

Propostas de soluções para seleção de redes em ambientes sem fio heterogêneos

Vinicius de Miranda Rios, Claudio de Castro Monteiro, Vanice Canuto Cunha

vinicius.mr@unitins.br, ccm@ifto.edu.br, vanicecunha@gmail.com

Fundação Universidade do Tocantins - UNITINS, Brasil
108 Sul Alameda 11 Lote 03 Cx. Postal 173 - CEP.: 77.020-122
Palmas – Brasil

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO, Brasil
Av. Joaquim Teotônio Segurado, 202 Sul, ACSU-SE 20, Conj. 01, Lote 08 – CEP.: 77.020-450
Palmas – Brasil

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - IFB, Brasil
SGAN 610, Módulos D, E, F e G – CEP.: 70.860-100
Brasília – Brasil

Resumo: *A coexistência de redes de acesso heterogêneas na próxima geração de redes sem fio, traz consigo uma diversidade de parâmetros de rede, que influenciará diretamente nos quesitos da aplicação do usuário móvel, quando este se deslocar da rede em que se encontra para outra de tecnologia diferente (wi-fi para 3G, por exemplo). Para selecionar e classificar de forma adequada as redes de acesso, deve-se priorizar a seleção de rede. Para resolver este problema, técnicas e estratégias para melhorar a seleção de rede são encontradas na literatura, como lógica fuzzy, algoritmos genéticos e métodos MADM (Multiple Attribute Decision Making). Com os estudos das técnicas acima citadas para resolver o problema de escolher a melhor rede de acesso, entre as disponíveis no ambiente, foram criadas três propostas: a primeira, se baseando na combinação da técnica de lógica fuzzy com dois métodos de tomada de decisão, AHP (Analytic Hierarchy Process) e GRA (Grey Relation Analysis), a segunda, se baseando somente na técnica de lógica fuzzy e por fim, a terceira, se baseando somente na técnica GRA. Estas propostas foram comparadas entre si e os resultados obtidos demonstram que a primeira e a terceira propostas apresentadas, são mais eficientes em classificar e selecionar a melhor rede de acesso se comparadas com a segunda.*

Palavras-chave: Seleção de Rede, Lógica Fuzzy, GRA, MADM.

Abstract: *The coexistence of heterogeneous access networks in the next generation of wireless networks brings a variety of network parameters, which will impact directly on questions of the mobile users application, when it moves from the network it is to another of different technology (e.g wi-fi for 3G). In order to select and classify access networks properly, the network selection must be prioritized. To solve this problem, techniques and strategies to improve the network selection are found in the literature, such as fuzzy logic, genetic algorithms and MADM methods. By studying the techniques mentioned above to solve the problem of choosing the best access network among those available in the environment, three proposals were created: the first one is based on the combination of fuzzy logic technique with two methods of decision making, AHP and GRA, the second one is based only on the technique of fuzzy logic and finally the third one, relying only on the technical GRA. These proposals were compared and the results show that the first one and third one proposals are most efficient to classify and select the best access network as compared with the second one.*

Keywords: Network Selection, Fuzzy Logic, GRA, MADM.

1 Introdução

Com o surgimento das redes sem fios, os usuários tornaram-se móveis, podendo transitar entre as várias tecnologias disponíveis no ambiente em que se encontram. Esta mobilidade trouxe alguns desafios como [Kassar08]: escolher a melhor rede de acesso, dar continuidade de sessão à transmissão de dados e permitir ao usuário móvel estar sempre melhor conectado em qualquer lugar, a qualquer hora na melhor rede de acesso disponível (concepção ABC - *Always Best Connected*).

Neste sentido, as redes sem fio de quarta geração (4G), tem como foco, a livre movimentação de usuários entre redes heterogêneas, através de terminais móveis (*Notebooks, Netbooks, PDAs (Personal Digital Assistant), celulares e etc.*) com interfaces de rede de diferentes tecnologias (WWAN (*Wireless Wide Area Network*), WLAN (*Wireless Local Area Network*), WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), etc.),

permitindo acesso contínuo a serviços de tempo real ou não, objetivando sempre a continuidade do serviço.

Esta livre movimentação, ou seja, manter o serviço ativo na mudança entre redes de acesso, é controlada por uma das partes do gerenciamento de mobilidade, denominado de *handover* [Singhrova09]. O *handover* tem como função controlar as trocas entre pontos de acesso pelos usuários, durante uma transmissão de dados [Kassar08].

O *handover* pode ser classificado em dois tipos [Cicarese09]: horizontal e vertical. O *handover* horizontal tem por finalidade gerenciar a mudança entre tecnologias de redes similares (por exemplo, de *wi-fi* para *wi-fi*) pelos usuários, durante uma transmissão de dados, onde neste caso, apenas a perda de sinal é a motivação para a troca dos pontos de acesso. Ao passo que, o *handover* vertical tem como objetivo gerenciar a mudança entre tecnologias de acesso diferentes (por exemplo, de *wi-fi* para 3G) pelos usuários, durante uma transmissão de

dados, onde neste caso, o uso de aplicações preferenciais que necessitam de determinados limiares para cada requisito de QoS ou as preferências do usuário, são os motivadores para a troca entre os pontos de acesso [Stevens-Navarro06].

Esta troca de redes de acesso, acontece em três passos distintos, que são [Singhrova09]:

- A descoberta das redes no ambiente em que o dispositivo móvel se encontra;
- As abordagens para a tomada de decisão/seleção da melhor rede de acesso disponível;
- A execução da mudança dos pontos de acesso.

Como parte integrante e indispensável do gerenciamento de *handover*, a seleção de rede, foco deste artigo, visa disponibilizar ao usuário móvel, o ponto de acesso com as melhores condições de tráfego, permitindo que suas aplicações, sejam elas de voz, dados ou vídeo, possam ser transmitidas com a qualidade necessária da origem ao destino. Em geral, as estratégias e parâmetros de rede impactam diretamente na seleção de rede e podem ser divididos nas seguintes categorias [Bari07]:

- Categoria 1: inclui parâmetros que não são relacionados a qualidade de serviço, visto que, não mudam frequentemente, como custo monetário, criptografia, etc;
- Categoria 2: inclui parâmetros de qualidade de serviço muito utilizados, dinâmicos ou não, previstos na rede, como *jitter*, *delay*, perda de pacote, vazão, etc.

Portanto, uma boa escolha dos métodos e critérios a serem utilizados no processo de seleção de rede, influenciará diretamente na continuidade da transmissão de dados de uma rede para outra.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, são apresentados os trabalhos relacionados às técnicas utilizadas; na seção 3, são descritas as propostas de seleção de rede; na seção 4, é demonstrada a caracterização dos experimentos realizados; na seção 5, são apresentados os resultados obtidos informando qual proposta é a melhor; e por fim, na seção 6 é apresentado a conclusão e os trabalhos futuros.

2 Trabalhos relacionados

O artigo dos autores [Krishna11], divide o processo de seleção de rede em quatro estágios, que são:

1. Verificar a necessidade do *handover*;
2. Selecionar as redes adequadas para dar continuidade no tráfego da aplicação;
3. Classificar as redes e selecionar a melhor;
4. Executar o *handover*.

Sendo assim, no primeiro estágio é verificado se há a necessidade do *handover*, monitorando a força do sinal recebido e a qualidade de serviço das redes. Caso positivo passa-se para o segundo estágio, que é selecionar as redes adequadas para dar continuidade as aplicações do usuário, e por fim, no estágio três, haverá a classificação das redes de acordo com as preferências do usuário, força do sinal

recebido (RSS) e velocidade do móvel. Nos três estágios usa-se a lógica *fuzzy* em três diferentes ambientes, no caso, aplicações que utilizam *download*, aplicações que utilizam voz e preferência do usuário. No ambiente de *download* a rede WiMAX foi selecionada 80% das vezes, no ambiente de aplicação de voz a rede celular foi selecionada 80% das vezes e por fim no ambiente da preferência do usuário a rede WLAN foi selecionada 80% das vezes.

A proposta de seleção da melhor rede de acesso pelos autores [Godor07], é a junção dos métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e GRA (*Grey Relation Analysis*), a qual depende de redes alcançáveis, perfil do usuário e os serviços disponíveis. Foram utilizados dois cenários, em que, no primeiro cenário é realizado o *download* de um arquivo baseado no perfil do usuário, demonstrando a eficácia do métodos, visto que, quando o custo tem uma alta prioridade, a WLAN é a escolhida, ao passo que, quando a vazão é que possui a maior prioridade, a rede WiMAX é a escolhida. Já no segundo cenário o perfil de usuário é igual para todos os usuários, e os serviços de rede como voz, vídeo, tráfego de fundo são usados para a seleção de rede, sendo observado que a seleção acontece como no primeiro cenário.

Os autores [Alkhawani08] utilizam a técnica de lógica *fuzzy* para classificar e analisar o quanto as redes no ambiente são adequadas para dar continuidade de conexão dos dados. Sendo assim, utiliza a técnica de algoritmo genético para gerar pesos variados na tentativa de adequá-los a cada ambiente e o método MADM (*Multiple Attribute Decision Making*) SMART (*Simple Multiattribute Rating Technique*) para selecionar a melhor rede de acesso dentre as disponíveis.

3 Propostas

Nesta seção serão apresentadas as propostas deste artigo que visam a utilização do conjunto lógica *fuzzy*, AHP e GRA para a composição de uma arquitetura de seleção de redes em ambientes de rede sem fio heterogêneas.

3.1 Proposta 1 - Seleção de rede usando Lógica Fuzzy

A proposta 1 de seleção de rede tem como objetivo utilizar somente a técnica de lógica *fuzzy*, tendo em vista a saída precisa fornecida, mediante a entrada de dados puros coletados pelo sistema, conforme ilustrado pela Figura 1.

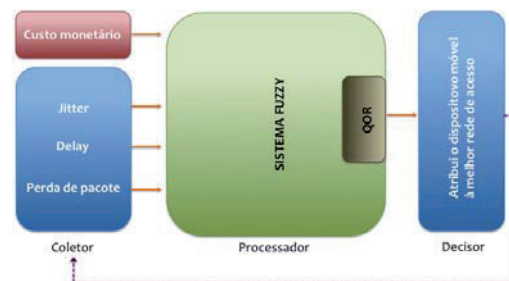


Figura 1: Arquitetura da proposta 1 utilizando somente lógica *fuzzy*.

Todas as características do sistema *fuzzy* foram baseadas no artigo dos autores [Krishna11] e [Alkhalani08] com algumas modificações na função de pertinência, termos linguísticos, regras, inferência e método de defuzzificação. Sendo assim, o sistema é dividido em três blocos funcionais, que são: o coletor, o processador e o decisor.

Coletor

O coletor, tem como objetivo coletar os dados referentes a *delay*, *jitter* e perda de pacote, fornecidos pela aplicação *ping*. O parâmetro custo monetário é fixo, portanto não necessita ser coletado, sendo apenas informado pela operadora de celular, tendo o valor das redes *wi-fi* igual a zero e os valores da estação base 1 e estação base 2 iguais a 89.9 reais e 79.9 reais, respectivamente, visto que é considerado apenas o acesso do terminal ao ponto de acesso, ou seja, as requisições ICMP (*Internet Control Message Protocol*) da aplicação *ping*, serão transmitidas do terminal cliente até o *gateway* de saída da *interface*, passando somente pelo ponto de acesso no qual está conectado.

Esta coleta se dá através de dois turnos de 10 requisições ICMP, em que cada turno é armazenado em arquivo os valores do RTT (*Round Trip Time*) médio, pelo fato de se tratar da soma de todo o atraso fim-a-fim [Kurose10].

Processador

O processador consiste em manipular os dados coletados através da técnica de lógica *fuzzy* com o objetivo de classificar as redes de acesso no ambiente em que o terminal se encontra. Como a fuzzificação necessita de limiares para compor os conjuntos *fuzzy* dentro do universo de discurso, optou-se por utilizar no sistema *fuzzy* os limiares de áudio, visto que, já são bem conhecidos e documentados, informando que em uma transmissão de áudio (VoIP), o *delay* não pode ser maior que 300ms, o *jitter* não pode ser maior que 150ms e a perda de pacote não pode ultrapassar mais que 3% [Anwar06] [ITU-T00] [Vleeschauwer00], deixando nestes casos o som ininteligível para o ouvido humano.

Partindo deste pressuposto, no sistema *fuzzy*, cada variável linguística (*jitter*, *delay*, perda de pacote e custo monetário) possui três termos linguísticos, que são: baixo, médio e alto, em que o universo de discurso de cada uma delas se encontra dentro dos limiares de tráfego de áudio. Cada um destes termos foi fuzzificado com a função de pertinência triangular, como pode ser visualizado pela Figura 2 e tendo como inferência sobre o resultado gerado o método Mamdani.

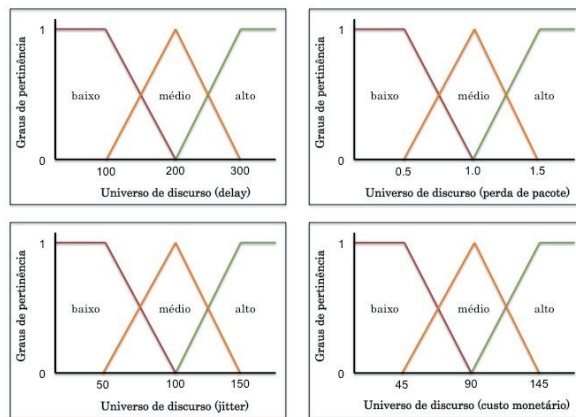


Figura 2: Fuzzificação.

Cada subconjunto *fuzzy*, dentro do universo de discurso associado a *delay*, é composto por:

- Baixo: que se encontra entre os valores de 0 a 200;
- Médio: que se encontra entre os valores de 100 a 300;
- Alto: que se encontra acima de 300.

Já o universo de discurso associado a *jitter*, é composto por:

- Baixo: que se encontra entre os valores de 0 a 100;
- Médio: que se encontra entre os valores de 50 a 150;
- Alto: que se encontra acima de 150.

O mesmo acontece no universo de discurso associado a perda de pacote, composto por:

- Baixo: que se encontra entre os valores de 0 a 1;
- Médio: que se encontra entre os valores de 0.5 a 1.5;
- Alto: que se encontra acima de 1.5.

E por fim, no universo de discurso associado a custo monetário, composto por:

- Baixo: que se encontra entre os valores de 0 a 90;
- Médio: que se encontra entre os valores de 45 a 145;
- Alto: que se encontra acima de 145.

A Figura 3 ilustra a base de regras utilizada nesta proposta.

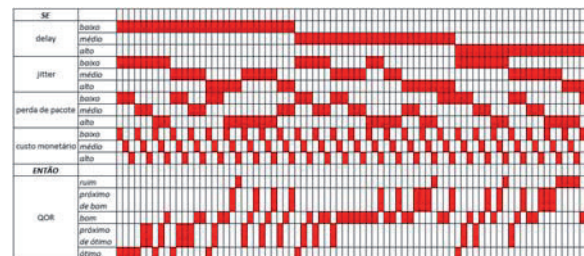


Figura 3: Base de regras.

Por fim, na defuzzificação, tem-se a variável linguística chamada QOR (Qualidade Objetiva de Rede), a qual possui cinco termos linguísticos, sendo eles: ruim,

próximo de bom, bom, próximo de ótimo e ótimo, como pode ser visualizado na Figura 4. O resultado final é calculado pelo método centro de máximo.

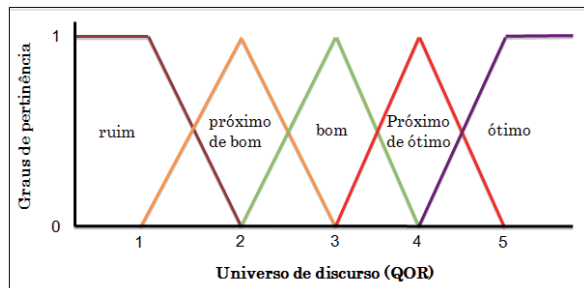


Figura 4: Defuzzificação.

Cada subconjunto *fuzzy* dentro do universo de discurso associado a QOR, é composto por:

- Ruim: que se encontra entre os valores de 0 a 1;
- Próximo de bom: que se encontra entre os valores de 1 a 3;
- Bom: que se encontra entre os valores de 2 a 4;
- Próximo do ótimo: que se encontra entre os valores de 3 a 5;
- Ótimo: que se encontra acima de 5.

Decisor

O módulo decisor verifica a cada 60 segundos, tempo total da iteração, qual dos pontos de acesso possui a maior pontuação gerada pelo módulo processador, armazenando-o em um arquivo texto, permitindo portanto a qualquer solução de gerenciamento de mobilidade na camada 3, lê-lo e tomar a decisão de executar o *handover* para a rede armazenada em seu conteúdo. Então, como pode ser verificado, o sistema *fuzzy* proposto é formado por quatro entradas e uma saída, esta, informando o quanto cada rede possui de qualidade usando a variável QOR.

Principal

O algoritmo é modularizado e parametrizado, ou seja, possibilita ao usuário realizar os experimentos com a quantidade de repetições e requisições ICMP que julgar necessário. O algoritmo abaixo é iniciado para repassar as informações das quais o módulo coletor precisará para coletar os valores a serem processados pelo módulo processador.

3.2 Proposta 2 - Seleção de rede usando Lógica Fuzzy, AHP e GRA

A proposta 2 de seleção de rede, tem como objetivo, utilizar a combinação de duas estratégias: a lógica *fuzzy*, que possui todas as características da proposta 1; e dois métodos MADM (*Multiple Attribute Decision Making*): AHP [Rios11a] e GRA [Rios11b]. A escolha do AHP foi motivada por ser um método eficiente para gerar pesos para dados objetivos, ao passo que, a escolha do GRA foi motivada por ser um método muito eficiente em

classificar alternativas para atender um determinado objetivo, neste caso a escolha da melhor rede de acesso. A Figura 5 ilustra esta proposta.

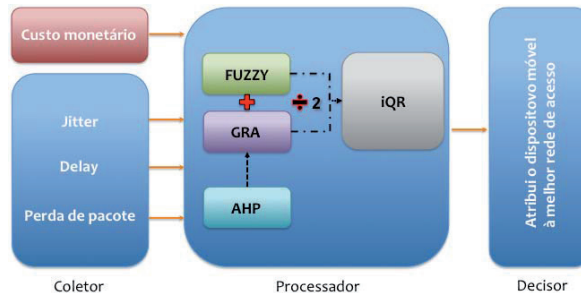


Figura 5: Arquitetura da proposta 2 utilizando lógica *fuzzy*, AHP e GRA.

Assim como na proposta 1, o sistema é dividido em três blocos funcionais, que são: o coletor, o processador e o decisor.

Coletor

O módulo coletor funciona da mesma forma que na proposta 1.

Processador

O módulo processador utiliza toda as características da lógica *fuzzy* da proposta 1 e em paralelo, utiliza o método GRA, que também receberá os mesmos valores coletados de *jitter*, *delay*, perda de pacote e custo monetário. O resultado gerado será a classificação (pontuação) de cada rede. Esta classificação se torna possível em virtude dos pesos fornecidos pelo método AHP a cada critério. Os pesos gerados pelo AHP para os critérios de *jitter*, *delay*, perda de pacote e custo monetário, são respectivamente 0.18, 0.25, 0.05 e 0.52.

Estes valores de peso foram baseados na importância de cada critério de QoS de rede em relação a transmissão de áudio, ou seja, para o tráfego de voz, o *jitter* tem uma importância um pouco maior que o *delay* e estes por sua vez possuem uma importância bem maior que a perda de pacotes [Silva04], ao passo que, o custo monetário como uma preferência do usuário, tem uma importância muito maior que os critérios anteriores, já que, parte-se do pressuposto de que o usuário sempre optará pela rede de acesso mais barata ao necessitar mudar de uma rede de acesso para outra.

Decisor

O módulo decisor verifica a cada 60 segundos, tempo total da iteração, qual dos pontos de acesso possui a maior pontuação gerada pelo módulo processador, armazenando-o em um arquivo texto, permitindo portanto a qualquer *software* lê-lo e tomar a decisão de executar o *handover* para a rede armazenada em seu conteúdo. Então, como pode ser verificado, o sistema *fuzzy* proposto é formado por quatro entradas e uma saída. Esta saída informa quanto cada rede possui de qualidade usando a variável iQR (índice de Qualidade de Rede). O valor desta variável é resultante da média aritmética do

valor da variável MOS com o valor gerado pelo método GRA.

3.3 Proposta 3 - Seleção de rede usando GRA

Esta proposta utiliza somente o método GRA, já descrito na literatura.

4 Metodologia

Nesta seção serão apresentados os procedimentos necessários para implementar as propostas apresentadas conforme descritas na seção 3, para realizar os experimentos com as mesmas, visando demonstrar a eficácia de cada uma no cenário proposto.

4.1 Experimentos com mobilidade

Para avaliar os impactos dos parâmetros de rede (QoS), *jitter*, *delay* e perda de pacote, além do parâmetro do custo monetário no processo de seleção de rede com mobilidade, foi montado um cenário consistindo de um *notebook*, um ponto de acesso e uma operadora 3G, estruturados conforme a Figura 6 e tendo a seguinte função:

- *Notebook*;
- Ponto de acesso *wi-fi*: modelo 802.11g;
- Estação Base 3G: UMTS.

O computador cliente contém uma interface de rede *wi-fi* e uma interface de rede 3G USB, as quais já estão previamente conectadas, cada uma a seu respectivo ponto de acesso. A interface *wi-fi* está conectada ao ponto de acesso, ao passo que, a interface 3G está conectada a uma estação base de uma operadora de celular.

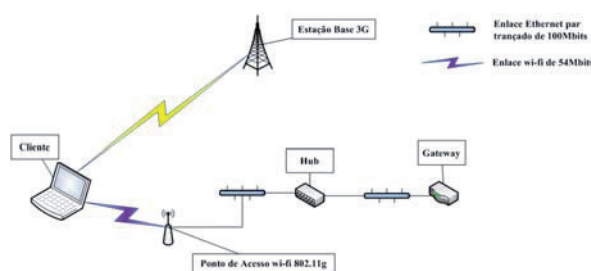


Figura 6: Representação da estrutura do cenário de testes com mobilidade.

O *notebook* utilizado neste cenário possui a seguinte configuração: processador Intel Core 2 Duo 2.4 Ghz, memória RAM de 4GB e disco rígido de 250GB. A Tabela 1 mostra a lista de *software* e *hardware* instalados e utilizados.

Tabela 1: Lista de *software* e *hardware* usados no cenário para os experimentos.

Notebook	Software	Hardware
1	- Sistema operacional Linux Ubuntu versão 11.04 Natty Narwhal - gcc versão 4.5.2	- Uma interface de rede <i>wi-fi</i> : *Broadcom modelo BCM4328. - Uma interface de rede 3G: *ONDA modelo MAS190UP

Sendo assim, os experimentos consistiram de 358 iterações geradas durante as 100 (cem) movimentações, em que 50 (cinquenta) do ponto de partida em direção à borda da célula do ponto de acesso *wi-fi* e 50 (cinquenta) da borda da célula do ponto de acesso *wi-fi* ao ponto de partida, a uma velocidade média de 1m/s em sentido reto, conforme pode ser visualizado pela Figura 7.

Cada iteração é composta de dois turnos, onde cada turno consiste em fazer 10 requisições ICMP do cliente com destino somente ao *gateway* de cada uma das redes de acesso, coletando os valores de *jitter*, *delay* e da perda de pacote gerados nestes dois turnos. É importante salientar que em cada iteração (60 segundos) é selecionada a melhor rede de acesso. Cada item deste experimento tem a seguinte característica:

- Iteração: engloba todo o processo, ou seja, coleta, processamento e decisão;
- Turno: consiste na ação de coletar os dados referentes a cada critério de rede;
- Coleta: consiste no envio de requisições ICMP para os *gateways* de cada *interface* de rede;
- Tempo de coleta: consiste no tempo em que a coleta é realizada.

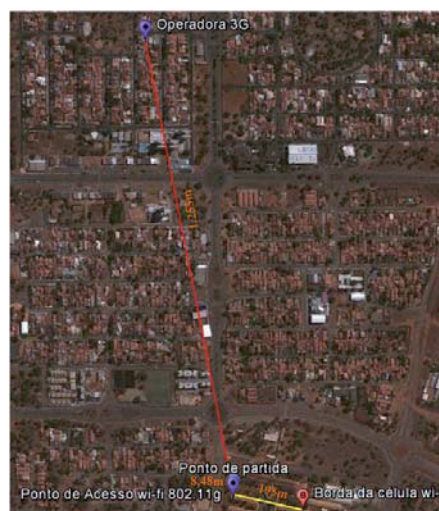


Figura 7: Trajetória da mobilidade.

Com base nos experimentos destes dois cenários, foram feitas análises a fim de validar as propostas apresentadas neste artigo.

5 Resultados e discussões

Nesta seção serão apresentados os resultados gerados pelos experimentos descritos na seção 4, com as propostas descritas na seção 3, visando demonstrar a eficiência de cada uma delas no cenário com mobilidade. Além das propostas apresentadas na seção 3, foi também inserido no cenário da seção 4, uma terceira proposta com o intuito de verificar o quanto eficiente esta seria ao utilizar uma combinação diferente de técnicas ao qual propomos.

5.1 Resultado dos experimentos com mobilidade

O resultado obtido com cada uma das propostas no cenário com mobilidade está caracterizado nas figuras abaixo, em que os gráficos 1, 2 e 3 representam o módulo coletor e processador, ao passo que os gráficos 4, 5 e 6 representam o módulo decisor. Em cada análise, foi considerado um universo de 358 iterações de coleta das variáveis de rede (*delay*, *jitter* e perda de pacote) durante as 50 movimentações feitas do ponto de acesso até a borda e vice-versa, observadas à quantidade de vezes em que uma determinada rede foi selecionada por cada uma das propostas. Esta quantidade é então expressa em percentual nos gráficos de 4 a 6, enquanto nos gráficos de 1 (P1), 2 (P2) e 3 (P3) são mostradas as médias destas variáveis de rede selecionadas, considerando o conjunto de coletas que resultaram na seleção daquela rede específica. Esta metodologia foi seguida para a apresentação dos demais resultados.

Este conjunto de dados foi utilizado para a aplicação de todas as propostas apresentadas neste artigo e está resumido na Figura 8, onde são apresentados os valores médios para cada variável coletada, assim como seus valores máximos e mínimos, desvio-padrão e intervalo de confiança a 95%.

WLAN	Média	Máximo	Mínimo	DP	ERRO	IC para média
<i>Delay</i> (ms)	5410.75	100000	100.71	18113.53	1878.14	3532.62 a 7288.89
<i>Jitter</i> (ms)	5325.90	100000	34.51	18121.40	1878.95	3446.95 a 7204.86
<i>Perda</i> (%)	17.81	100	0	24.43	2.53	15.27 a 20.34
3G	Média	Máximo	Mínimo	DP	ERRO	IC para média
<i>Delay</i> (ms)	6866.81	100000	322.84	18164.63	1883.44	4983.38 a 8750.25
<i>Jitter</i> (ms)	6134.32	100000	37.42	18314.74	1899	4235.32 a 8033.32
<i>Perda</i> (%)	15.45	100	0	20.67	2.14	13.30 a 17.59

Figura 8: Dados coletados em ambiente com mobilidade.

O conjunto de resultados da Figura 8 está relacionado ao ponto de acesso WLAN e a estação base 3G de uma operadora de Telecomunicação. A Figura 9 mostra que as propostas 2 e 3, observados os gráficos de número 5 e 6, respectivamente, conseguiram obter um ótimo desempenho em escolher a melhor rede de acesso, dentro das características das quais foram montadas.

Como pode ser observado no gráfico de número 5 da Figura 9, a rede WLAN obteve 86.59% de escolha, tendo seu parâmetro de rede *delay*, uma média em torno de 1000ms, o *jitter* uma média em torno de 1000ms e a perda de pacote uma média em torno de 12%. Já a rede 3G obteve 13.41% de escolha, tendo seu parâmetro de rede *delay*, uma média em torno de 900ms, o *jitter* uma média em torno de 10ms e a perda de pacote uma média em torno de 0%. Embora os parâmetros da rede 3G estejam menores que a da rede WLAN, tem-se ainda o parâmetro custo monetário em que a rede WLAN possui o valor de 0 reais e a 3G de 89.90 reais, ocasionando um escolha maior para a rede WLAN.

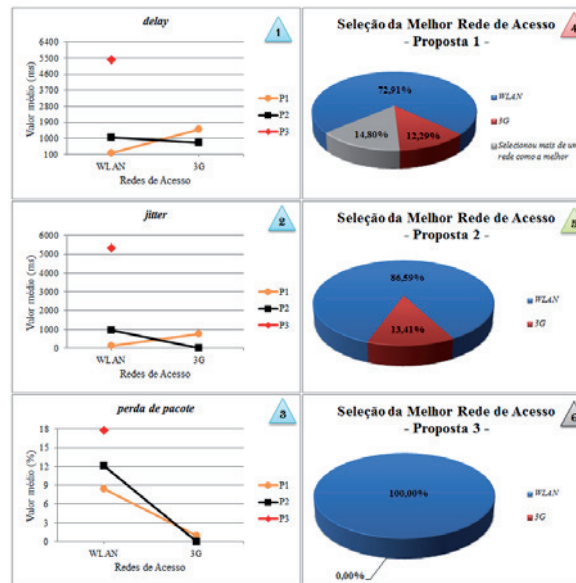


Figura 9: Tráfego no ambiente com mobilidade.

Já no gráfico 4 que representa a proposta 1, há 14.80% de escolha na seleção de mais de uma rede de acesso, o que acarreta um problema, visto que o *handover* tem que acontecer para a melhor rede selecionada. A rede WLAN obteve 72.91% de escolha, tendo seu parâmetro de rede *delay*, uma média em torno de 100ms, o *jitter* uma média em torno de 10ms e a perda de pacote uma média em torno de 8%. Já a rede 3G obteve 12.29% de escolha, tendo seu parâmetro de rede *delay*, uma média em torno de 1700ms, o *jitter* uma média em torno de 900ms e a perda de pacote uma média em torno de 1%.

A proposta 3, representada pelo gráfico de número 6, não há seleção da rede 3G, visto que o critério custo monetário, como já explicado no seção 3 possui um peso maior que todos os outros critérios somados, sendo assim, como é um critério de custo, ou seja quanto menor seu valor, melhor, proporcionou a escolha da WLAN em todas as iterações pelo fato desta ter um valor de 0 reais. A rede WLAN1 obteve 100% de escolha, tendo seu parâmetro de rede *delay*, uma média em torno de 5500ms, o *jitter* um média em torno de 5500ms e a perda de pacote uma média em torno de 17%. Já a rede 3G não obteve nenhuma escolha.

6 Conclusão e Trabalhos futuros

Neste trabalho implementamos duas propostas, as quais se saíram muito bem nos cenários com e sem mobilidade, mostrando a eficácia da técnica de lógica *fuzzy*, mas ao combinarmos com métodos de classificação como o GRA, esta se torna ainda mais eficiente, promovendo quase que em todos os cenários 100% da escolha correta.

Portanto, pode-se verificar que os métodos de tomada de decisão são muito úteis na classificação de alternativas para se alcançar um objetivo, e combinado a uma técnica de inteligência artificial torna ainda mais preciso o resultado final.

Como trabalho futuro, pretende-se integrar estas propostas com um software de *handover* em um dispositivo celular, permitindo testar a eficiência destas características, englobando assim todo o processo de gerenciamento de mobilidade.

Referências

- [Alkhawani08] Alkhawani, M. and Ayesh, A. Access network selection based on fuzzy logic and genetic algorithms. *Advances in Artificial Intelligence*, 8(1):1–12, 2008.
- [Anwar06] Anwar, Z., Yurcik, W., Johnson, R., Hafiz, M., and Campbell, R. Multiple design patterns for voice over ip (voip) security. In *Performance, Computing, and Communications Conference, 2006. IPCCC 2006. 25th IEEE International*, page 8. IEEE.
- [Bari07] Bari, F. and Leung, V. Automated network selection in a heterogeneous wireless network environment. *Network*, IEEE, 21(1):34–40, 2007.
- [Cicarese09] Ciccarese, G., De Blasi, M., Marra, P., Mighali, V., Palazzo, C., Patrono, L., and Stefanizzi, M. Vertical handover algorithm for heterogeneous wireless networks. In *2009 Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*, pages 1948–1954. IEEE.
- [Godor07] Godor, G. and Detari, G. Novel network selection algorithm for various wireless network interfaces. In *Mobile and Wireless Communications Summit, 2007. 16th IST*, pages 1–5, 2007. IEEE.
- [ITU-T00] ITU-T, R. G. 114. One-way transmission time, 18, 2000.
- [Kassar08] Kassar, M., Kervella, B., and Pujolle, G. An overview of vertical handover decision strategies in heterogeneous wireless networks. *Computer Communications*, 31(10):2607–2620, 2008.
- [Krishna11] Krishna, M. and Rajesh, L. Implementation of fuzzy logic for network selection in next generation networks. In *Recent Trends in Information Technology (ICRITIT), 2011 International Conference on*, pages 595–600. IEEE.
- [Kurose10] Kurose, J. and Ross, K. *Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. - São Paulo: Addison Wesley, 2010.
- [Rios11a] Rios, V. M., Gondim, P. R. L., and Monteiro, C. C. Seleção de Redes Sem Fio Heterogêneas Apoiada em Métodos Multiple Attribute Decision Making. *VI Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica (VI CONNEPI)*, 2011.
- [Rios11b] Rios, V. M. and Monteiro, C. C. Uma visão geral sobre o método ahp como solução para a seleção de redes heterogêneas. *Encontro Unificado de Computação da Parnaíba (ENUCOMP)*, 2011.
- [Silva04] Silva, D. J. Análise de qualidade de serviço em redes corporativas. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2004.
- [Singhrova09] Singhrova, A. and Prakash, N. Adaptive Vertical Handoff Decision Algorithm for Wireless Heterogeneous Networks. In *Proceedings of the 2009 11th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, volume 0, pages 476–481, 2009. IEEE Computer Society.
- [Stevens-Navarro06] Stevens-Navarro, E. and Wong, V. Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks. In *Vehicular Technology Conference*, volume 2, pages 947–951, 2006.
- [Vleeschauwer00] Vleeschauwer, D., Janssen, J., Petit, G., and Poppe, F. Quality bounds for packetized voice transport. *Alcatel Telecommunications Review*, pages 19–24, 2000.