

Gerenciamento de Recursos no Processo de *Handoff* em Redes Sem Fio Definidas por *Software* *

Raphael B. Paiva¹, André M. P. Bahia¹, Airton N. Ishimori¹, Billy A. Pinheiro¹,
Fernando N. Farias¹, Antônio J. G. Abelém¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Naturais – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Caixa Postal 479 – 66075-110 – Belém – PA – Brasil

{rbpaiva, andrebahia, airton, billy, fernnf, abelem}@ufpa.br

Abstract. *Managing the Quality of Service (QoS) in wireless environments is not an easy task, mostly in high-mobility scenarios. In order to supply dynamic assurance of QoS in Software-Defined Wireless Networks (SDWN), while handoff occurrences, this paper proposes a new algorithm to a new application named HandoffSDN, which has been under development and it is based on QoS-Flow framework to identify handoff processes, both allocates and deallocates resources, in a hidden way to the users.*

Resumo. *Gerenciar a qualidade de serviço (Quality of Service - QoS) em ambientes sem fio não é uma tarefa trivial, principalmente em cenários de alta mobilidade. A fim de prover garantia dinâmica de QoS em redes sem fio definidas por software (Software-Defined Wireless Networks - SDWN) durante ocorrências de handoff, este artigo propõe um novo algoritmo de uma aplicação, chamada de HandoffSDN, a qual está sendo desenvolvida a partir do arcabouço QoSFlow para identificar processos de handoff, alocar, realocar e desalocar recursos, de forma transparente ao usuário da rede.*

1. Introdução

Nos últimos anos, um novo paradigma de redes conhecido como Rede Definida por *Software* (*Software-Defined Networks* - SDN) tem emergido e atraído a atenção dos pesquisadores e da indústria. Ela torna possível a separação clara entre o plano de dados e o plano de controle da rede, sendo este último realizado por um componente externo ao *switch*, conhecido como controlador [ONF 2012]. Nesse contexto, atualmente o protocolo *OpenFlow* [McKeown et al. 2008] é o principal representante desse novo paradigma.

O paradigma SDN tem sido mais aplicado em redes cabeadas do que em redes sem fio, no entanto alguns trabalhos procuram abordar SDN no contexto de redes sem fio. No trabalho de [Costanzo et al. 2012] é analisado como a abordagem SDN pode trazer vantagens e oportunidades para área de rede sem fio pessoal (*Wireless Personal Area Network* - WPAN). Em [Dely et al. 2011] é proposto uma arquitetura que integra *OpenFlow* com redes em malha sem fio (*Wireless Mesh Networks* - WMN), fornecendo capacidade de roteamento e encaminhamento de fluxos.

A fim de melhorar o desempenho do encaminhamento de fluxos no *framework OpenRoads*, o trabalho de [Lin et al. 2012] propôs uma integração das tecnologias MPLS

*Agradecimento: Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

e *OpenFlow* no cenário de redes sem fio. Em [Yap et al. 2011], o *OpenFlow* foi utilizado para prover mecanismos de autenticação, autorização e contabilidade em uma rede sem fio para visitantes.

Embora os trabalhos apresentados nos dois parágrafos anteriores tenham escopo no contexto de SDN/*OpenFlow* e redes sem fio, nenhum deles aborda a problemática de garantia de QoS dinâmica durante ocorrências de *handoff* em redes sem fio definidas por *software* (*Software-Defined Wireless Networks* - SDWN), ou seja, não tratam do gerenciamento de recursos neste tipo de rede.

Portanto, para tratar o problema de garantia de QoS dinâmico durante o processo de *handoff* em SDWN, este artigo apresenta um novo algoritmo de uma aplicação, chamada de HandoffSDN, a qual está sendo desenvolvida a partir das APIs de QoS do *framework* QoSFlow [Ishimori et al. 2012] para ser executada no controlador *Floodlight*¹. Esta aplicação é responsável pela identificação do processo de *handoff* e gerenciamento dos recursos durante o processo, de forma transparente ao usuário, ou seja, os processos de alocação, realocação e desalocação de recursos são acionados a fim de garantir a progressão da aplicação requisitada pelo usuário da rede. Para alcançar este objetivo, o protocolo DHCP tem papel fundamental, já que a aplicação HandoffSDN monitora as mensagens do tipo DHCPREQUEST para identificar possíveis ocorrências de *handoff*.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta a ideia geral da proposta e o algoritmo proposto. A Seção 3 apresenta a arquitetura da aplicação HandoffSDN e, por fim, a Seção 4 disserta sobre as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros.

2. Algoritmo para Gerenciamento de Recursos no Processo de *Handoff*

Esta seção apresenta a ideia geral da aplicação HandoffSDN e o algoritmo proposto para garantir o gerenciamento transparente de QoS em SDWN quando ocorre *handoff*.

2.1. HandoffSDN

Garantir a qualidade de serviço em ambiente sem fio é uma tarefa difícil, principalmente em cenários de alta mobilidade de usuários. Assim, a aplicação HandoffSDN visa garantir que os recursos alocados em um ponto de acesso (*Access Point* - AP) sejam realocados, de forma dinâmica, para outro ponto de acesso quando ocorrer *handoff*. A Figura 1 apresenta um simples cenário para melhor explicitar o objetivo da proposta.

Tal cenário possui *backbone* infraestruturado e é composto por dois roteadores sem fio rodando *OpenWrt*² e habilitados com *OpenFlow*, sendo que cada um deles executa uma instância modificada do *datapath* tradicional do *OpenFlow*, chamada de *datapath QoSFlow*, o qual implementa mecanismos para alocação de QoS, como por exemplo, alocação de largura de banda, priorização de fluxos de dados e configuração de disciplinas de filas.

Os demais componentes deste cenário são: um *switch QoSFlow* para realizar o encaminhamento dos fluxos de dados, o controlador *Floodlight* e dois clientes da rede sem fio (João e Maria). A aplicação responsável pelo gerenciamento dinâmico da qualidade

¹<http://floodlight.openflowhub.org/>

²<https://www.openwrt.org/>

de serviço é executada no controlador *Floodlight* e está sendo desenvolvida a partir das APIs de QoS do QoSFlow.

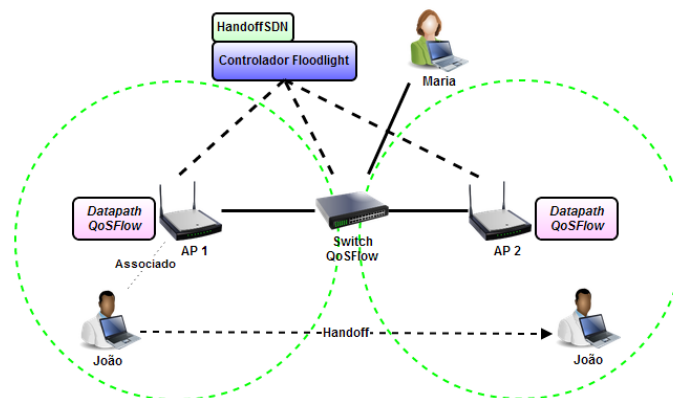


Figura 1. Cenário de Ocorrência de *Handoff* em SDN

Do ponto de vista da aplicação *HandoffSDN*, não há necessidade de tratar todos os tipos de mensagens DHCP que são geradas em uma rede sem fio, sendo tratadas apenas mensagens DHCP que tenham escopo no processo de *handoff*, isto é, mensagens do tipo DHCPREQUEST. Este artigo abstrai o processo de roteamento dos pacotes, o qual é executado em paralelo por uma aplicação já integrada ao controlador.

Desta forma, partindo dos pressupostos que o usuário João está inicialmente associado ao AP 1, que dispõe de alocação de QoS (1MB de largura de banda), a qual está sendo usada para trafegar fluxo multimídia (*streaming* de vídeo) para a cliente Maria e que ele está se movimentando em direção ao AP 2. A aplicação *HandoffSDN* identifica o processo de *handoff* por meio das mensagens DHCPREQUEST, do endereço MAC do usuário e da última identificação *datapath_id* associada ao cliente, para então realocar os recursos (mesmos parâmetros de QoS) para o novo caminho lógico, além de desalocar os recursos que estavam alocados anteriormente no AP 1. Estes passos garantem que o usuário, mesmo realizando *handoff*, continue com os mesmos parâmetros de QoS ao se associar ao AP 2.

2.2. Algoritmo Proposto

O Algoritmo 1 apresenta o passo a passo para garantir o gerenciamento dinâmico de QoS em SDN. Os primeiros passos executados pelo algoritmo são identificar as mensagens do tipo DHCPREQUEST e fazer uma verificação do endereço físico do cliente (linhas 2 e 3 do algoritmo). A verificação do endereço MAC da interface de rede sem fio é necessária para identificar individualmente cada cliente da rede.

A aplicação *HandoffSDN* pode oferecer ou negar serviço. Para oferta de serviço, a aplicação verifica se há recurso disponível na rede (linha 4 do algoritmo), caso contrário, o serviço é negado ao cliente móvel (linha 21 do algoritmo), seguindo um Controle de Admissão de Conexão (CAC). Se existir recurso, os devidos passos são executados, conforme descrito no algoritmo e nos próximos parágrafos que seguem abaixo.

Caso o endereço MAC não conste na base de dados, a aplicação *HandoffSDN* deduz que se trata de um novo cliente. Portanto, tal aplicação deve cadastrar o endereço

MAC do cliente, alocar recurso de acordo com a política de QoS definida na base de dados e salvar a identificação *datapath_id* do AP ao qual o cliente se associou (linha 5 até linha 8 do algoritmo).

Algoritmo 1 : Gerenciamento de QoS em Redes sem Fio Definidas por *Software*

```

1: função HANDOFFSDN( )
2: Identifica Mensagem DHCPREQUEST
3: Verifica Endereço MAC do Cliente
4:   se Há Recurso Disponível na Rede então
5:     se MAC Não Existe na Base de Dados então // Novo Cliente
6:       Cadastra MAC na Base de Dados
7:       Aloca Recurso Definida na Política de QoS da Base de Dados
8:       Salva Identificação do AP Associado ao Cliente
9:     senão // Possibilidade de Ocorrência de Handoff
10:      Identifica AP Associado Atualmente ao Cliente
11:     se AP Atual Associado ao Cliente  $\neq$  Último AP Associado então
12:       Identifica Política de QoS Atribuída ao Cliente na Base de Dados
13:       Aloca Recurso da Política de QoS Identificada no Novo AP
14:       Atualiza Identificação do AP Associado na Base de Dados
15:       Desaloca QoS do AP Antigo
16:     senão // Cliente se Associa no Mesmo AP
17:       Permanece Mesma Política de QoS Identificada no Mesmo AP
18:     fim se
19:   fim se
20:   senão
21:     Nega Serviço
22:   fim se
23: fim função

```

A base de dados a qual o algoritmo se refere é externa ao controlador da rede e armazena quatro informações: endereço MAC dos clientes, última identificação *datapath_id* do AP que o cliente se associou, políticas alocadas para cada cliente e endereço IP, sendo este último importante para a permanência do mesmo endereço lógico quando ocorrer *handoff*. Tais informações têm um determinado tempo de validade, o qual é definido pelo administrador da rede.

Caso o endereço MAC do cliente já esteja na base de dados, a aplicação HandoffSDN deduz que o mesmo já fez parte da rede, logo pode esta realizando *handoff*. Todavia, é necessário identificar qual o atual *datapath_id* do AP associado ao cliente e consultar a base de dados para verificar qual foi o último AP ao qual ele se associou. Se os valores de *datapath_id* (referentes ao AP atual e ao último AP que o cliente havia se associado) sejam diferentes, então de fato ocorreu *handoff* (linhas 10 e 11 do algoritmo). Desta forma, é necessário identificar na base de dados a política de QoS alocada para garanti-la no AP atual, além de atualizar a identificação *datapath_id* na base de dados e, por fim, desalocar o recurso do antigo AP a fim de evitar desperdício de recursos (linha 12 até linha 15 do algoritmo).

A Figura 2 apresenta a modelagem das atividades que ocorrem quando um cliente

móvel realiza *handoff*. Nele estão representadas cinco entidades participantes, uma em cada coluna, com suas respectivas atividades e interações, sem levar em consideração o fator temporal de execução das atividades por este não ser o propósito deste tipo de diagrama da UML.

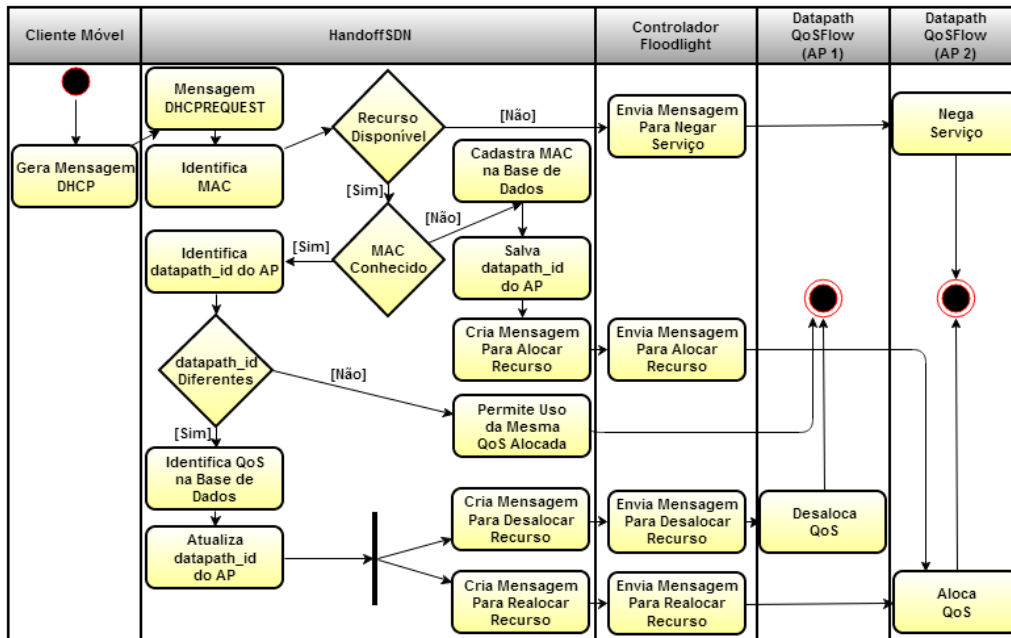


Figura 2. Diagrama de Atividades do Algoritmo

3. Arquitetura da Proposta

A Figura 3 apresenta a arquitetura geral da proposta, baseada no *Framework QoSFlow*. Ela é modular, dividida em três planos: plano administrativo, plano de controle e plano de dados. No primeiro plano está definida a atuação do administrador da rede, responsável pela criação das políticas de QoS e armazenamento delas na base de dados. Ele também é o responsável pela alteração de tais políticas e pela definição do tempo de validade das mesmas.

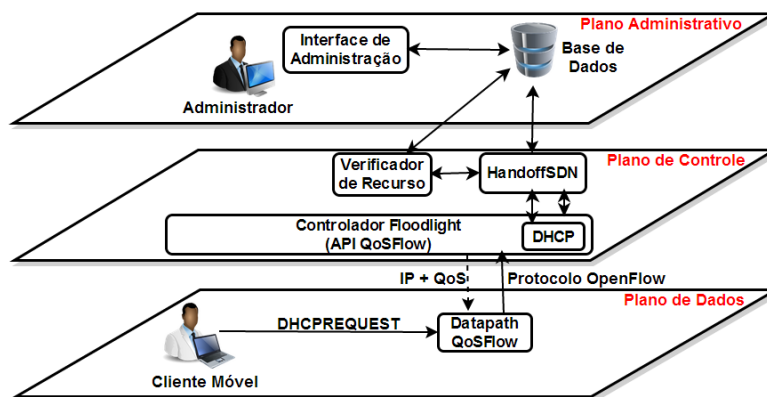


Figura 3. Arquitetura da Proposta

O plano de controle engloba três componentes: módulo verificador de recursos, módulo *HandoffSDN* e controlador *Floodlight*. O primeiro é responsável pela verificação

de disponibilidade de recursos, feita a partir da identificação da quantidade de clientes associados a um AP e das políticas de QoS alocadas nele. Este módulo realiza consultas na base de dados e interage com a aplicação HandoffSDN. O módulo HandoffSDN é o agente responsável pela identificação de ocorrências de *handoffs* e pelos processos de alocação, realocação e desalocação de recursos, de forma transparente ao usuário. O controlador *Floodlight* engloba o servidor DHCP da rede, além de ser o agente intermediador entre os usuários da rede e a aplicação HandoffSDN.

O plano de dados inclui o datapath QoSFlow, responsável por executar as regras de QoS e responder requisições do tipo DHCPREQUEST dos clientes da rede, sendo que estas informações advêm do plano de controle.

4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

A aplicação HandoffSDN encontra-se em estágio de desenvolvimento. Ela provê QoS de forma transparente durante ocorrências de *handoff* em SDWN, permitindo a realocação de recursos. Entretanto, é importante ressaltar que a proposta não abrange cenários referentes à ocorrência de *handoffs* verticais.

Como trabalhos futuros pretende-se integrar à aplicação HandoffSDN a capacidade para trabalhar com predição de mobilidade, a fim de que ela seja capaz de realocar os recursos antes mesmo da concretização do processo de *handoff*. Além disso, também é pretendido gerar um protótipo da aplicação HandoffSDN para testes em ambientes *mesh*.

Referências

- Costanzo, S., Galluccio, L., Morabito, G., and Palazzo, S. (2012). Software Defined Wireless Networks: Unbridling SDNs. In *European Workshop on Software Defined Networking (EWSN)*, pages 1–6. IEEE.
- Dely, P., Kassler, A., and Bayer, N. (2011). Openflow for Wireless Mesh Networks. In *20th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, pages 1–6. IEEE.
- Ishimori, A., Salvatti, J., Farias, F., Gaspar, L., Granville, L., Cerqueira, E., and Abelém, A. (2012). Qosflow: Gerenciamento Automático da Qualidade de Serviço em Infraestruturas de Experimentação Baseadas em Framework OpenFlow. *XXX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2012)*, pages 24–29.
- Lin, H., Sun, L., Fan, Y., and Guo, S. (2012). Apply Embedded Openflow MPLS Technology on Wireless Openflow-OpenRoads. In *2nd International Conference on Consumer Electronics Communications and Networks (CECNet)*, pages 916–919. IEEE.
- McKeown, N., Anderson, T., Balakrishnan, H., Parulkar, G., Peterson, L., Rexford, J., Shenker, S., and Turner, J. (2008). OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 38(2):69–74.
- ONF (2012). Open Network Foundation. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks.
- Yap, K.-K., Yiakoumis, Y., Kobayashi, M., Katti, S., Parulkar, G., and McKeown, N. (2011). Separating Authentication, Access and Accounting: A Case Study with OpenWiFi. Technical report, OpenFlow.