

Arquitetura baseada em SDN para Gerenciamento de Mobilidade Distribuído em Redes IP Móveis Heterogêneas

Rodrygo T. Córdova¹, Paulo R. L. Gondim¹

¹Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UNB)
Brasília – DF – Brazil

rodrygo.cordova@rnp.br, pgondim@unb.br

Abstract. *Mobility management applied in the traditional architecture of the Internet has become a great challenge due to the exponential growth in the number of devices that can connect to network and also because of the traditional routing based on the destination address field of the IP header. In this article we propose a network architecture based on Software Defined Networking, which not only allows to get the intrinsic benefits of SDN, but also deals in a simplified and efficient way to the distributed mode of mobility management in heterogeneous access networks, ensuring mainly the continuity of IP session as the user shifts between networks.*

Resumo. *O gerenciamento de mobilidade aplicado na arquitetura tradicional da Internet tornou-se um grande desafio devido ao crescimento exponencial do número de dispositivos que podem se conectar à rede e do roteamento tradicional baseado no endereço de destino do cabeçalho IP. Neste artigo propomos uma abordagem baseada em redes definidas por software, apresentando uma arquitetura de rede que não somente permite obter os benefícios intrínsecos do SDN, mas também lidar de forma simplificada e eficiente com o gerenciamento de mobilidade de modo distribuído em redes de acesso heterogêneas, garantindo principalmente a continuidade de sessão IP durante o deslocamento do usuário entre as redes.*

1. Introdução

A oferta de serviços por operadoras de redes de comunicações móveis tende a envolver soluções completamente baseadas no protocolo IP, seja para o serviço de voz, seja para o serviço de dados [Karimzadeh, 2014]. Por outro lado, sessões de comunicação precisam ter continuidade nessas redes, tornando o gerenciamento de mobilidade IP um fator de enorme importância para as redes de comunicação [Bernardos, 2014].

Atualmente, os padrões de gerenciamento de mobilidade IP do IETF e do 3GPP são dependentes de unidades centrais, que gerenciam os tráfegos de controle e de dados; elaborados de acordo com o roteamento tradicional de pacotes IP, apresentam problemas como roteamento sub-otimizado, baixa escalabilidade, sobrecarga de processamento dos ativos de transporte no plano de dados e pouca granularidade no serviço de gerenciamento de mobilidade. Adicionalmente, a utilização de redes de acesso heterogêneas (HetNets) impõe dificuldades adicionais a esse gerenciamento.

Este artigo apresenta uma proposta de arquitetura utilizando o paradigma SDN com o protocolo *Open Flow* para DMM (do inglês, *Distributed Mobility Management*) em um ambiente de redes heterogêneas para lidar com os desafios de gerenciamento de mobilidade IP citados.

2. Arquitetura SDN para o Gerenciamento Distribuído de Mobilidade IP

A figura 01 apresenta uma arquitetura SDN básica de referência para o entendimento da proposta, composta por um controlador ONOS (C1), que pode ser implementado em modo cluster hierárquico distribuído, *switches* open-flow, um serviço de mídia na Internet (MD), uma rede de backbone de transporte e redes de acesso heterogêneas. O cenário analisado envolve a mobilidade realizada pelo host H1, movimentando-se a partir da rede de acesso A (3G-UMTS) para a rede de acesso B (4G-LTE), enquanto mantém suas comunicações ativas com o Media Server e com o host H2.

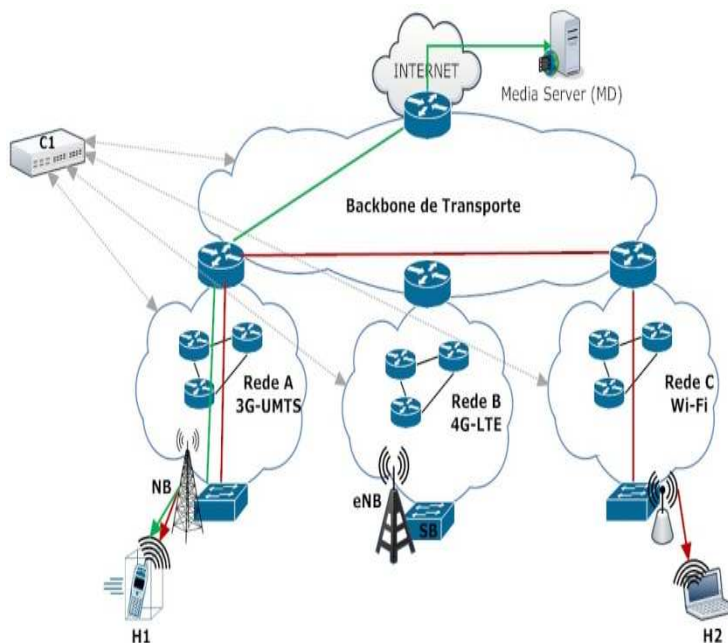


Figura 1. Comunicação do nó móvel H1 na arquitetura SDN

Para manter a continuidade das sessões, o nó móvel H1 mantém o seu endereço IP quando realiza o processo de *handover* da rede A para a rede B. Devido à sua nova localização e à utilização de um endereço IP diferente do escopo de endereçamento de rede atribuído ao seu novo ponto de conexão, a rede B, é necessário que os pacotes destinados ao endereço IP do nó móvel H1 possam ser corretamente encaminhados pela infraestrutura de rede até a sua nova posição.

De modo a prover um uso mais eficiente da infraestrutura disponível e evitar sobrecargas, como técnicas de registro ou de encapsulamento do pacote, a solução utiliza uma abstração modificada da camada *Northbound* chamada de *mobility_intent*, readequando o plano de dados da rede para que a infraestrutura realize o encaminhamento dos pacotes destinados ao nó móvel em mobilidade baseado no fluxo IP bidirecional e não no roteamento tradicional de pacotes pelo endereço IP de destino. O controlador, de posse do conhecimento da topologia física, escolhe o melhor caminho para redefinir os canais de comunicação através do envio de regras de controle de baixo nível *Open Flow* pela interface *Southbound* para os ativos envolvidos, adequando as suas tabelas de encaminhamento para permitir o fluxo IP bidirecional para o nó móvel em mobilidade. A figura 2 ilustra as principais etapas realizadas no processo de gerência de mobilidade.

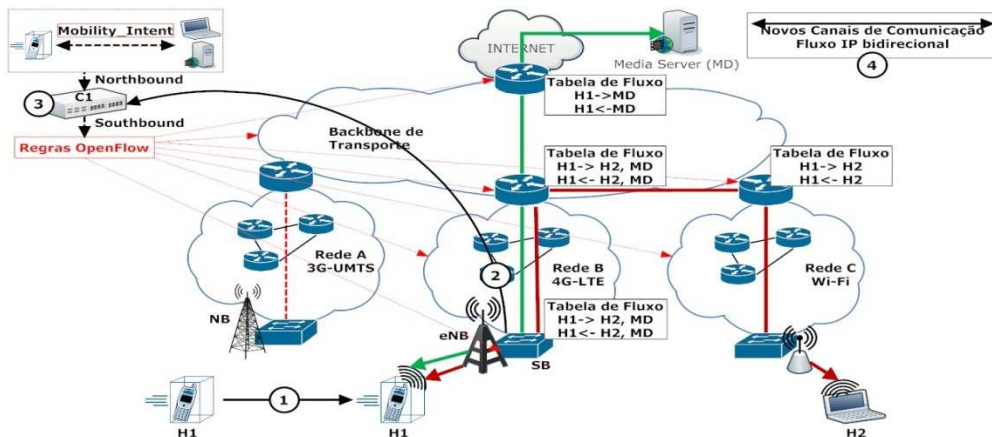


Figura 2. Handover e reestabelecimento do canal de comunicação

Em (1) o nó móvel H1 realiza o *handover* da NB para eNB, mantendo o seu IP de origem; em (2) o switch SB identifica a presença deste nó com um IP de rede diferente do seu escopo e informa o evento ao controlador; em (3) o controlador verifica que ocorreu uma mudança de topologia na mobilidade do nó móvel H1, então recalcula um novo caminho para readequar o canal de comunicação, enviando novas regras *Open Flow* e em (4) os novos fluxos IPs bidirecionais são estabelecidos na rede, permitindo que os pacotes destinados ao nó móvel H1 sejam corretamente encaminhados a ele baseado no fluxo IP e não no roteamento tradicional IP, não afetando o roteamento geral e as demais comunicações em curso na rede.

3. Resultados obtidos e trabalhos em andamento

Os gráficos apresentados a seguir ilustram os resultados obtidos na comparação analítica relativa ao custo de entrega de pacote (apresentada em [Giust, 2014]) entre a solução proposta SDN-DMM e duas outras soluções, a solução centralizada PMIPv6, padrão do IETF e a proposta DMM baseada no PMIPv6 [Giust, 2014].

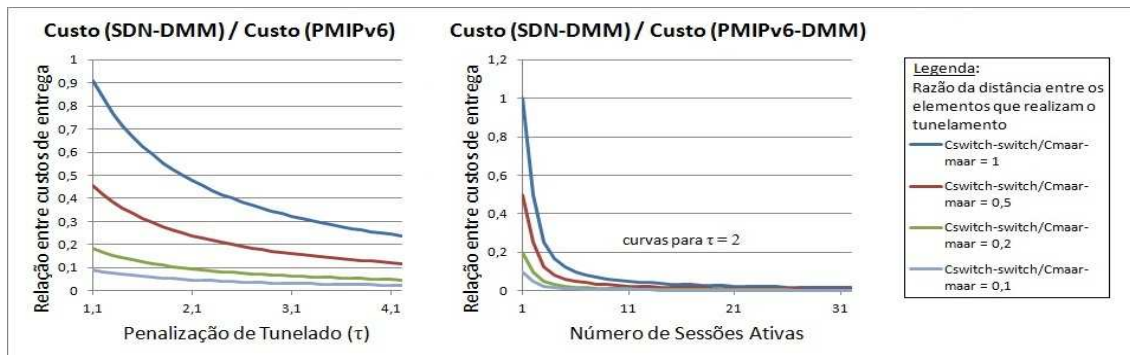


Figura 3. Relação de Custos de Entrega de Pacote

A proposta SDN-DMM apresenta um custo de entrega de pacote inferior às demais soluções. Na figura 3 o gráfico à esquerda compara a proposta com a solução centralizada PMIPv6, apresentando um custo inicial inferior e a redução deste na medida em que aumenta a penalização da entrega de pacotes com processo e transporte de tráfego tunelado (τ), que é utilizado no PMIPv6, e à medida em que aumenta a distância entre os elementos que realizam este tunelamento. Este resultado é devido à proposta SDN-DMM não precisar realizar processos de tunelamento do tráfego destinado ao nó móvel. Na mesma figura, observa-se no gráfico à direita, que a proposta

SDN-DMM apresenta uma redução significativa do custo também em relação à solução PMIPv6-DMM, com o aumento do número de sessões ativas e da distância entre os elementos que realizam o tunelamento. Neste caso, o ganho acentuado é devido à proposta SDN-DMM realizar o transporte de pacotes de modo distribuído sem utilizar processos de tunelamento e empregar o conceito de “âncora de mobilidade”, que criaria um ponto central para determinado tráfego, permitindo assim que a infraestrutura possa realizar a entrega otimizada sem tunelamento, que representa um ganho significativo.

A tabela 1 apresenta comparação entre soluções publicadas e a solução proposta.

Tabela 1. Comparação entre as soluções existentes e a proposta SDN-DMM.

Solução:	PMIPv6 [RFC 5213]	PMIPv6-DMM [Giust, 2014]	SDN-DMM
Roteamento	É sub-otimizado: tráfego passa sempre por ponto central (LMA)	É sub-otimizado: o tráfego passa por ponto central (A-MAAR)	É otimizado: sempre é definido o melhor caminho para o fluxo IP
Desempenho	Baixo custo de sinalização com sobrecarga de processos nos ativos (<i>cache e binding</i>) envolvidos e para entrega de pacotes	Relativo custo de sinalização com sobrecarga de processos nos ativos envolvidos (<i>cache e binding</i>) e para entrega de pacotes via A-MAAR	Relativo custo de sinalização, sem sobrecarga de processo e com transporte otimizado
Requisitos para os hosts finais	Não requer modificação	Requer que o host final suporte múltiplos endereçamento IP na interface de conexão	Não requer modificação
Complexidade e Arquitetura	Baseado na rede e de forma centralizada	Baseado na rede e de forma distribuída	Baseado na rede e de forma distribuída
Escalabilidade	Não escalável para o crescimento do número de usuários em mobilidade	Escalável	Escalável (implementação em cluster)

Trabalhos em andamento envolvem verificar o custo associado à perda de pacotes e ao possível aumento do custo de sinalização, além de lidar com o desafio nas relações de mobilidade entre diferentes sistemas autônomos. Outros focos incluem *data offloading* e balanceamento de carga em redes heterogêneas.

Referências

- Giust F., Bernardos C., Oliva A. (2014). Analytic Evaluation and Experimental Validation of a Network-Based IPv6 Distributed Mobility Management Solution. *In IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 13, no. 11, November 2014.
- Karimzadeh M., Valtulina L., Karagiannis G. (2014). Applying SDN/OpenFlow in virtualized LTE to support Distributed Mobility Management (DMM). *In Proceedings of the 4th International Conference on Cloud Computing and Services Science*, Barcelona, Spain, pp. 639-644.
- Bernardos C., Oliva A., Serrano P., et al. (2014). An Architecture for Software Defined Wireless Networking. *In IEEE Wireless Communications*, vol. 21, no.3, pag 52-61.
- OnLab Whitepaper (2014). Introducing ONOS - a SDN network operating system for Service Providers. <http://onosproject.org/wp-content/uploads/2014/11/Whitepaper-ONOS-final.pdf> [accessed 12-Nov-2015].