

Rádios Cognitivos e Clusterização

Mônica Domingues de Arruda Cachoni, Prof. Ricardo Gudwin

Palavras-chave - Rádios Cognitivos, Clusterização, Cognição Artificial

Resumo

Devido à alta demanda por faixas de frequência, as pesquisas em rádios cognitivos se intensificou e se tornam muito importantes nos mercados nacional e internacional. Rádios cognitivos são uma solução para a divisão do espectro de frequências entre os usuários sem licença. Existem várias áreas de pesquisa e problemas abordados neste tema, e muitas abordagens, considere o uso de um canal de comunicação exclusiva entre nós sem licença, chamado de canal de controle. O canal de controle a nós secundários podem se comunicar e para continuar a operação da rede. Várias técnicas e algoritmos estão sendo estudadas para a implementação deste sistema.

Abstract

Due to high demand for frequency bands, research in cognitive radios has intensified and become very important in national and international markets. Cognitive radios are a solution to the sharing of frequency spectrum among unlicensed users. There are several research areas and problems addressed in this theme, and many approaches, consider the use of an exclusive communication channel between nodes unlicensed, called the control channel. The control channel the secondary nodes can communicate and to continue the operation of the network. Several techniques and algorithms are being studied for implementation of this system.

Introdução

Cognição é um termo científico para definir os processos mentais. Os processos incluem atenção, produção e entendimento das linguagens, lembrança, resolução de problemas e tomada de decisões.

Rádio Cognitivo é um transmissor capaz de estudar as transmissões disponíveis no ambiente e ajustar a própria frequência de transmissão sem interferir nas demais. O Rádio Cognitivo é capaz de buscar as frequências disponíveis, tomar a decisão de qual faixa de frequências utilizar sem interferir nas que já estão sendo utilizadas.

Devido a grande demanda de transmissão de dados por radio frequência, principalmente porque quase todos os aparelhos modernos, possuem conexões sem fio. Só que as faixas de frequência estão saturadas nas maiorias dos países.

Clusterização são técnicas de agrupamento de que auxiliam a otimização dos rádios cognitivos, como veremos ao longo do texto.

I. Rádio Cognitivo

A idéia do rádio cognitivo foi introduzida pela primeira vez por Joseph Mitola III em um seminário no KTH, o instituto de Tecnologia de Estocolmo em 1998 e publicado mais tarde por um artigo de Mitola e Gerald Maguire Jr. em 1999. [1]

Mitola definiu um ciclo de cognição onde um ambiente externo age sobre um rádio e o mesmo de acordo com este ambiente é capaz de observar, orientar, planejar, aprender e assim decidir e agir de acordo com o contexto esperado. A figura 1 mostra como o poderia ser o ciclo de cognição.

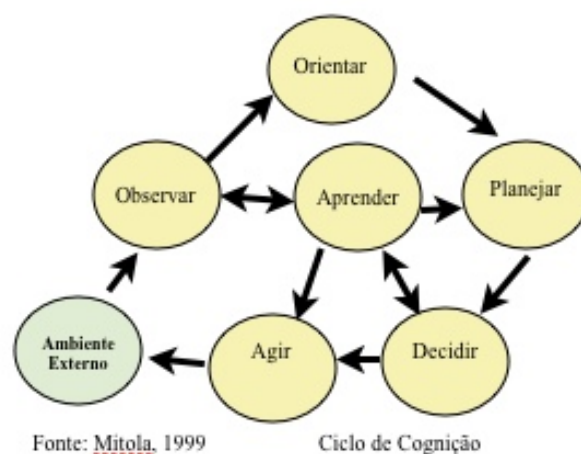


Fig. 1 - Ciclo de Cognição

A solução de rádios cognitivos surgiu para solucionar o problema de saturação nas faixas de frequência, mas no início dos estudos problemas de interferência, quando da utilização de faixas de frequência ociosas, mas atualmente o mesmo está sendo estudado e desenvolvido por pesquisadores e utilizado de forma que auxilia no problema.

Os rádios primário e secundário usam a mesma frequência simultaneamente, enquanto os esquemas de

rádios cognitivos anteriores eram limitados a frequências muito próximas.

Os pesquisadores calcularam ainda a melhor divisão de tempo entre o aprendizado necessário para evitar a interferência e a transmissão efetiva de dados, de forma a otimizar a velocidade de transmissão.

O novo esquema pode ser estendido para múltiplos receptores primários de rádio e múltiplos canais. Embora a abordagem ainda não esteja implementada, ela é potencialmente útil para qualquer sistema que exija que duas redes de rádio compartilhem a mesma frequência.

II. Tarefas Cognitivas

A Tarefa de reconfiguração de rádio cognitivo é executada por um software definido por rádio, conhecido com SDR (*software defined by radio*). As outras tarefas de natureza cognitiva, são processamento de sinais e de aprendizagem de máquina.

O processo cognitivo começa com a detecção passiva de estímulos RF. São três as tarefas principais do rádio cognitivo:

- 1) Análise do cenário do rádio, que engloba:
 - estimativa da temperatura interferência do rádio ambiente;
 - detecção de “buracos” do espectro.-
- 2) Identificação do Canal, que engloba:
 - previsão de capacidade de canal para uso do transmissor;
 - estimativa do canal estatal de informação.
- 3) Potência de transmissão de espectro de controle e gestão dinâmica

Assim módulo cognitivo do transmissor deve trabalhar de forma harmoniosa com os módulos cognitivos no receptor. A fim de manter esta harmonia entre o transmissor do rádio cognitivo e receptor em todos os momentos, precisamos de um canal de *feedback* de conectar o receptor ao transmissor. Através do canal de *feedback*, o receptor está habilitado para transmitir informações sobre o desempenho do link de encaminhamento para o transmissor. O rádio cognitivo é, portanto, por necessidade, um exemplo de um *feedback* do sistema comunicação.

A tecnologia de rádio cognitivo acomoda amplamente definida uma escala de diferentes graus de cognição. Em uma extremidade da escala, o usuário pode simplesmente pegar um buraco de espectro e construir o seu ciclo cognitiva em torno desse buraco. No outro extremo da escala, o usuário pode empregar tecnologias de implementação múltiplas para construir o seu ciclo cognitivo torno de um buraco de espectro de banda larga ou um conjunto de furos de espectro de banda estreita para proporcionar o melhor desempenho esperado em termos de gestão do espectro de potência de transmissão e de controle, e não assim, da maneira mais altamente segura possível.

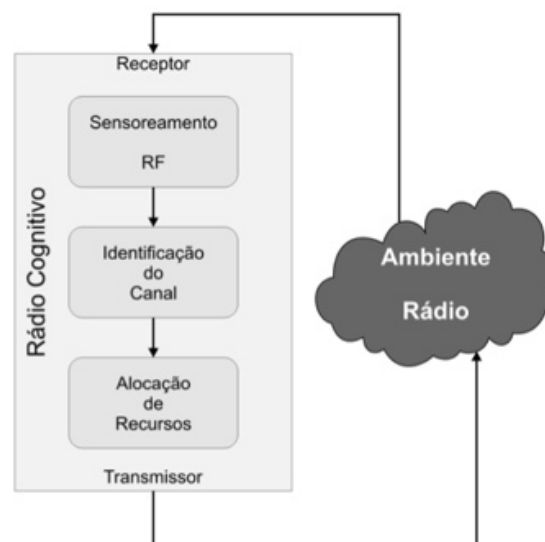


Fig. 2 - Ciclo dos Rádios Cognitivos

III. Uso oportunista do espectro

O uso oportunista do espectro possibilita mudança da frequência da portadora de transmissão, resintonizar o receptor, mudar o tipo de modulação e processamento de Banda Básica por programa armazenado.

O Rádio Cognitivo (RC) age de maneira oportunística, varrendo o espectro de frequências para “sentir” as faixas que estão ociosas (sem transmissão) e qual a largura destas faixas. Em seguida, determina qual faixa precisa usar e começar a transmitir nela. Se o rádio Cognitivo “sentir” que o detentor da faixa, a Rede Primária, começou a transmitir, ele pára a transmissão, liberando a faixa, e procurar outra faixa apropriada, continuando a transmissão, de maneira transparente para os usuários, pelo menos tanto quanto possível.

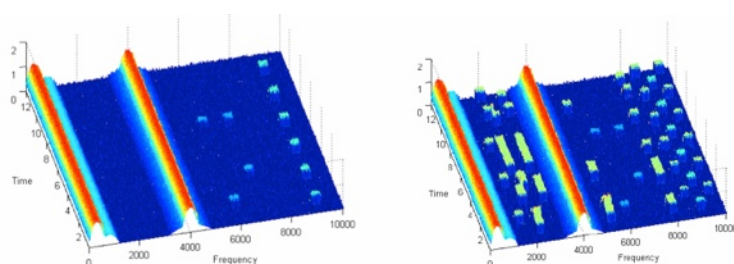


Fig. 3 - Uso Oportunista do Espectro

IV. Níveis de Cognição para o Rádio Cognitivo

As tarefas cognitivas podem ser realizados vários graus de dificuldade, dependendo da escolha da banda de RF que se deseja atuar, com interface de ar, ou protocolo de nível superior tarefas de planejamento, aprendizado e evolução de novos protocolos.[6] Na Figura 4 são apresentados os níveis possíveis:

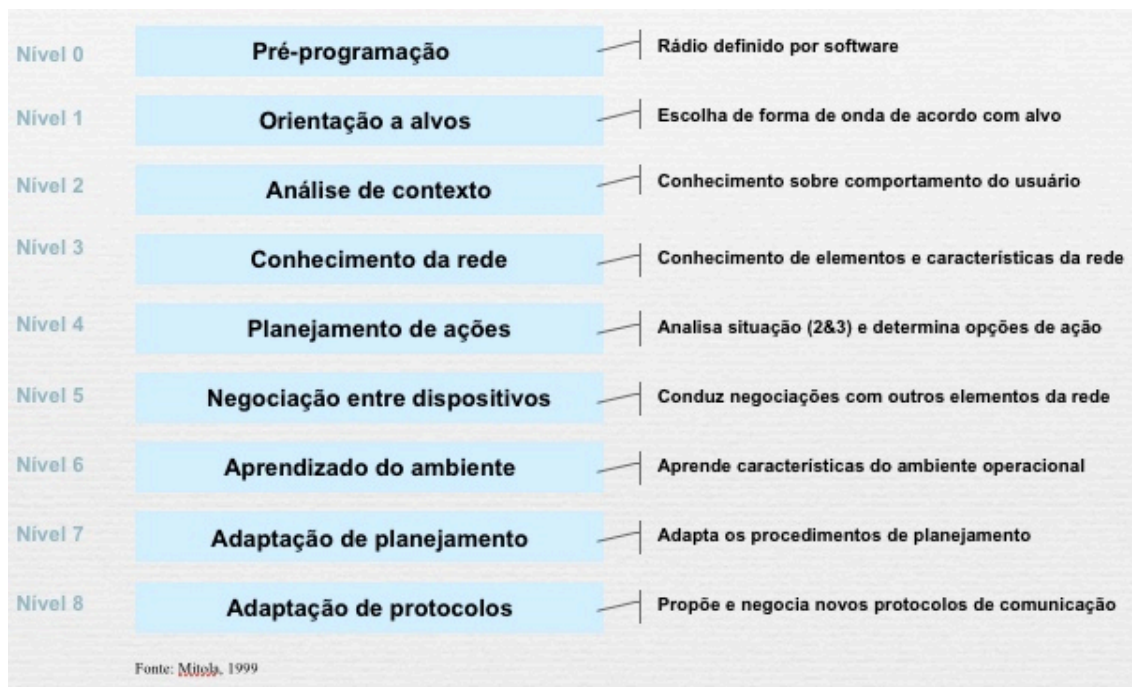


Fig. 4 - Níveis de Cognição (Mitola)

V. Clusterização

Clusterização são técnicas de agrupamento que exploram semelhanças entre padrões e agrupam os padrões parecidos em categorias ou grupos. É ainda é uma técnica para fazer agrupamentos automáticos de dados segundo seu grau de semelhança. O critério de semelhança faz parte da definição do problema e, dependendo, do algoritmo. Classificar ou agrupar objetos em categorias é atividade bastante comum e vem sendo intensificada devido ao número elevado de informações que estão disponíveis atualmente [Backer, 1995]. Para realizar esta tarefa emprega-se um mecanismo denominado análise de cluster ou clusterização.

A clusterização é um método que utiliza o aprendizado não supervisionado ou auto-organizáveis, ou seja, não há um “professor” ou “crítico” que lhe indique o que cada padrão representa. Aprendizagem não supervisionada ou clustering (agrupamento) busca extrair informação relevante de dados não rotulados.

A análise de clusters envolve, portanto, a organização de um conjunto de padrões (usualmente representados na

forma de vetores de atributos ou pontos em um espaço multidimensional – espaço de atributos) em clusters, de acordo com alguma medida de similaridade. Intuitivamente, padrões pertencentes a um dado cluster devem ser mais “similares” entre si do que em relação a

padrões pertencentes a outros clusters.

O procedimento de Clustering também pode ser aplicado

a bases de texto utilizando algoritmos de texto, onde o algoritmo procura agrupar textos que falem sobre o mesmo assunto e separar textos de conteúdo diferentes.

Normalmente o usuário do sistema deve escolher a priori o número de grupos a serem detectados.

Alguns

algoritmos mais sofisticados pedem apenas o número mínimo, outros tem a capacidade de subdividir um grupo em dois.

Podemos ter clusters de quase tudo que imaginamos. Por exemplo podemos ter um clusters de tipos de mesa, cadeira, animais, etc. A clusterização é inata ao ser humano e o mesmo não “para” para pensar que irá colocar determinado objeto em um grupo, em algum momento o objeto foi colocado em um grupo e no momento oportuno é associado ao mesmo. Sabemos que cachorros, são cachorros porque aprendemos um dia e o colocamos neste grupo. Podemos ter cluster de quase tudo que imaginamos e isto facilita de certa forma nossa vida.

Alguns exemplos de cluster podem ser vistos nas figuras 5.

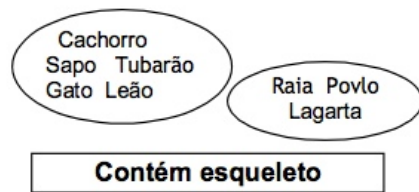


Fig. 5 - Exemplos de Cluster

VI. Clusters de transtorno da Personalidade

Alguns tipos de demência são distribuídos em Clusters para estudo na psicologia. Os grupos de demência podem ser distribuídos da seguinte forma: [5]

- **Cluster/Grupo A** (transtornos excêntricos ou estranhos). Os indivíduos que estão neste grupo, costumam ser apelidados como esquisitos, isolados socialmente, frios emocionalmente, inexpressivos, distantes e muito desconfiados. Este grupo está mais propenso a desenvolver sintomas psicóticos e pode se subdividir em :

- Transtorno de personalidade esquizóide: indivíduos isolados socialmente;
- Transtorno de personalidade esquizotípica: Desconfiados, alguns podem acreditar que têm

poderes especiais, outros podem ser supersticiosos e cheios de "manias", sendo que geralmente possuem crença excessiva ou fanatismo religioso.

- Transtorno de personalidade paranóide: São pessoas demasiadamente desconfiadas e paranóicas.
- **Cluster/Grupo B** (transtornos dramáticos, imprevisíveis ou irregulares). Pessoas que convivem intimamente costumam perceber um quê de anormal no comportamento dos indivíduos que compõem este grupo, frequentemente sendo apelidados como "problemáticos". Nele, estão presentes os indivíduos que são vistos aos olhos de outros como manipuladores, rebeldes, com tendência a quebrar regras e rotinas, irritantes, "maus", inconstantes, impulsivos, dramáticos, sedutores, imprevisíveis, egoístas e muito intolerante às decepções. Neste grupo, os sintomas inflexíveis dos distúrbios afetam muito mais as pessoas em sua volta, do que o próprio indivíduo:
- Transtorno de personalidade anti-social: Indivíduos insensíveis, perversos, infiéis, não se importam com sentimentos alheios, são fingidos, mentirosos, frios emocionalmente, manipulam pessoas e situações para conseguirem bens materiais como o dinheiro ou simplesmente por prazer.
- Transtorno de personalidade histriônica: São pessoas muito emotivas, hipersensíveis, exageradas, superficiais, emocionalmente instáveis, dramáticas, infantis, muito preocupadas com a aparência física (vaidosos) e com notável tendência a exigir excessiva atenção para si a todo momento.
- Transtorno de personalidade borderline: Distúrbio comparável a uma "doença do amor", uma vez que seus sintomas tornam-se muito exacerbados quando apaixonam-se.
- Transtorno de personalidade narcisista: Pessoas arrogantes, orgulhosas e que se acham superiores e mais especiais que os outros.
- **Cluster/Grupo C** (transtornos ansiosos ou receosos). Os indivíduos que compõem este grupo são vistos como medrosos, ansiosos, frágeis, dependentes, fóbicos e com tendência a serem submissos, organizados, obedientes e, ao contrário do grupo B, evitam quebrar regras ou rotinas. Neste grupo, frequentemente os traços inflexíveis dos transtornos prejudicam muito mais o próprio indivíduo, do que as pessoas à sua volta:
- Transtorno de personalidade dependente: Pessoas muito dependentes emocionalmente e

fisicamente, sempre dependendo de outras pessoas para fazer qualquer coisa.

- Transtorno de personalidade esquiva: Indivíduos que são excessivamente tímidos, com grande ansiedade na vida social, sendo que frequentemente carregam um sentimento de inferioridade em relação às outras pessoas.
- Transtorno de personalidade obsessivo-compulsiva: São pessoas teimosas e inflexíveis, excessivamente organizadas, temendo descuidos, desorganizações, sujeira ou qualquer outra forma de "bagunça".

VII. Clusterização em Rádios Cognitivos

Clusterização em rádios cognitivos é algo semelhante aos exemplos citados anteriormente. É o agrupamento dinâmico da rede em sub-conjuntos, chamados clusters. Pensando em redes onde há necessidade de termos vários rádios, há a necessidade de organização dos mesmos para não haver problemas de interferência de frequência e do canal que será utilizado. Podemos ainda pensar no cluster de um rádio cognitivo como a associação de frequências similares que o mesmo irá atribuir e guardar em um banco de dados, mas neste artigo abordaremos o cluster voltado para a formação de uma rede de rádios cognitivos.

Em redes celulares, é o maior conjunto de células sem que os canais de frequência sejam repetidos. Conforme conhecimento de redes celulares, um cluster "ideal" é formado de sete células, o que é um número onde as células de mesma frequência estão distantes de duas outras de frequência diferentes. O mesmo pode ser entendido para os rádios cognitivos.

Na figura 6 podemos observar que uma mesma frequência fica distante de duas células o que é suficiente para não ter interferência entre as células.



Fig. 6 - Cluster em Rádios Cognitivos

Pensando ainda no cluster de uma rede de rádios cognitivos, os clusters são um conjunto de nós dispostos em uma região, sob a mesma regra. Para uma organização desta rede temos que atribuir algumas funções para alguns rádios em especial e estes representar algumas funções que são necessárias para a

organização da rede. Sendo assim temos os seguintes elementos, em uma rede :

- Clusterhead - responsável pela coordenação local da rede de clusters e faz uma organização entre os mesmos;
- Clustergateway - responsável por gerenciar a capacidade de enlace inter-cluster, sendo responsável ainda pelo acesso e encaminhamento de dados a clusters vizinhos;
- Cluster member é nó comum que geram ou encaminham tráfego, ou seja, é gerador e relay de tráfego.

Sob esta premissa, a estrutura de um cluster facilita o reuso espacial de recursos, o que garante o aumento da capacidade sistêmica, além da rede se tornar mais estável e simplificada. [6]

Podemos ver um exemplo de uma rede de clusters e, associando os elementos responsáveis por sua função apresentados na figura 7.

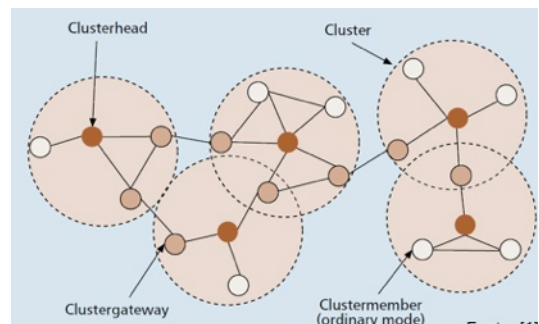


Fig. 7 - Cluster em Rádios Cognitivos

VIII. Vantagens da Clusterização em Rádios Cognitivos

A estrutura de um cluster facilita o reuso espacial de recursos ou seja, aumenta da capacidade sistêmica, organizando melhor a rede e melhorando a comunicação. As informações de roteamento são geradas e espalhadas organizadamente. Do ponto de vista do rádio cognitivo, a rede se torna mais estável e simplificada.

Assim podemos enumerar algumas vantagens que a clusterização de uma rede de rádios cognitivos pode nos trazer [6]:

- Controle explícito da mensagem para o clustering, ou seja com o controle do clusterhead citado anteriormente a mensagem é devidamente enviada, controlada e entregue;
- Efeito ripple ou efeito cascata em casos de re-clustering;

- Formação do cluster assumindo que os nós estejam estáticos;
- Capacidade de adaptação da rede ;
- Complexidade das mensagens de comunicação.

IX. Conclusão

Devido a grande demanda por faixas de frequência, as pesquisas em rádios cognitivos tem se intensificado e se tornado muito importante no mercado nacional e internacional. Os rádios cognitivos são uma solução ao compartilhamento de espectro de frequências entre usuários não licenciados. Diversas são as áreas de pesquisa e dificuldades tratadas neste tema e, em muitas abordagens, considera-se o uso de um canal de comunicação exclusivo entre os nós não licenciados, chamado canal de controle. Pelo canal de controle os nós secundários podem se comunicar e dar prosseguimento ao bom funcionamento da rede. Diversas técnicas e algoritmos estão sendo estudados para implantação desse sistema.

Com o estudo da ciência cognitiva, aprendemos a divisão da percepção e com o estudo mais específico da clusterização que a mesma pode ser utilizada para implementação de algoritmos que auxiliam ao melhor desempenho dos rádios cognitivos. Aprendemos ainda que técnicas de percepção de baixo nível como a clusterização melhora o desempenho dos rádios cognitivos, facilitando a um melhor controle dos mesmos e eficácia.

Com o estudo da clusterização na psicologia onde citamos os tipos de demência associados em cluster, podemos dizer que temos semelhanças com rádios cognitivos, pois algumas atitudes dos rádios cognitivos poderiam ser entendidas como algum tipo de demência, ou seja, a necessidade de busca constante de novos espaços livres para o mesmo utilizar , poderia ser comparado com um transtorno obsessiva. Assim também como a necessidade de organização da rede e a busca dos rádios por estar sempre querendo melhorar essa organização , assim poderíamos comparar e associar os mesmos de acordo com os “clusters” de demência.

Sabemos ainda que para a clusterização dos rádios cognitivos vários algoritmos estão sendo estudados e desenvolvidos, mas não foi objeto desta publicação.

X. Referências Bibliográficas

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_radio
- [2] Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications. Simon Haykin, Life Fellow, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 23, NO. 2, FEBRUARY 2005
- [3] Uma Visão Geral de Clusterização de Dados, Profs. Moscato & Von Zuben DCA/FEEC/Unicamp

[4] Backer, Eric. Computer Assisted Reasoning in Cluster Analysis. Prentice Hall, New York, 1995.

[5] http://pt.wikipedia.org/wiki/Transtorno_de_personalidade

[6] Um algoritmo de seleção de canal em redes mesh sem fio cognitivas, Ricardo Seiti Yoshimura e Juliano João Bazzo, XXIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES – SBrT’11, 02-05 DE OUTUBRO DE 2011, CURITIBA, PR

[6] Cognitive Radio, An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio, Dissertation of Joseph Mitola III, Royal Institute of Technology (KTH)