

Mecanismo de Seleção Baseado em QoE para Redes Heterogêneas com Tráfego Multimídia

Gracieth M. Valenzuela, Isac Ferreira, Kelvin L. Dias, Paulo Cunha

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco
CEP: 50740-540 – Recife – PE – Brasil

{gm, ifafc, kld, prfc}@cin.ufpe.br

Abstract. *The increasing popularity of wireless networks such as Wi-Fi and WiMAX brings the need to promote a convergence of these technologies, in order to offer many opportunities for connectivity and the possibility of a seamless communication. In this context, this research aims to propose a mechanism for network selection based on the QoE - Quality of Experience. By extracting the collected results from simulations in Network Simulator (ns-2), we built a database of historical PSNR values, which is queried by the mobile node for the handover decision, with the help of the IEEE 802.21 protocol. Results show that QoE-based handover decisions achieve an increase of 15% on video quality.*

Resumo. *Com a crescente popularidade das redes sem fio e a disponibilidade das tecnologias Wi-Fi e WiMAX, fez surgir a necessidade de se promover uma convergência entre elas, visando oferecer ao usuário diversas oportunidades de conectividade e a possibilidade de estabelecer uma comunicação sem interrupções. Neste contexto, o trabalho tem como objetivo propor um mecanismo de seleção de rede baseado na qualidade de experiência do usuário (QoE). A partir dos resultados coletados nas simulações realizadas no ns-2, foi construída uma base de dados com o histórico de valores obtidos com a métrica de Relação Sinal/Ruído (PSNR), utilizada com o auxílio do protocolo IEEE 802.21 para a execução da tomada de decisão de handover. Os resultados demonstram que a decisão de handover baseada em QoE reflete no aumento de 15 % na qualidade do vídeo.*

1. Introdução

A disponibilidade das redes de acesso sem fio como IEEE 802.11, conhecida como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), e IEEE 802.16, conhecida como WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), combinadas com terminais móveis que possuem a capacidade de oferecer diversas interfaces de acesso sem fio sugerem a necessidade de se promover uma convergência entre diferentes tecnologias [1], visando oferecer ao usuário diversas oportunidades de conectividade e a possibilidade de se estabelecer uma comunicação contínua.

A importância de manter o usuário conectado à Internet usufruindo de diversos serviços requer a implementação de um mecanismo de seleção de redes para ambiente heterogêneo. Este ambiente é capaz de gerenciar o processo de *handover* e permitir uma tomada de decisão que considere a capacidade da rede e a necessidade do usuário quando várias redes de acesso estiverem presentes.

Com o aumento do número de pontos de acesso disponíveis na mesma área geográfica, deve-se oferecer ao usuário a possibilidade de selecionar aquele que ofereça o melhor serviço. Geralmente a seleção de um ponto de acesso é baseada na intensidade do sinal recebido (RSS - *Received Signal Strength*) pelo terminal, o que pode resultar no problema de excesso de demanda em algumas redes. Novas soluções têm proporcionado melhores critérios para a decisão de *handover* por meio do conhecimento sobre o estado da rede [2].

O gerenciamento de *handover* entre redes de tecnologias distintas é um processo complexo. O padrão IEEE 802.21 [3], também conhecido como *Media Independent Handover* (MIH), foi desenvolvido para auxiliar nessa integração, mas não define o critério de tomada de decisão do *handover*. Esse protocolo é capaz de reunir informações de redes vizinhas e transmiti-las para a rede atual do usuário através das trocas de sinalizações (mensagem de requisição/resposta).

Essas sinalizações entre o terminal móvel e as redes vizinhas permitem a obtenção de informações úteis para auxiliar na decisão do *handover*. E quando se trata de selecionar e mudar para uma nova rede é importante manter a qualidade dos serviços em andamento e a satisfação do usuário final [4]. A constante mobilidade do usuário torna necessária a realização de *handover* que conta com alguns critérios para a tomada de decisão de *handover*. Os fatores que influenciam a decisão são baseados nesses critérios que podem ser estabelecidos considerando as características da rede, da aplicação ou as preferências do usuário.

O aumento da capacidade de processamento e de conexão do terminal móvel permite que usuários móveis utilizem aplicativos multimídia. Segundo [6], o conteúdo multimídia streaming (IPTV, vídeo streaming e voz sobre IP – VoIP - *Voice over Internet Protocol*) será o tráfego dominante nesta década. A previsão é que em 2012 o tráfego da Internet seja composto por 90% de tráfego multimídia, dos quais 60% corresponderá a vídeo. Surge então a necessidade de oferecer serviços multimídia de forma satisfatória para o usuário em um ambiente de constante mobilidade.

Os parâmetros de Qualidade de Serviço (QoS - *Quality of Service*), nível da bateria, velocidade do terminal móvel, custo monetário das redes, entre outros, poderão ser utilizados em um mecanismo de seleção de rede. Os critérios considerados na mudança da rede de acesso normalmente estão relacionados a questões técnicas como força do sinal, largura de banda, perda de pacotes e *jitter*, que são métricas de desempenho da rede. Entretanto, na maioria das vezes, tais critérios não são suficientes para avaliar a percepção do usuário final [7].

Para isso, utiliza-se o conceito de Qualidade de Experiência (QoE - *Quality of Experience*) que está relacionado à avaliação das aplicações multimídia do ponto de vista do usuário [8]. O termo surgiu com o intuito de complementar a avaliação tradicional realizada pelas métricas de QoS, que avaliam o impacto na qualidade do ponto de vista da rede, que podem não refletir a experiência do usuário perante a qualidade de um vídeo recebido. Os mecanismos de seleção de rede desempenham um papel importante na garantia de Qualidade de Experiência (QoE) em redes homogêneas e heterogêneas.

O trabalho está organizado da seguinte forma: Qualidade de Experiência (QoE) é apresentado na seção 2. A seção 3 aborda os critérios de seleção de rede. O mecanismo

de seleção de rede baseado em QoE é descrito na seção 4. A seção 5 apresenta a avaliação de desempenho do mecanismo proposto. A seção 6 conclui o artigo.

2. Qualidade de Experiência (QoE)

O conceito Qualidade de Experiência (QoE) está relacionado com a avaliação da qualidade de uma aplicação multimídia conforme a percepção do usuário. O termo surgiu com o intuito de complementar questões não abordadas pela avaliação tradicional, realizada pelas métricas de QoS, que apenas quantifica a qualidade do tráfego utilizando os seguintes parâmetros: vazão, atraso, *jitter* e perda de pacotes. Esses são atributos técnicos que avaliam o desempenho da rede, porém não revelam a qualidade do serviço conforme percepção dos usuários finais. Com relação à de avaliação de aplicações multimídia, é primordial considerar a sensibilidade humana. Por isso, nesse quesito, as métricas de QoS não refletem a experiência do usuário diante de um vídeo [4].

Para a avaliação da qualidade de experiência são mencionadas na literatura métricas de QoE que podem ser objetivas ou subjetivas.

2.1 Métricas Subjetivas

As métricas subjetivas de QoE avaliam a qualidade das aplicações multimídia baseadas na percepção humana. O vídeo é exibido para um grupo específico de pessoas que atribuem valores que refletem a sua experiência. Através da opinião dos usuários é atribuída uma pontuação denominada Média de Opinião (MOS) [8] que é a métrica subjetiva mais popular.

A métrica MOS, avalia a qualidade do vídeo e representa através de pontuações que variam de 1 a 5. A pontuação 1 indica que a qualidade do vídeo é “RUIM” e 5 que a qualidade do vídeo é “EXCELENTE”. A Tabela 1 apresenta a pontuação MOS.

Tabela 1. Pontuação MOS

Pontuação	Qualidade	Prejuízo de Imagem
5	Excelente	Imperceptível
4	Ótimo	Perceptível, com pouca distorção
3	Bom	Ligeira distorção
2	Regular	Distorção irritante
1	Ruim	Grave distorção

É importante ressaltar que, as métricas subjetivas dependem exclusivamente da opinião do usuário, pois sua função é usar essa análise para melhorar os serviços para clientes finais.

2.2 Métricas Objetivas

Com o advento da Internet e o aumento de tráfego multimídia, pesquisas como as de [9] [10] têm buscado a automatização da avaliação da qualidade de vídeos exibidos para o usuário, pois os métodos subjetivos apresentam custo monetário elevado e demandam

longo prazo para execução. A automatização é feita utilizando métricas objetivas que imitam a percepção de qualidade do sistema visual humano.

As métricas objetivas são classificadas da seguinte forma: Referência Completa (*Full Reference* - FR), Referência Reduzida (*Reduced Reference* - RR) ou Sem Referência (*No Reference* - NR). Dentre as métricas objetivas FR existentes [11], a mais popular é a *Peak Signal Noise Ratio* (PSNR) que compara a sequência de vídeo original com a sequência que é recebida no outro lado da rede. A métrica de qualidade PSNR é uma derivação da métrica *Mean Square Error* (MSE) que compara o quadro original com o quadro recebido [12] [13].

O valor do PSNR é expresso em dB (decibel). Para que um vídeo seja considerado com qualidade satisfatória é necessário que o valor médio do PSNR esteja entre 25 e 31 dB, como ilustrado na Tabela 2 que apresenta o mapeamento de valores de PSNR para MOS.

Tabela 2. Mapeamento PSNR/MOS

PSNR [dB]	MOS
> 37	5 (Excelente)
31-37	4 (Ótimo)
25-31	3 (Bom)
20-25	2 (Regular)
< 20	1 (Ruim)

3. Critérios de Seleção de Rede

Analizamos os critérios para a seleção de redes em trabalhos anteriores, em que [14] considera a potência do sinal recebido e um conjunto de medições de parâmetros de Qualidade de Serviço (QoS) como: largura de banda e atraso. Porém, segundo [4], a seleção de rede considerando somente as medições de QoS não oferece garantias sobre a qualidade do vídeo entregue ao usuário final.

Em [4] é apresentado um mecanismo de seleção baseado em Média de Opinião (*MOS - Mean Opinion Score*), obtido através de *Pseudo-Subjective Quality Assessment* (PSQA). O ambiente proposto no trabalho é homogêneo com a utilização do padrão IEEE 802.11. O objetivo não é somente balancear a carga entre os Pontos de Acesso (*AP - Access Point*), mas utilizar *MOS* para garantir que a rede selecionada ofereça qualidade de vídeo satisfatória ao usuário.

Em [15], o algoritmo de seleção proposto apresenta como critérios de seleção o tipo de aplicação, perda de pacotes, *delay*, largura de banda e custo. O cenário possui redes 802.11, 802.16 e *GPRS*. O trabalho realiza a distribuição do tráfego entre as redes heterogêneas para equilibrar a demanda de aplicativos. É utilizada para melhorar a qualidade de serviço (QoS), garantindo o bom desempenho da rede o que não oferece garantia de satisfação do usuário.

Em [5] é proposto o mecanismo de seleção que considera a qualidade de experiência do usuário para a tomada de decisão de *handover* vertical, em um cenário c

omposto de redes de acesso 802.11 e UMTS em ambiente de simulação utilizando o ns-2, *network simulator*. A avaliação da qualidade de experiência ocorre através do uso da ferramenta PSQA que avalia a rede em termos de MOS. Em um ambiente heterogêneo, o usuário poderá dispor de vários pontos de acesso próximos e o *handover* pode proporcionar uma melhoria na qualidade do serviço multimídia utilizado. Para que isso ocorra é necessário um mecanismo de seleção inteligente.

Este trabalho apresenta o mecanismo de seleção de redes baseado na percepção visual do usuário em relação à qualidade do vídeo assistido em redes heterogêneas. A partir dos resultados coletados nas simulações realizadas no *Network Simulator (ns-2)* foi construída uma base de dados com o histórico de valores obtidos com a métrica de Relação Sinal/Ruído (PSNR - *Peak Signal Noise Ratio*), utilizada com o auxílio do protocolo IEEE 802.21 para a execução da tomada de decisão de *handover*. Dentre as contribuições deste trabalho, a principal consiste na seleção de redes heterogêneas em que a decisão de *handover* considera a percepção do usuário com uso da métrica de QoE.

4. Mecanismo de Seleção Baseado em QoE

Para oferecer mobilidade aos usuários e manter a qualidade do serviço em andamento, é preciso considerar o critério de tomada de decisão para a seleção de um ponto de acesso entre os pontos disponíveis. Este trabalho possui o auxílio do IEEE 802.21 para a tomada de decisão de *handover*.

4.1. Protocolo de Gerenciamento de Handover - IEEE 802.21

O *Media Independent Handover (MIH)* é responsável por otimizar o *handover* entre redes com tecnologia de acesso heterogêneo. O *MIH* define comandos e eventos que auxiliam no processo de tomada de decisão de *handover*, usando trocas de informações entre Nó Móvel (*MN*) e Estação Base (*BS*) ou Ponto de Acesso (*AP*).

O *MIH* oferece mecanismos para descoberta de redes vizinhas com objetivo de auxiliar o *MN* a selecionar uma rede dentre as disponíveis. Porém, cabe aos fabricantes e operadoras desenvolverem seu próprio mecanismo de seleção, a fim de oferecer ao usuário a oportunidade de realizar um *handover* inteligente.

4.2. Tomada de Decisão de Handover Baseado em QoE

Para realização da seleção de rede, o padrão 802.21 auxilia no processo de gerenciamento de *handover*, oferecendo transparência em sua mobilidade e execução. Entretanto, o protocolo *MIH* não define o critério de tomada de decisão.

Este trabalho propôs a decisão de *handover* que considera a qualidade de experiência do usuário, obtida através da utilização do PSNR, cujos valores são convertidos para classificação em *MOS* como apresentado na Tabela 2. As redes são avaliadas consultando o histórico de PSNR armazenado no servidor *Media Independent Information Service - MIIS* [3].

O mecanismo de seleção proposto considera a qualidade do vídeo com base na percepção visual do usuário como critério para a escolha de uma nova rede ou a permanência na atual. O nível de carga na rede, ou seja, a largura de banda disponível, tem impacto em QoE avaliado com o uso da métrica PSNR.

Segundo [16] [4] o valor de PSNR acima de 26 dB é considerado satisfatório pela indústria de Telecomunicações. Este valor corresponde ao *MOS* igual a 3 em que a qualidade de experiência é classificada como “BOM”.

Baseada na pontuação *MOS* igual a 3, o que equivale à média do PSNR entre 25 e 31 dB, é possível afirmar que, para oferecer uma conexão com o mínimo de requisitos para que o usuário usufrua de uma qualidade de vídeo considerada satisfatória é necessária a escolha de um ponto de acesso com a média do PSNR maior que 26 dB. Consequentemente, uma rede que não oferece uma média de PSNR superior a 26 dB não poderá ser selecionada, pois não é considerada ideal para as expectativas visuais do usuário.

Para verificação do estado das redes disponíveis são utilizados os serviços do *MIH*, que consistem na troca de mensagem entre terminal móvel e redes de acesso. O serviço de informação *MIIS* permite a obtenção de informações úteis para a decisão de *handover*.

A Figura 1 apresenta as etapas de sinalizações entre *MN* e redes de acesso, onde:

1. A *BS* é a rede atual, e a interface 802.16 do *MN* é a interface atual;
2. Quando a interface 802.11 detecta uma rede vizinha (*MIH_Link_Detected.ind*), a interface envia um *MIH_Link_Parameters_Report* ao *MIH* com a informação do nível de carga da rede candidata WLAN;
3. A interface atual, o 802.16 envia um *MIH_Link_Parameters_Report* informando também a carga de tráfego da rede;
4. O *MIH* repassa estas informações via *MIH_Link_Parameters_Report* para a rede atual, no caso é a *BS* através da interface 802.16 do *MN*;
5. A rede atual (*BS*) repassa as informações para o servidor *MIIS* que possui a tabela com mapeamento (*MAP*) do histórico de valores de PSNR, e permite prever a qualidade de vídeo conforme a carga de tráfego na rede;
6. A média de PSNR para o nível da carga das redes 802.11 e 802.16, é consultado no *MAP*. É verificado se a média de PSNR da rede detectada (802.11) é maior que 26 dB e depois é realizada a comparação com a rede atual (802.16) para a tomada de decisão de *handover*;
7. Decisão de *handover*;
8. O *MIIS* informa para *MIH_BS* que ocorrerá *handover*;
9. *MIIS* dispara *MIH_N2N_HO_Commit.response* com informações sobre a nova conexão para o *MIH_AP*;
10. *MIIS* dispara *MIH_N2N_HO_Commit.response* com informações sobre o *handover* para o *MIH_BS*;
11. Após selecionar a rede, ocorrem os envios de *MIH_MN_HO_Commit.response* e *MIH_N2N_HO_Commit.response*, e o *handover* é autorizado;
12. Ocorre a mudança da rede. O nó móvel associa-se à rede Wi-Fi.

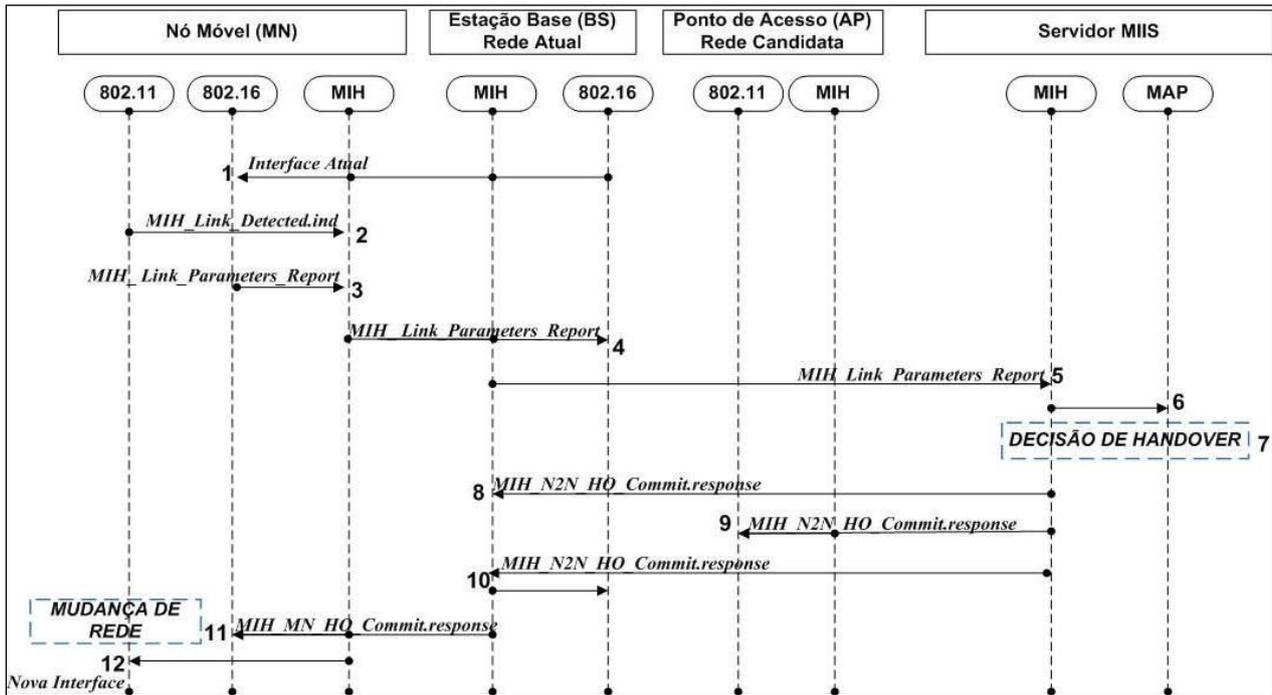


Figura 1. Sinalizações durante o *handover* vertical

4.3. Cenário Proposto

No cenário proposto, o usuário utiliza uma aplicação multimídia, mais especificamente um vídeo *streaming* em tempo real. O nó móvel possui duas interfaces: WiMAX e Wi-Fi. O vídeo é transmitido pelo nó correspondente e recebido pelo usuário que se desloca conectado à rede WiMAX e detecta uma rede Wi-Fi. A velocidade de deslocamento é de 10 m/s que corresponde a 36 km/h. São utilizados dois cenários, em que no cenário 1 a rede Wi-Fi está congestionada e no cenário 2 a rede congestionada é a WiMAX.

O nó correspondente (CN) e o roteador estão ligados por um enlace cabeado de 100 Mbps, o roteador está ligado ao AP e à BS, ambos com enlace de 15 Mbps. A rede Wi-Fi transmite a 11 Mbps e a rede WiMAX a 75 Mbps. O tamanho máximo dos pacotes transmitidos é de 1054 bytes. É transmitido vídeo para um nó móvel e os demais nós móveis recebem tráfego com taxa de 1 Mbps.

O MN que recebe tráfego de vídeo concorre com outros nós móveis que recebem tráfego *Constant Bit Rate - CBR*. O vídeo *highway.yuv* [17] usado nas simulações possui 2000 quadros com o formato *Common Intermediate Format (CIF)*, que tem uma resolução de 352 x 288 pixels por quadro, com taxa de quadro de 30fps (*frames per second*).

5. Avaliação de Desempenho

A ferramenta *Evalvid* [17], permite a análise do tráfego de vídeo para as simulações no ns-2. Os resultados obtidos permitem a observação do grau de deterioração que o processo de *handover* para uma rede sobrecarregada causa na qualidade do vídeo assistido pelo usuário.

A rede Wi-Fi possui a média de PSNR menor 26 dB, uma qualidade classificada como “REGULAR” conforme Tabela 2, que classifica o vídeo como possuindo imagens

com distorções irritantes para o usuário. Portanto, a mudança para essa rede causaria perda de qualidade do vídeo.

Sem o uso do mecanismo de seleção, o nó móvel se desloca a uma velocidade de 10m/s realizando *handover* para a rede Wi-Fi baseado apenas na intensidade do sinal recebido, sem prever a qualidade de experiência (QoE) da rede. O resultado é o prejuízo na qualidade do vídeo ao selecionar uma rede sobrecarregada. A média de PSNR em 50 simulações realizadas corresponde a 24.3 dB, valor considerado “REGULAR”.

Para análise do vídeo quadro a quadro, são selecionados dois resultados das simulações realizadas. A primeira análise refere-se ao vídeo de um nó móvel que seleciona a rede sem o uso da proposta. A decisão de *handover* é executada considerando somente a intensidade do sinal. A segunda análise é do vídeo de um nó móvel usando o mecanismo proposto, que considera o QoE da rede para a decisão.

A Figura 2 apresenta o gráfico com a análise do vídeo sem o mecanismo de seleção. A média do PSNR corresponde a 22.9 dB, classificado como “REGULAR”, conforme Tabela 2 e o desvio padrão de 4.37. A avaliação do vídeo realizado quadro a quadro de 700 a 1699 permite observar que a partir do quadro 1050 até 1108 o PSNR permanece abaixo de 20 dB, equivalente a *MOS* igual a 1, considerado “RUIM”. A sequência de quadro de 1270 até 1279 atinge o valor de 6.29 dB. A baixa qualidade do vídeo resulta da seleção de uma rede Wi-Fi congestionada.

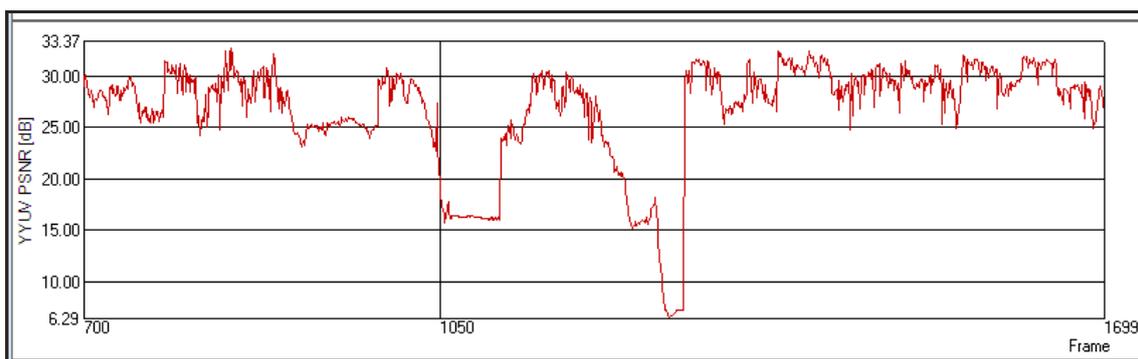


Figura 2. Gráfico com PSNR do vídeo sem o uso do Mecanismo de Seleção

Nesse mesmo cenário, mas com o uso do mecanismo de seleção, o nó móvel não realiza mudança para a rede detectada, pois consulta o servidor *MIIS* e verifica que a rede Wi-Fi possui PSNR abaixo de 26 dB. O nó móvel não seleciona a rede Wi-Fi que está sobrecarregada. Com permanência do nó na rede WiMAX, a média de PSNR corresponde a 29.4 dB considerado “BOM” e desvio padrão de 2.59. Os quadros avaliados são apresentados na Figura 3.

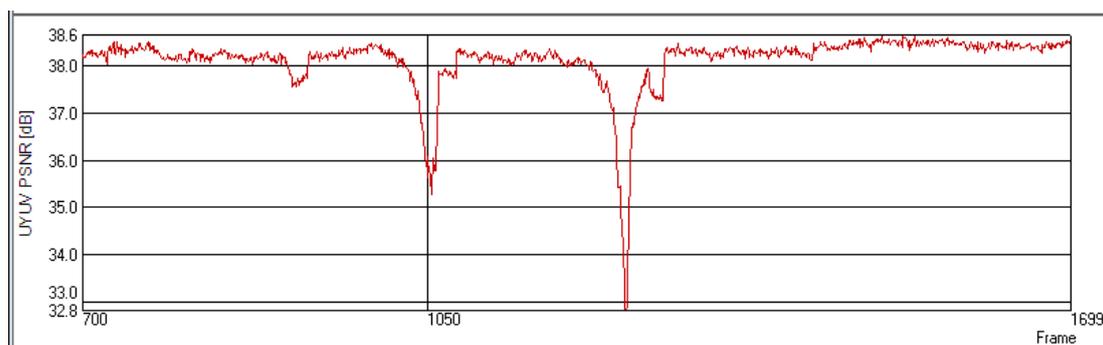


Figura 3. Gráfico com PSNR do vídeo com o uso do Mecanismo de Seleção

Os quadros do vídeo com o mecanismo proposto permanecem com PSNR acima de 37 dB, equivalente a *MOS* igual a 4, considerado “ÓTIMO” nas sequências de 700-1040, 1062-1235 e 1263-1699.

Para melhor visualização dos resultados, a Figura 4 (a) apresenta o quadro que corresponde ao vídeo do *MN* que realizou *handover* para a rede Wi-Fi baseado em *RSS*. No quadro 1050 possui PSNR igual a 17 dB. A imagem ilustra o impacto na qualidade do vídeo como percebido pelo usuário. A Figura 4 (b) apresenta o mesmo quadro, com o uso da proposta. O valor do PSNR do quadro aumenta para 37 dB.



(a) - Sem Mecanismo de Seleção



(b) - Com Mecanismo de Seleção

Figura 4. Comparando o quadro 1050 dos vídeos

A Figura 5 apresenta o quadro do vídeo quando a condição da rede atual (WiMAX) não oferece o requisito mínimo de *MOS* 3 para a satisfação do usuário. A permanência na rede acarreta prejuízos à qualidade do vídeo, como ilustrado na Figura 5 (a) em que o quadro 1050 possui PSNR igual a 15 dB, classificado como “RUIM”. Com o uso do mecanismo, o *MN* verifica a existência da rede Wi-Fi candidata com o PSNR acima de 26 dB e também que está com menos carga de tráfego que a rede atual. A tomada de decisão de *handover* para a rede candidata é baseada na QoE. É possível observar na Figura 5 (b) que o quadro possui PSNR igual a 34 dB e obteve ganho de qualidade ao migrar para uma rede menos disputada.



(a) - Permanece na Rede Atual (WiMax)



(b) - Decisão de HO para Wi-Fi Baseado em QoE

Figura 5. Comparando o quadro 1050 dos vídeos

A Figura 6 apresenta a média da vazão quando a decisão ocorre: Baseada em QoE – WiMax, quando o *MN* permanece na rede atual porque a rede candidata não oferece condições ideais para *handover*; Baseada em QoE – HO (*Handover*) Wi-Fi quando a rede candidata é a menos disputada que a atual; Baseada no *RSS* quando o ponto de acesso selecionado é o mais próximo do *MN*.

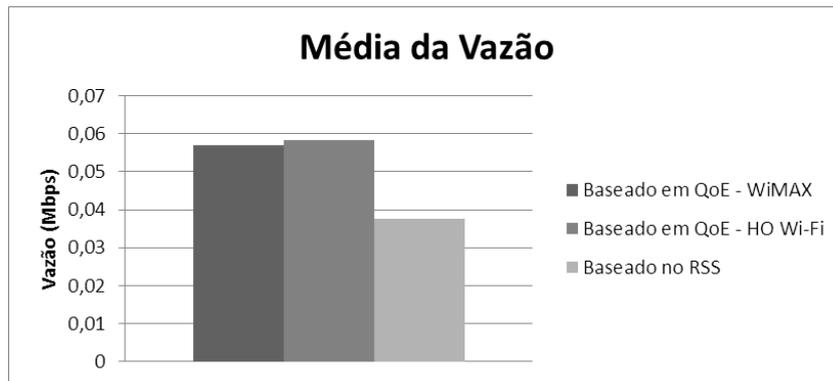


Figura 6. Média da Vazão

Nas simulações com a utilização da proposta em que o *handover* não foi realizado, a média da vazão para o usuário com velocidade de 10 m/s foi de 0.057 Mbps, equivalentes a 584 Kbps. Nas simulações com decisão baseada em RSS, a média da vazão foi de 0.037 Mbps, que equivale a 379 Kbps, ou seja, os usuários que não utilizaram o mecanismo de seleção proposto obtiveram diminuição na vazão de 35%, pois selecionaram redes com largura de banda insuficiente. Aqueles que usufruíram da seleção baseada em QoE continuaram na rede WiMAX mantendo a qualidade do vídeo. A média da vazão com a decisão baseada em QoE com HO para a rede candidata Wi-Fi foi de 0.058 Mbps, equivalente a 593 Kbps.

Avaliando os resultados da simulação também é possível constatar que, sem a utilização da proposta, a decisão de *handover* pode acarretar uma taxa elevada de perda de pacote. A Figura 7 apresenta a porcentagem de perda de pacote e a média de PSNR.

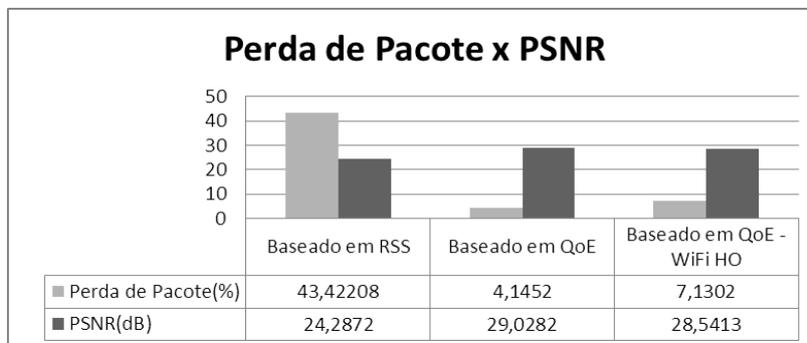


Figura 7. Gráfico dos Valores de Perda de Pacote e Média de PSNR

É possível observar na Figura 7 que a perda de pacote sem a utilização do mecanismo possui o percentual de aproximadamente 43% e a média de PSNR equivale a 24.3 dB quando a rede está sobrecarregada. Quando a rede candidata é considerada ideal, o *handover* foi executado pelo mecanismo, a média de PSNR foi de 28.54 dB e o percentual de perda de aproximadamente 7%. Quando a rede candidata está sobrecarregada o MN permanece na rede atual, o que resulta em menor dano ao vídeo. Como observado no gráfico, a perda de pacotes é de aproximadamente 4% e o PSNR corresponde a 29.02 dB.

A Figura 8 ilustra o valor da média do PSNR para as 50 simulações realizadas com o uso do mecanismo de seleção e considerando o RSS (sem mecanismo) com o nó móvel deslocando-se a 10 m/s.

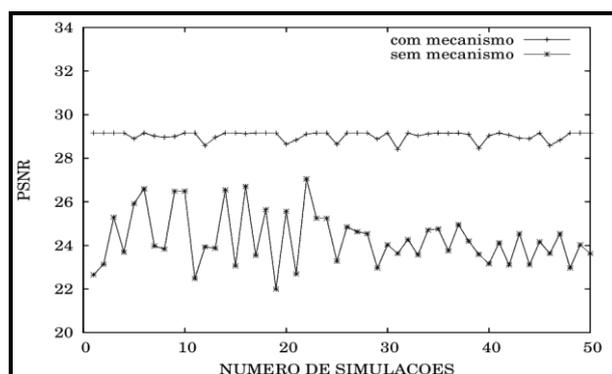


Figura 8. PSNR com Nó Móvel em movimento a 10 m/s

Com o mecanismo proposto, é possível constatar no gráfico ilustrado na Figura 8 que a média dos valores de PSNR de 50 simulações é de 29.02 dB. Dessa forma, conclui-se que o mecanismo de seleção contribui para melhoria de 15% na qualidade do vídeo, considerando a percepção do usuário final. Sem o mecanismo proposto a média do PSNR corresponde a 24.3 dB.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou a proposta do mecanismo de seleção de redes baseado na percepção visual do usuário em relação à qualidade do vídeo assistido em redes heterogêneas. Assim, baseado na qualidade de experiência (QoE), é tomada a decisão de *handover* considerando a carga de tráfego da rede candidata medida através da métrica PSNR e armazenado no servidor *MIIS*.

Os resultados demonstram que o mecanismo é eficaz por evitar o *handover* para pontos de acessos com em excesso de carga que pode deteriorar a qualidade do vídeo. O uso da proposta reflete no aumento de 15% na qualidade no vídeo quando o usuário se desloca a 10 m/s.

7. Referência

- [1] Vanni, R. (2009) “Integração de serviços em ambientes heterogêneos: uso de semântica para comunicação entre entidades em mudanças de contexto”. Tese apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e Computação da USP. USP-São Carlos.
- [2] Yoo, S., Cypher, D. and Golmie, N. (2007) “Timely Effective Handover Mechanism in Heterogeneous Wireless Networks”.
- [3] Kim, M., Moon, T., and Cho, S. (2009) “A Study on IEEE 802.21 MIH Frameworks in Heterogeneous Wireless Networks”. *Wireless Networks*: 242-246. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04809943>>.
- [4] Piamrat, K., Ksentini, A., Viho, C. and Bonnin, J. (2008) “QoE-based Network Selection for Multimedia Users in IEEE 802.11 Wireless Networks,” *Wireless Networks*, pp. 388-394.

- [5] Piamrat, K., Ksentini, A., Viho, C., Bonnin, J. (2011) “QoE-aware Vertical Handover in Wireless Heterogeneous Networks” *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pp. 95-100.
- [6] Cisco. (2009) “Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2008–2013,” White Paper, July 2009; Disponível em: < <http://www.cisco.com>>.
- [7] Chih-Heng, K., Cheng-Han, L. and Ce-Kuen, S. (2008) “An Advanced Simulation Tool-set for Video Transmission Performance Evaluation”. The IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1190455.1190464>>.
- [8] ITU-T Recommendations P.910 P.920 P.930. (1996) “Subjective video quality assessment methods for multimedia applications, interactive test methods for audiovisual communications, principles of a reference impairment system for video”.
- [9] Rubino, G., Cancela, H. and Rodriguez. (2007) “P.Perceptual quality in P2P multi-source video streaming policies”. Global Communications Conference, pp. 2780-2785
- [10] Khan, A., Sun, L. and Ifeachor, E. (2009) Impact of Video Content on Video Quality for Video over Wireless Networks. Fifth International Conference on Autonomic and Autonomous Systems: 277-282. doi:10.1109/ICAS.2009.23. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4976616>.
- [11] Chikkerur, S. ; Sundaram, V. ; Reisslein, M. ; Karam, L.J. (2011) Objective Video Quality Assessment Methods: A Classification, Review, and Performance Comparison. 2011. Sch. of Electr., Comput., & Energy Eng., Arizona State Univ., Tempe, AZ, USA.
- [12] Albin, F. (2009) “Geração e Avaliação de Artefatos em Vídeo Digital”. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, PR, Brasil.
- [13] Nishikawa, K., Munadi, K. and Kiya, H. (2008) “No-Reference PSNR Estimation for Quality Monitoring of Motion JPEG2000 Video Over Lossy Packet Networks”. IEEE Transactions on Multimedia 10, no. 4 (June): 637-645. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4523963>.
- [14] Pawar, P. Beijnun, B., Wac, K., Hermens H. and Honstantas, K. (2009) “Towards Location Based QoS-Aware Network Selection Mechanism for the Nomadic Mobile Services”. Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2009.
- [15] Mitra. S. Optimal Network Selection Algorithm for Heterogeneous Wireless Networks. 2010 Department of Computer Science and Technology, Bengal Engineering and Science University, Shibpur, India, Engineering and Science, pp. 86-91
- [16] Klaue, J. (2003) Disponível em: <http://www.tkn.tu-berlin.de/research/evalvid/fw.html>.
- [17] YUV CIF, 2011 Disponível em: <http://www.tkn.tu-berlin.de/research/evalvid/cif.html>.