nasreddine, J., e Riihijarvi, J. (2012). How a layered rem architecture brings cognition to today's mobile networks. *Wireless Communications, IEEE*, 19(4):17 –24.
- [Villard et al. 2011] Villard, G., Alemseged, Y., Sun, C., Sum, C.-S., Nguyen, T. H., Baykas, T., e Harada, H. (2011). Enabling coexistence of multiple cognitive networks in tv white space. *Wireless Communications, IEEE*, 18(4):32–40.
- [Yucek e Arslan 2009] Yucek, T. e Arslan, H. (2009). A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, 11(1):116–130.