

R^2I – Redes Reconfiguráveis Inteligentes Empregando Redes e Rádios Definidos por Software

Daniel Fernandes Macedo¹

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte – Minas Gerais - Brasil

damacedo@dcc.ufmg.br

Resumo. *Este artigo propõe redes reconfiguráveis inteligentes (R^2I), que são uma aplicação das redes definidas por software, os rádios definidos por software e a computação autônoma. As R^2I são redes adaptáveis e inteligentes e cientes do contexto, que possuem um grau de adaptação maior que as redes tradicionais devido ao uso de hardware programável. Apresentamos a arquitetura das R^2I , um exemplo dos seus benefícios e alguns dos desafios de pesquisa.*

Abstract. *This paper proposes Intelligent Reconfigurable Networks (IRN), which are an application of software-defined networks, software-defined radios and autonomic computing. IRNs are adaptable, intelligent and context-aware, and allow a much higher degree of adaptation than traditional networks, due to the use of programmable hardware. We present the network architecture, an example that highlights the benefits of IRNs, as well as the research challenges.*

1. Introdução

As redes de computadores, em geral, empregam hardware de propósito específico. Estes equipamentos são implementados em IC, tendo em vista um baixo consumo de energia e alto desempenho. Como consequência, as redes operam como um sistema de repasse de pacotes ou fluxos de dados genéricos. Assim, vemos que mecanismos baseados nas características das aplicações, como a alteração de dados, filtragem de informações, não ocorrem nas redes tradicionais. Além disso, notamos uma ossificação dos protocolos de comunicação, principalmente das camadas inferiores, devido ao alto custo e complexidade da troca de circuitos e placas. Com a evolução da capacidade computacional, atualmente é possível realizar computação sobre os pacotes em velocidade de linha. Desta forma, surgiram as redes definidas por software [Ghodsi et al. 2011] e rádios definidos por software [Tuttlebee 1999], onde parte ou a totalidade das operações dos protocolos são definidas em software. Além de facilitar os *upgrades*, tais redes podem ser adaptadas às características do seu ambiente e aplicações.

Este artigo propõe as Redes Reconfiguráveis Inteligentes (ou R^2I), que são redes autônomas baseadas em hardware programável, onde o comportamento da rede pode ser reconfigurado a partir de regras definidas por sistemas inteligentes de gerência. Uma rede R^2I poderia modificar toda a pilha de protocolos, mudando os parâmetros de um dado protocolo ou mesmo trocando-o por outro. Dada a flexibilidade do hardware programável, a R^2I é mais maleável que as redes tradicionais, pois abre a possibilidade de adaptação a todas as camadas e elementos de rede. O artigo está estruturado da seguinte forma. A seção 2 descreve as tecnologias de rádio e redes definidas por software. Em seguida, a seção 3 apresenta as R^2I e seus desafios de pesquisa. A seção 4 conclui o artigo.

2. Construindo Elementos de Rede Reconfiguráveis

Diversas propostas têm surgido nos últimos anos para a flexibilização das redes de computadores. O objetivo é flexibilizar o plano de dados, de forma a permitir uma maior maleabilidade. A tendência atual na área é o desenvolvimento de novas arquiteturas de rede, baseadas em plataformas genéricas de hardware que aceitam regras simples de configuração. O Openflow é a plataforma mais popular, em que roteadores aceitam regras para comutar um pacote, descartá-lo ou modificá-lo, baseado em expressões regulares [McKeown et al. 2008]. Com plataformas como o OpenFlow, a rede evoluiu de um hardware especializado em comutação para um sistema distribuído programável, ou uma rede definida por software (SDN, do inglês *Software Defined Network*). A SDN nasceu a partir das redes centradas em informação, como uma plataforma programável para a criação de redes cientes das necessidades das aplicações [Ghodsi et al. 2011].

As SDN, entretanto, estão limitadas a configurar a infra-estrutura da rede, não tratando da transmissão de dados. A adaptação da transmissão de dados pode ser feita empregando-se os rádios definidos por software (*Software-Defined Radios – SDR*) [Tuttlebee 1999]. Estes rádios realizam somente a conversão analógico-digital em hardware, o resto sendo executado em software. Assim, uma placa SDR permite que modifiquemos toda a sua camada física e de enlace. Os SDR permitiram diversas aplicações, tais como a implantação de novos padrões de comunicação via *updates* de software, a correção de erros de implementação de forma simplificada, e o uso de protocolos específicos para as necessidades de uma certa topologia ou aplicação.

3. Redes Reconfiguráveis Inteligentes

As Redes Reconfiguráveis Inteligentes (ou R^2Is) surgem da fusão de três conceitos das redes de computadores: as SDN, os SDR e as redes autônomicas. O objetivo das R^2Is é prover uma comunicação eficiente e robusta, adaptada às necessidades dos usuários e das aplicações, em redes fixas ou sem fio. Para tanto, a rede irá se adaptar de forma inteligente a mudanças no ambiente (ataques de segurança, falhas, mudanças nos requisitos das aplicações e nos padrões de acessos dos usuários, dentre outros), modificando a forma como os seus protocolos operam, ou mesmo os protocolos empregados, sem interrupções de serviço e com o mínimo possível de intervenções de usuários ou administradores. As R^2Is são um sistema autônomico, entretanto as R^2Is são mais flexíveis que uma rede autônomico tradicional devido ao uso de hardware reconfigurável.

Apesar da grande sinergia entre os três conceitos, poucos trabalhos na literatura exploram esta sinergia. As redes participativas [Ferguson et al. 2012], empregam características dos serviços em rede, fornecidas pelo software do serviço, para otimizar as decisões de controle e gerenciamento da rede. Esta proposta, entretanto, não propõe métodos inteligentes de reconfiguração, e se limita à reconfiguração de comutadores na rede doméstica. O ODIN [Suresh et al. 2012] aumenta o desempenho de redes corporativas via *handoffs* transparentes de clientes entre pontos de acesso. Esta proposta não modifica os padrões de comunicação, o que poderia aumentar ainda mais o desempenho.

3.1. Arquitetura R^2I

A arquitetura de componentes de uma rede R^2I é apresentada na Figura 1. Cada sub-rede, ou uma rede definida por um domínio administrativo, será comandada por um

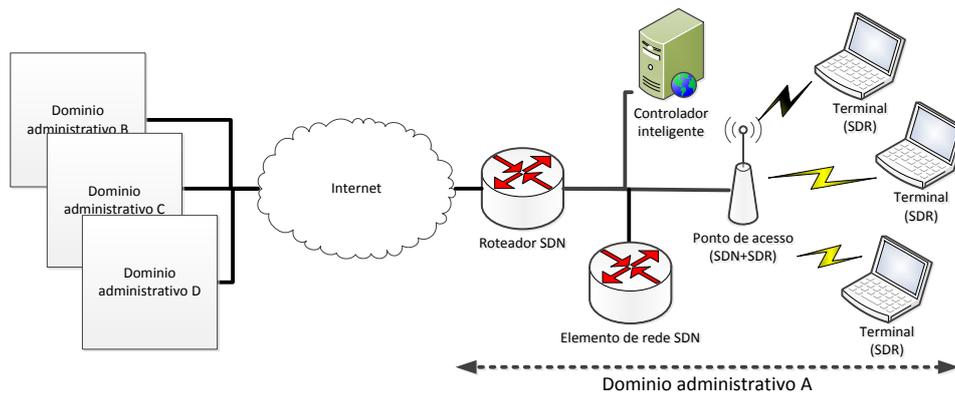


Figura 1. Arquitetura de uma rede R^2I .

controlador. Este controlador de rede, como no OpenFlow, irá fazer o gerenciamento das regras de adaptação de toda a rede. O controlador irá definir o comportamento da rede, definindo os objetivos da mesma. Algumas tarefas irão requerer respostas em tempos curtos ou mesmo com restrições de tempo real, assim teremos sistemas de controle nos elementos de rede realizando adaptações baseadas nas regras definidas pelo controlador. Um exemplo seria um controlador que define um objetivo tal como maximizar a vazão ou minimizar a taxa de perda de pacotes em uma rede sem fio, requerendo o controle em tempo real da taxa e da potência de transmissão.

Os controladores irão ainda comunicar entre si, tendo em vista a criação de serviços fim-a-fim autônômicos. Redes de larga escala irão requerer a colaboração de diversas sub-redes, assim os controladores deverão interagir para ajustar as regras em seus domínios, de forma a maximizar o desempenho da rede.

3.2. Aplicação Exemplo: Rede Doméstica Inteligente

Os benefícios de uma R^2I podem ser explicitados em uma rede doméstica com vários computadores, onde um usuário realiza um *backup* de dados enquanto outro assiste um filme em *streaming*. Inicialmente, o primeiro usuário está assistindo um filme em seu *tablet*. O *tablet* está conectado a um ponto de acesso R^2I que, para garantir a compatibilidade com dispositivos não inteligentes, está empregando o protocolo 802.11. No meio do filme, um segundo usuário liga o seu *notebook*, que inicia um *backup* em um disco de rede local. Isto gera contenção no meio sem fio, ocasionando colisões. O ponto de acesso, assim, solicita aos computadores que mudem o protocolo de acesso para um sistema TDMA, eliminando as colisões. Tal fato é possível pelo uso de SDRs.

Durante o *backup*, o *notebook* decide atualizar o seu sistema operacional, requisitando uma transferência de centenas de megabytes de dados. A rede cabeada interna se torna congestionada. O comutador instala uma regra de re-escrita do cabeçalho dos pacotes de *backup*, reduzindo sua prioridade. Esta etapa só é possível a partir de elementos de rede SDN. Ao mesmo tempo, a conexão ADSL do cliente está operando na sua capacidade máxima. O controlador da rede doméstica, ao identificar que o filme irá sofrer uma degradação de desempenho, solicita à provedora que instale um *proxy* para comprimir as atualizações enviadas ao *notebook*. Tal ação requer a comunicação e negociação entre os controladores de rede de diferentes domínios administrativos.