

Análise de Soluções para *Handover* Vertical Baseado em Consumo de Energia

Sálvio DE BARROS FREIRE

Centro de Informática (CIN), Universidade Federal de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil, sbf@cin.ufpe.br

Obionor NÓBREGA

Unidade de Educação a Distância e Tecnologia (UEDT), Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil, obionor@ead.ufrpe.br

Kelvin LOPES DIAS

Centro de Informática (CIN), Universidade Federal de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil, kld@cin.ufpe.br

Paulo Roberto FREIRE CUNHA

Centro de Informática (CIN), Universidade Federal de Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brasil, prfc@cin.ufpe.br

RESUMO

Atualmente, as novas tecnologias de rede heterogêneas sem fio, integradas aos dispositivos móveis, tem tido como requisito uma alta transferência de dados, principalmente através de aplicações multimídia. Em contrapartida, é observado um elevado consumo de energia nestes aparelhos, ocasionando interrupções na transferência de dados. O sistema de quarta geração(4G) proporciona esta transferência de dados de forma contínua por meio do *handover* vertical transparente, padronizado pelo IEEE802.21. Dentre as fases do *handover*, há a necessidade da fase de Seleção de redes candidatas considerar, dentre outros aspectos, o consumo de energia como fator importante para a escolha da próxima rede de um usuário móvel, garantindo assim, uma maior continuidade na utilização de um serviço multimídia *on-line* durante a mobilidade de um usuário. Este trabalho apresenta um levantamento do estado da arte dos algoritmos de seleção de redes para *handover* vertical, onde a energia é considerada um dos fatores chave. É apresentado também uma discussão para tendências futuras.

Palavras Chave: *Handover* Vertical, Energia, Vazão, Seleção de Redes, Simulações, Análise

1. INTRODUÇÃO

Nas novas tecnologias de rede sem fio, tem-se observado o crescimento de diversos tipos de serviços, como voz e vídeo, que necessitam altas taxas de transmissão e qualidade. Além disso, os novos dispositivos móveis possuem diversas interfaces de rede, como WiMAX, WiFi e UMTS. Esta integração de serviços e tecnologias aplicadas a estes novos aparelhos, juntamente com a necessidade de uma alta transferência de dados sem interrupção, conhecido como *handover* vertical transparente, é um dos desafios da quarta geração de comunicação móvel(4G) [1].

Assim, uma das etapas do *handover* vertical padronizada pelo IEEE802.21 consiste em selecionar uma rede candidata para execução do *handover* [2]. Neste contexto, diversas

técnicas de seleção consideram parâmetros como força do sinal [3], requisitos da aplicação [5], entre outros.

Porém, nesse contexto, um dos principais problemas é o fato de, ao selecionar uma rede candidata para alcançar uma determinada qualidade na transferência de dados, não considerar o consumo de energia gerado nessas trocas de informação, ou na energia consumida pela interface da nova rede. O que pode resultar em constantes interrupções de serviço, devido à redução do tempo de vida da bateria do dispositivo móvel.

Desta forma, a fase da seleção de redes deve considerar o consumo de energia como um fator chave para a escolha da próxima rede em um *handover* vertical transparente.

O objetivo deste trabalho é apresentar o estado da arte dos algoritmos de seleção de redes para *handover* vertical, onde a energia é considerada um dos fatores chave. Além disso, é fornecida uma discussão, apontando vantagem e desvantagem dos algoritmos, assim como as tendências futuras.

Este trabalho é organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta as atuais abordagens para o *handover* vertical. Na Seção 3, são apresentadas algumas soluções descrevendo como o consumo de energia é tratado neste processo, mostrando seus pontos positivos e negativos. Na Seção 4, é exibida uma discussão sobre as soluções expostas na seção anterior e apresenta os algoritmos que podem ser usados em trabalhos futuros. E finalmente, na Seção 5, são mostradas as considerações finais.

2. ABORDAGENS PARA *HANDOVER* VERTICAL

Na literatura, existem várias maneiras diferentes de viabilizar os algoritmos de *handover* vertical. Um dos mais simples critérios para decisão é o algoritmo baseado em força do sinal recebido (RSS) [3][4], onde este valor é comparado com redes candidatas, e a rede que possui o maior valor será a selecionada. Outro critério o qual pode ser

inserido nesse contexto é baseado em largura de banda [5][6], onde a maior largura de banda entre as redes candidatas será selecionada pelo dispositivo móvel.

Outro paradigma o qual permite a inclusão de vários parâmetros na seleção de redes de maneira eficiente é baseado em função de custo[7]-[9]. Neste modelo, a cada parâmetro é atribuído um peso, dinamicamente ou estaticamente, dependendo das condições da rede ou preferências do usuário, e a soma dos pesos deve ser igual a um. No seu cálculo, o melhor resultado da função de custo irá determinar a rede a ser selecionada. Neste modelo, os parâmetros mais comuns encontrados são: o custo monetário de cada rede, sua largura de banda e o consumo de energia. A Figura 1 descreve o fluxo básico de um algoritmo de *handover* vertical baseado em função de custo, onde é considerada a estimativa do consumo de energia, com a descrição de cada passo deste processo.

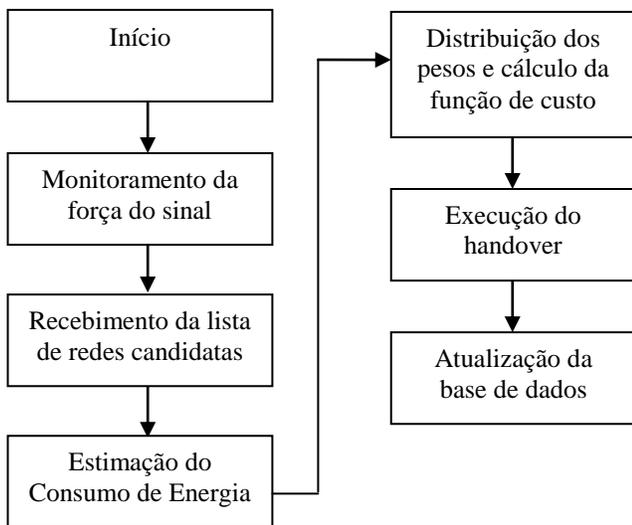


Figura 1 – Fluxo básico de *handover* vertical baseado em função de custo com estimativa de energia

Outro critério com um tipo de complexidade maior comparado a funções de custo é baseado em inteligência artificial [10][11], na qual lógica *fuzzy* e técnicas de redes neurais são bastante comuns. Através desses métodos, alguns pesos podem ser atribuídos aos parâmetros e ajustados freqüentemente, e o processo de aprendizagem para escolha da melhor rede pode ser otimizado.

3. SOLUÇÕES EXISTENTES

Nesta seção são descritas as soluções, classificadas em quatro grupos (força do sinal recebido, largura de banda, função de custo e Inteligência Artificial), demonstrando como o fator do consumo de energia é utilizado e tratado nos algoritmos, em termos de parâmetros e métricas.

3.1 Algoritmos baseados em Força do Sinal Recebido

Rakovic [2] propõe um método o qual a verificação da força do sinal recebido está associada à velocidade do terminal móvel, além de ser comparado um valor limite (*threshold*). Além disso, foram desenvolvidos dois

algoritmos, um chamado VAHA (*Velocity Aware Handover Approach*) e sua derivação, chamado AoA_VAHA (*Angle of Arrival VAHA*). O primeiro método realiza estimativa de velocidade do dispositivo móvel, verificando a diferença entre dois SNR (*Signal to Noise Ratio*), através da Equação FSPL (*Free Space Path Loss*)[11]. O segundo método realiza a estimativa da velocidade através da teoria dos cossenos, possuindo uma maior complexidade em termos de desenvolvimento, porém permite obter um resultado mais preciso. Avaliação de desempenho foi realizada em um cenário composto de redes WiFi e WiMAX a fim de comparar esses dois algoritmos, investigando métricas como, overhead de sinal, *jitter* (variação do atraso) e consumo de energia. Resultados mostram que o algoritmo VAHA é mais adequado quando a bateria está em nível crítico e sua estimativa permite alcançar um menor *jitter* e menos overhead de sinal, considerando a execução de uma aplicação na simulação. Um ponto fraco observado é o fato da avaliação do consumo de energia não ser exibida de forma detalhada, além do número de *handovers* executados não serem analisados no cenário proposto.

Chung [3] apresenta um mecanismo de *handover*, chamado MRSS (*Momentum of Receive Signal Strength*) baseado na detecção de movimento, sem a necessidade de um sistema de posicionamento. Neste processo de determinar o exato momento da descoberta, o primeiro passo do algoritmo é calcular o ARSS (*Average RSS*)[12], uma vez sendo vista diversas mudanças no movimento do dispositivo móvel, não é possível dar exatidão neste resultado. O cálculo de RSS no tempo i e para a amostra T é feito segundo a Equação 1:

$$ARSS_i = \frac{\sum_{j=1}^T RSS_{i*T+j}}{T} \quad \text{Eq.(1)}$$

Como passo seguinte, é necessário calcular o EWMA (*Exponential Weighted Moving Average*) [12], responsável por ajustar o RSS, sendo calculado conforme as Equações 2 e 3:

$$EWMA_i = (1 - \alpha) * EWMA_{i-1} + \alpha * ARSS_i \quad \text{Eq.(2)}$$

$$EWMA_i = [\sum_{x=0}^{k-1} \sigma_x * ARSS_{i-x}] + \gamma * EWMA_s \quad \text{Eq.(3)}$$

Considerando α como fator de ajuste (*smooth factor*) necessário para verificar a possibilidade de movimento e $\sigma_x = (1 - \alpha)^x * (\alpha)$. MRSS deve ser calculado como a diferença entre dois EWMA. No algoritmo de detecção de movimento, são utilizados dois tipos de *threshold*:

- Positivo (TH_p): o nó móvel está saindo da estação base e o MRSS é positivo, e neste caso o modo de descoberta (*ND mode*) está ativado.
- Negativo (TH_n): o nó móvel está próximo a estação, o MRSS está decaindo e o modo de descoberta está desativado(*NON_ND mode*)
- Caso o nó esteja em estado estacionário, o modo de semi descoberta é ativado (*SEMI_ND mode*)

Simulações foram executadas em um cenário abordando tecnologias WLAN e WIMAX e uma aplicação em execução. Nesta avaliação de desempenho, o atraso na detecção do movimento e número de *handovers* com falha são algumas das métricas avaliadas. Resultados do algoritmo mostram eficiência na medição do tempo de ativações das interfaces do dispositivo, em forma a diminuir o número de *handovers* desnecessários. Este trabalho tem o problema de não levar em consideração a execução de uma aplicação, além do fator energia ser limitado apenas ao modo de descoberta, não havendo estimativas mais refinadas.

3.2 Algoritmos baseados em largura de banda

No trabalho desenvolvido por Nam [4] é apresentado um algoritmo chamado WISE, a fim de analisar a ativação da interface do dispositivo móvel, verificando as condições e o quanto de dados é distribuído sobre o ambiente de rede. No algoritmo proposto, é inserido um módulo chamado VDC (*Virtual Domain Controller*), designado para monitorar a qualidade da rede, fornecendo informações sobre qual possui melhor desempenho, de forma a permitir que o *handover* seja executado de forma ininterrupta.

No fluxo básico do algoritmo, o dispositivo móvel envia requisições ao VDC, geralmente anexado a interfaces 3G, com a finalidade de observar se as redes 3G ou WLAN podem ser utilizadas. VDC irá em seguida analisar o tráfego *uplink* e *downlink* e verificar se o *threshold* é excedido, e finalmente emitirá uma resposta aceitando ou não o *handover*.

Simulações foram realizadas no NS-2 para analisar a vazão e o consumo de energia na transmissão e recepção de dados. Resultados mostraram o consumo de energia em cada tipo de tráfego e rede, avaliando o nível de bateria restante. Porém, número de *handovers* e atraso não são medidos, além da aplicação não ter sido considerada na simulação. Outro problema observado é a constante troca de mensagens entre o VDC e o dispositivo móvel, podendo demandar mais gasto de energia.

Ching *et.al* [5] define um modelo matemático para seleção de redes através do mecanismo FFD (*First-Fit Decision*) e suas derivações. O algoritmo é desenvolvido para resolver o problema chamado *Bin Packing*, apresentado em [13], que significa o evento de haver um item de um determinado tamanho e encontrar maneiras de colocá-lo numa caixa sem exceder sua capacidade. Ao mapear este problema para o cenário proposto, a largura máxima de banda seria o tamanho da caixa e os requisitos de largura de banda para uma aplicação seria o tamanho do item. Neste algoritmo, consumo de energia para um fluxo de dados é obtido através da Equação 4:

$$c_i = PB_j + PT_j * bwt_i + PR_j * bwr_i \quad \text{Eq.(4)}$$

Considere PB_j , PT_j e PR_j o consumo de energia em estado background, para transmissão e recepção de dados, respectivamente; além de bwt_i e bwr_i serem as respectivas larguras de banda. Portanto, para um tempo total T e um tempo t_i de um i , o consumo médio de energia deve ser calculado conforme a Equação 5:

$$\frac{\sum_1^n (c_i * t_i)}{T * \sum_1^n bw_i} \quad \text{Eq.(5)}$$

No algoritmo FFD, cada fluxo tem uma preferência, podendo ser inserido em três conjuntos:

- Forte preferência: onde a rede contém o acesso preferido, e seus requisitos de largura de banda e atrasos são satisfeitos
- Média preferência: rede é acessada devido ao baixo custo
- Sem preferência: acesso à rede é relacionado ao baixo custo, além de largura de banda e atraso adequados, portanto se a rede não satisfizer os requisitos, esta deve ser colocada em uma lista de espera

O algoritmo FFD possui algumas derivações, como seguem:

- FFDwS (*FFD with Substitution*): substituição de um fluxo ocorre quando este não satisfazer os requisitos de largura de banda e atraso para serem colocadas no conjunto de forte ou média preferência. Logo, um fluxo sem preferência ou de média preferência deve ser encontrado para substituição.
- FFDwSP (*FFD with Substitution and Partitioning*): Divide o fluxo em sub-fluxos para satisfazer a largura de banda. Neste caso os tráfegos *uplink* e *downlink* são observados e atribuídos a uma dada preferência;
- FFDwSPL (*FFD with Substitution, Partitioning and Load-Awareness*): permite balanceamento de carga para largura de banda, adicionando uma condição de não exceder o valor limite. Tem a desvantagem de consumir mais energia;
- FFDwSPLR (*FFD with Substitution, Partitioning, Load Awareness and Reallocation*): tem a funcionalidade de realocar os tráfegos para outras redes devido à mudanças de parâmetros, principalmente quando o atraso aumenta. É o algoritmo utilizado na execução do *handover*;

Simulações foram realizadas em cinco tipos de redes (UMTS, GPRS, IEEE802.11a, IEEE802.11b e Bluetooth), onde foram analisados, em cada algoritmo, o consumo de energia e o grau de insatisfação, ou seja, quantas preferências de acesso foram atribuídas incorretamente. Resultados mostram que o algoritmo FFDwSP não obtem redução do consumo de energia. Além disso, este trabalho possui o problema de não abordar a avaliação o consumo de energia para o algoritmo FFDwSPLR, portanto a mobilidade do dispositivo não é considerada na maioria dos cenários.

3.3 Algoritmos baseados em função de custo

O modelo de seleção de redes proposto em [6], realiza o gerenciamento de energia através do framework IEEE 802.21 MIH (*Media Independent Handover*), além de ser definido um mecanismo para melhorar esta análise, chamado CAC (*Call Admission Control*). O MIH é composto de uma função, chamada MIHF, responsável por verificar a energia de cada tecnologia, força do sinal, além de realizar descoberta de rede, entre outras funcionalidades. Este módulo, juntamente com a ferramenta de política de seleção,

é responsável por calcular a função de custo, permitindo assim a execução do *handover*.

A função de custo inserida no algoritmo divide os parâmetros em dois grupos de prioridades. Um desses grupos tem prioridade maior (q) e o outro com menor ($M-q$), além de M ser o número total de parâmetros, que neste caso são a largura de banda, preço, nível de segurança, área de cobertura, nível de bateria, força do sinal, além de requisitos de QoS e QoE. Para um nível de bateria L_p , o cálculo da função de custo W_p para cada tecnologia será dado por:

$$W_p = \frac{\sum w_m S_m}{\log_{10}(1+L_p)} \quad \text{Eq.(6)}$$

Onde L_p será 1 caso o nível de bateria seja maior que o valor de *threshold*; de outra forma, L_p será igual a K , onde K é o *ranking* da rede de acordo com o consumo de energia. Isto faz com que este parâmetro só seja relevante caso seu valor seja menor que o nível de *threshold*, ou seja, representando o cenário mais crítico, onde a rede com menor requisito de energia será a mais adequada para seleção. Simulações foram realizadas para verificar a função W_p , onde o dispositivo móvel é composto de interfaces WLAN e UMTS com bateria em nível suficiente e insuficiente, a fim de analisar qual delas é melhor para ser escolhida a uma dada distância. Embora o nível de bateria seja um fator importante para seleção, este modelo contém a desvantagem de não considerar a execução de uma aplicação, além de não existirem métricas associadas com vazão, atraso e número de *handovers*.

Outro algoritmo de *handover* vertical baseado em função de custo é proposto por Joe [8], onde o consumo de energia é abordado dentro de um mecanismo de predição. Nesse contexto, uma lista de redes candidatas para o *handover* é recebida pelo dispositivo móvel, onde cada rede terá seu consumo estimado através da verificação do seu nível de bateria, comparado com o tipo de tráfego a ser executado, podendo ser aplicação multimídia, VoIP, entre outros. Logo, o cálculo do tempo de vida da bateria T_{expect} é feito conforme as equações 7, 8, 9 e 10 :

$$P_{expect}(i, j) = P_{tx}(i, j)\gamma_{tx}(j) + P_{rx}(i, j)\gamma_{rx}(j) \quad \text{Eq.(7)}$$

$$P_{tx}(i, j) = \frac{\rho(j)}{R_{up}(i)}P_{tx}^*(i) + (1 - \frac{\rho(j)}{R_{up}(i)})P_{idle}^*(i) \quad \text{Eq.(8)}$$

$$P_{rx}(i, j) = \frac{\rho(j)}{R_{down}(i)}P_{rx}^*(i) + (1 - \frac{\rho(j)}{R_{down}(i)})P_{idle}^*(i) \quad \text{Eq.(9)}$$

$$T_{expect} = \frac{E_{battery}}{P_{expect}(i, j)} \quad \text{Eq.(10)}$$

onde $P_{expect}(i, j)$ é o consumo de energia esperado para uma rede i sobre um tráfego j ; $\rho(j)$; $P_{tx}(i, j)$, $P_{tx}^*(i, j)$, $P_{rx}(i, j)$, $P_{rx}^*(i, j)$ são a carga de tráfego da rede j , o consumo de energia transmitindo e recebendo dados para o tráfego j e a interface de rede, respectivamente; além de $R_{up}(i)$ e $R_{down}(i)$ serem a máxima e a mínima taxa de transmissão de dados da rede i ; P_{idle}^* é o consumo de energia em estado ocioso (*idle*);

e finalmente $E_{battery}$ o nível atual de bateria do dispositivo móvel. Se o tempo de vida previsto for menor comparado ao atraso do *handover*, esta rede será removida da lista de candidatas.

O algoritmo final de seleção de redes é composto de AHP (Analytic Hierarchical Process)[14] e GRA (Grey Relational Analysis)[15], onde os parâmetros principais são QoS (largura de banda, atraso, *jitter* e taxa de erros de bits), custo e tempo de vida da bateria (transmissão, recepção e ocioso) além dos pesos serem ajustados de acordo com a preferência do usuário. Simulações foram realizadas em um cenário onde o dispositivo móvel possui três interfaces: WLAN, WiBRO (nome coreano para o WIMAX) e CDMA, afim de avaliar tráfegos *up* e *down streaming*, e o consumo de bateria calculado no algoritmo sobre cada interface.

Resultados mostram ganho de desempenho em comparação aos algoritmos baseados em força de sinal. Porém, a mobilidade do nó não é considerada, além de não ser mostrado como o modelo ajuda a reduzir o número de *handovers*, e qual foi a função de custo proposta.

Um algoritmo de *handover* vertical a qual utiliza função de custo com ajuste dinâmico de pesos é desenvolvido em [7]. É proposto um mecanismo, chamado NAM (*Network Attribute Monitor*), responsável por monitorar informações sobre o ambiente de rede, tais como custo monetário (E), largura de banda (C) e consumo de energia (P). Outro modulo, chamado DCU (*Decision Control Unit*), é designado por calcular o resultado da função de custo para cada rede, cuja Equação é definida como:

$$SF_i = (w_{e,i} * f_{e,i}) + (w_{c,i} * f_{c,i}) + (w_{p,i} * f_{p,i}) \quad \text{Eq.(11)}$$

$$f_{e,i} = \frac{1}{e^{\alpha_i}}, f_{c,i} = \frac{e^{\beta_i}}{e^M}, f_{p,i} = \frac{1}{e^{\alpha_i}} \quad \text{Eq.(12)}$$

O ajuste dos pesos ocorre em duas etapas:

1. Pesos intermediários, dados por w' , são calculados, dependendo da influência positiva ou negativa para seleção. Neste caso, um alto consumo de energia e elevado custo contribuem negativamente para o ambiente de rede, assim como largura de banda influi de forma positiva. Portanto, seus pesos intermediários devem ser calculados da seguinte forma:

$$w'_{p,i} = \frac{\text{Min}(P_1, P_2, \dots, P_n)}{P_i} \quad \text{Eq.(13)}$$

$$w'_{c,i} = \frac{C_i}{\text{Max}(C_1, C_2, \dots, C_n)} \quad \text{Eq.(14)}$$

$$w'_{e,i} = \frac{\text{Min}(E_1, E_2, \dots, E_n)}{E_i} \quad \text{Eq.(15)}$$

2. Cada peso intermediário é dividido pela soma de todos os parâmetros, gerando o peso final w

Resultados mostram que a abordagem dinâmica ajuda a diminuir consumo de energia, evitando *handovers* excessivos. Este trabalho contém o problema de não

considerar o nível de bateria do dispositivo móvel para o cálculo da energia.

3.4 Algoritmos baseados em Inteligência Artificial

Liao *et al* [9] define um mecanismo de *handover* vertical baseado em lógica *fuzzy*. Os parâmetros levados em consideração para a seleção de redes são o custo monetário, largura de banda e a energia recebida de cada estação base. Cada parâmetro é associado a uma *membership function* [16]. Para o consumo de energia, é utilizado o valor de *threshold* P_{th} , e P_{max} sendo o maior valor de energia ser recebido pela estação. Logo, a função de adesão para energia, dada por μ , como é mostrada na Equação 16:

$$\mu = \begin{cases} 0 & \text{for } 0 \leq P(x) \leq P_{th} \\ \frac{P(x) - P_{th}}{P_{max} - P_{th}} & \text{for } P(x) > P_{th} \end{cases} \quad \text{Eq.(16)}$$

onde $P(x)$ é o valor atual do nível de energia para a rede candidata x . Em seguida, é necessário determinar os pesos de cada parâmetro para o vetor W , além de calcular o valor de FVHD (*Fuzzy Vertical Handover Decision*), dado por $F_n(x)$. O valor máximo de $F_n(x)$, comparado com o valor de *threshold*, determinará a rede mais adequada para seleção.

Neste processo, a Equação 17 mostra como os pesos podem ser ajustados dinamicamente:

$$w_i = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^3 \sigma_i} \quad \text{Eq.(17)}$$

onde σ_i significa o desvio padrão de cada *membership function*, como mostra a Equação 18:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n [\mu_{i,k}(x) - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \mu_{i,k}(x)]^2} \quad \text{Eq.(18)}$$

Simulações foram feitas com a inclusão de duas estações, separadas por dois quilômetros, com a meta de avaliar os valores FVHD sobre esta distância. Embora o algoritmo possua o benefício de ter o ajuste dinâmico dos pesos, e observar o exato momento em que o *handover* foi realizado, este trabalho possui algumas questões abertas, tais como, não avaliar o tipo de tráfego e o nível de bateria do dispositivo móvel, além de não ser mostrada qual ferramenta foi utilizada para avaliação de desempenho.

Um algoritmo de *handover* vertical, baseado em conhecimento de localidade, é desenvolvido em [10] através de redes neurais probabilísticas PNN (*Probabilistic Neural Networks*) e reconhecimento de padrões. A principal idéia do algoritmo é combinar verificações de força de sinal e vetores padrão, ou seja, pequenos blocos que representam áreas de cobertura. Esses vetores são responsáveis por determinar a melhor hora de realizar o *handover*, uma vez que essas comparações são frequentes, isto dará o melhor conhecimento para o cálculo da localidade da estação base. Simulações foram realizadas em células WLAN inseridas em

uma célula principal UMTS, com a finalidade de comparar o desempenho de algoritmos tradicionais baseados em força do sinal. Resultados mostraram uma redução do número de *handovers* desnecessários, devido ao fato de o tempo de conexão estar na maior parte do tempo alocado sobre redes WLAN. No entanto, este trabalho tem o ponto fraco de não avaliar métricas como atraso e vazão.

4. DISCUSSÃO E ALGORITMOS FUTUROS

Trabalhos recentes demonstram que os investigadores focam em alguns aspectos das técnicas de seleção de rede, tais como a velocidade da mobilidade, aspectos geográficos, e assim por diante. Uma vez que a redução do consumo de energia é uma meta importante, estão procurando apresentar o cálculo deste parâmetro de uma maneira mais eficaz. Em [17] é apresentado um algoritmo de rede, tendo em consideração padrões geográficos, como a velocidade de movimento e força do sinal. Este esquema avalia o consumo de energia em termos de número de *handovers* reduzidos e quantidade de *scanning* realizados, bem como considerando a bateria do dispositivo móvel sobre o processo de *handover*.

Um modelo de seleção de redes baseado em cadeias de Markov foi definido por Wang and Zhang [18], associado com o *framework* MIH. Através desta combinação, foi desenvolvido um critério de *ranking* para permitir o usuário escolher a rede mais adequada a depender do tipo de aplicação que deseja ser executado e de outros fatores. No entanto, consumo de energia é apenas citado nas preferências do usuário, ou seja, não é descrito detalhadamente no algoritmo como este é estimado.

Os algoritmos baseados em força do sinal recebido possuem uma implementação mais simples, e apesar de existirem muitos esforços realizados pela associação deste fator com outros parâmetros importantes, tais como a velocidade do nó móvel e detecção de movimento, estes métodos ainda não são suficientes para uma decisão ideal de qual rede deverá ser selecionada. Portanto, é visto um elevado número de *handovers* desnecessários, devido à sensibilidade do nó móvel e, conseqüentemente, ativação constante das interfaces do dispositivo. Este problema também é endereçado a algoritmos os quais utilizam largura de banda como critério principal para o *handover*.

Existem algoritmos de função de custo que começaram a analisar consumo de energia de forma mais eficiente em termos de estimativa. Uma maneira de investigar esse comportamento é desenvolver algoritmos que associa o consumo de energia estimado para um tipo específico de tráfego de dados. Embora o número de *handovers* não seja avaliado de forma sistemática, esta metodologia mostra certa eficiência, de forma a dar assistência na etapa de descoberta de rede, ajudando a otimizar a vida da bateria do dispositivo móvel, sem degradar a vazão.

Além disso, os algoritmos que utilizam MIH, através do desenvolvimento de novos serviços para fornecer mais informações sobre os parâmetros, dão uma melhor

estimativa do consumo de energia, o que torna esta metodologia uma alternativa importante a ser analisada para a decisão de *handover*. Na etapa de descoberta, esta ferramenta permite aperfeiçoar avaliações no processo de *scanning* de novas redes, e, conseqüentemente, ativação das interfaces, impactando positivamente na vida útil da bateria do dispositivo móvel sobre esses algoritmos. No entanto, métricas como número de *handovers*, além de atraso e taxa de transferência, devem ser avaliados.

Outra forma de obter ganhos de desempenho em termos de vazão e de energia pode ser provada por meio de algoritmos de Inteligência Artificial podem ser associados a funções de custo e algoritmos baseados em força de sinal.

No entanto, é exigida uma maior complexidade em termos de desenvolvimento e configuração de parâmetros, tais como a atribuição de função de adesão e formação dos neurônios (no caso de redes neurais probabilísticas) e também o ajuste de pesos. Outros algoritmos sob esta abordagem podem ser definidos de modo a estimar o consumo de energia e ajudar de forma mais aprimorada a seleção da rede. Um exemplo de técnica a se utilizar é a teoria dos jogos[19].

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um estado da arte contendo as diversas soluções para *handover* vertical as quais possuem consumo de energia como fator chave para sua decisão, explicando seu processo de estimação e medição. Além disso, é fornecida uma discussão abordando os pontos positivos e negativos de cada solução.

Trabalhos futuros devem refinar as métricas existentes para o consumo de energia do dispositivo móvel, assim como aumentar o número de aplicações e interfaces e desenvolver novos protocolos e serviços do *framework* MIH são alternativas para dar mais precisão na obtenção de informações das redes. Esses fatores devem ajudar na análise e entendimento da avaliação de desempenho, tal como o percentual salvo de energia, entre outros.

Pesquisas devem continuar a descobrir maneiras de conciliar vazão e energia, uma vez que vários trabalhos mostram a desvantagem de apenas maximizar o tráfego de dados, sem se preocupar com a quantidade de energia gasta pelo dispositivo em suas simulações.

6. REFERÊNCIAS

- [1] M. Söllner, C. Görg, M.P.D. Leon, and P. Bertin, "Mobility Scenarios For The Future Internet : The 4ward Approach," *Framework*, 2009.
- [2] V. Rakovic, V. Atanasovski, and L. Gavrilovska, "Velocity Aware Vertical Handovers," 2009.
- [3] T.-Y. Chung, Y.-mu Chen, and C.-hung Hsu, "Adaptive Momentum-Based Motion Detection Approach and Its Application on Handoff in Wireless Networks," *Sensors (Peterborough, NH)*, 2009, pp. 5715-5739.
- [4] M. Nam, N. Choi, Y. Seok, and Y. Choi, "WISE : Energy-Efficient Interface Selection on Vertical Handoff between 3G Networks and WLANs," *Architecture*, 2004, pp. 692-698.
- [5] B. Xing, "Multi-constraint dynamic access selection in always best connected networks," *The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, 2005, pp. 56-64.
- [6] M.Z. Chowdhury, Y.M. Jang, C.S. Ji, S. Choi, H. Jeon, J. Jee, and C. Park, "Interface Selection for Power Management in UMTS / WLAN Overlaying Network," *Interface*, 2009, pp. 795-799.
- [7] K. Mahmud and K.N. Haq, "Introduction of Dynamic Weight Factor for Explicit Vertical Handoff," *Electrical Engineering*, 2008, pp. 281-285.
- [8] I. Joe, "A Network Selection Algorithm Considering Power Consumption in Hybrid Wireless Networks," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E91-B, Jan. 2008, pp. 314-317.
- [9] H. Liao, L. Tie, and Z. Du, "A Vertical Handover Decision Algorithm Based on Fuzzy Control Theory," *First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences (IMSCCS'06)*, Jun. 2006, pp. 309-313.
- [10] A. Mehbodniya, S. Aïssa, and J. Chitizadeh, "A Location-Aware Vertical Handoff Algorithm for Hybrid Networks," *Journal of Communications*, vol. 5, Jul. 2010, pp. 521-529.
- [11] C.A. Balanis, "Antenna Theory," *John Wiley and Sons Inc*, 2003.
- [12] G.E.P.B. and G.M. Jenkins, "Analysis, Time Series," *CA: Holden-Day*, 1976.
- [13] and G.W. E. Coffman, J. Csirik, "Approximate solutions to bin packing problems," *Technical Report Woe-29, Institut fr Mathematik B, TU Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, Austria*, 1999.
- [14] T.L. Saaty, "How to make a decision: The analytic hierarchy process.," *European Journal Operation Research*, vol. 48, 1990, pp. 9-26.
- [15] J.L. Deng, "Introduction to grey system theory," *The Journal of Grey System*, vol. 1, 1989, pp. 1-24.
- [16] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets," 1965, pp. 338-353.
- [17] W.-H. Yang, Y.-C. Wang, Y.-C. Tseng, and B.-S.P. Lin, "An Energy-Efficient Handover Scheme with Geographic Mobility Awareness in WiMAX-WiFi Integrated Networks," *2009 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, Apr. 2009, pp. 1-6.
- [18] Y. Wang, P. Zhang, Y. Zhou, J. Yuan, F. Liu, and G. Li, "Handover Management in Enhanced MIH Framework for Heterogeneous Wireless Networks Environment," *Wireless Personal Communications*, vol. 52, Nov. 2008, pp. 615-636.
- [19] T.L.T.A.B.V. Stengel, "Game Theory," *CDAM Research Report LSE-CDAM- 2001-09*, 2001.