

## INFRA-ESTRUTURA E ROTEAMENTO EM REDES WIRELESS MESH

Olavo José Luiz Jr<sup>1</sup> & Anfré Luiz PrzybyszAutor<sup>2</sup>

1-UNIPAN; 2-UTFPR

**Resumo** - Redes Wireless Mesh vêm sendo objeto de pesquisas por serem vistas como a próxima geração das redes wireless. Para apresentar uma visão geral sobre este tipo de redes, este artigo está organizado de forma a explicar o que é uma rede mesh sem fio e quais seus domínios de aplicação, quais são os desafios atuais da pesquisa em redes mesh e abordar os principais protocolos de roteamento utilizados em redes mesh.

**Palavras-Chave:** Redes Wireless, Topologia Mesh, Redes Mesh

**Abstract-** Mesh Wireless Networks has been object of researches for being seen as a next generation of wireless networks. To present a general vision about this networks, this article it is organized of form to explain what it is a wireless mesh network and which its domains of application, which are the current challenges of the research in mesh networks and to approach the main routing protocols used in mesh networks.

**KeyWord:** Wireless Networks, Mesh Topology, Mesh Networks

### 1. INTRODUÇÃO

Redes Wireless Mesh, ou Wireless Mesh Networks (WMN), são casos específicos de redes ad hoc. Segundo Ramanathan e Redi (2002), uma rede ad hoc (possivelmente móvel) é um conjunto de dispositivos de rede que pretendem se comunicar, mas que não possuem infra-estrutura fixa disponível e não possuem organização pré-determinada de links de comunicação disponíveis. Os nós individuais da rede são responsáveis por descoberta dinâmica de quais são os outros nós que podem se comunicar diretamente a ele, ou seja, de quais são seus vizinhos (formando uma rede multi-hop). Redes ad hoc são escolhidas para serem usadas em situações onde a infra-estrutura não está disponível ou não é confiável, ou ainda em situações de emergência. Albuquerque (2006) cita as aplicações das redes ad hoc como sendo: computação móvel em áreas remotas, emprego militar, comunicações táticas, busca e salvamento em situações de desastre, redes temporárias em salas de reuniões, aeroportos, entre outros.

Nota-se no artigo de Albuquerque (2006) que, devido à mobilidade, e à potencial entrada e a saída de alguns nós, a topologia da rede pode ser alterada e essas constantes mudanças podem gerar múltiplas rotas entre dois nós. Quanto maior o número de participantes de uma rede ad hoc, mais complexa será a comunicação. Ramanathan e Redi (2002) alertam ainda para o fato de que a conectividade pode sofrer alterações introduzidas por conta das práticas de controle de energia presentes nos nós móveis.

WMN são redes dinamicamente auto-organizáveis e auto-configuráveis, cujos nós, dispostos em uma topologia em malha, compõe uma rede ad hoc (AKYILDIZ & WANG, 2005). Porém, nós de uma rede mesh apresentam uma localização fixa (apesar de não predeterminada), ao contrário das redes ad hoc tradicionais. A rede mesh pode

também permitir a conexão de dispositivos móveis, através de interfaces sem fio (Albuquerque 2006). Atualmente, o tipo de enlace wireless mais comum para a implementação de rede mesh é o padrão IEEE 802.11.

Estas características concedem vantagens às WMN frente a outros tipos de rede ad hoc (AKYILDIZ & WANG, 2005), dentre elas: aumento da capilaridade pelo uso dos nós intermediários; diminuição da potência dos nós, preservando o espectro; redução da necessidade de linha de visada (Line of Sight ou LOS); robustez, por conta dos caminhos alternativos.

Porém para que as mesmas possam se tornar uma efetiva alternativa comercial, muita pesquisa deve ser efetuada para a resolução de problemas como a falta de escalabilidade dos protocolos de roteamento e de acesso ao meio, e à queda significativa de desempenho com o incremento do número de nós, assuntos abordados na seção 2.

A Figura 1 apresenta a topologia de uma possível rede mesh, com a interligação dos nós componentes sem-fio e a interoperabilidade com os gateways de acesso à Internet, dispostos em vários lugares distintos.

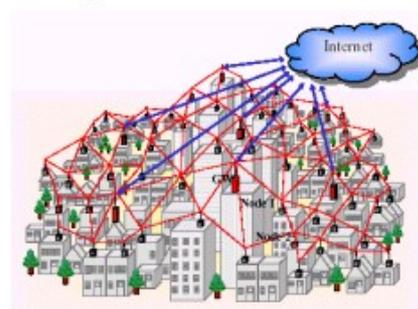


Figura 1: Topologia de Rede Wireless Mesh Metropolitana  
Fonte:(JUN & SICHITIU, 2003)

## **2. FATORES CRÍTICOS E DESAFIOS NA PESQUISA DE REDES MESH**

Wireless Mesh Networks prometem ser a solução para uma série de problemas no provimento de serviços de acesso, por serem flexíveis, dinâmicas e potencialmente de baixo custo (GROSH, BASU & DAS, 2005). Mas para que isto se torne efetivo, muita coisa há para ser melhorada e desenvolvida. Citamos nesta seção os problemas mais críticos e desafios em aberto, organizados por categoria:

### **2.1 Controle**

Apesar da conectividade em malha trazer vantagens naturais, para que isto seja garantido é necessária auto-organização e algoritmos de controle da topologia. Algumas técnicas de rádio-frequência, hoje em pesquisa, podem no futuro implementar capacidades de controle dinâmico. Estas novas técnicas dependem ainda de desenvolvimento de protocolos de alto nível, bem como protocolos MAC e de roteamento. Os protocolos devem ser desenhados para habilitar redes tão autônomas quanto possíveis, a fim de que as redes sejam fáceis de usar (INTEL, 2004).

### **2.2 Escalabilidade**

Escalabilidade pode ser definida como o nível de serviço de pacotes aceitável na presença de um grande número de nós na rede (RAMANATHAN & REDDI, 2002). É fator importante pela potencial redução de desempenho com o incremento do número de nós. Por isto, todos os protocolos das camadas envolvidas devem ser escaláveis (INTEL, 2004).

### **2.3 Qualidade de Serviço (QoS)**

Diferentemente de redes ad hoc tradicionais, as aplicações WMN muitas vezes necessitam banda larga e requisitos de QoS (AKYILDIZ & WANG, 2005). Devido ao broadcast e a natureza dinâmica de MANET (Mobile Ad Hoc Network), prover nível de QoS diferente de best-effort é tarefa muito desafiadora. Provisionamento de QoS em redes ad hoc não é tarefa dedicada a uma só camada. Requer esforços conjuntos de todas as camadas, além de estratégias específicas de qualidade de serviços utilizando sinalização de reserva de recursos e QoS para a camada de enlace (SESAY, YANG & HE, 2004), além de outras possíveis abordagens. O desenvolvimento de um protocolo de roteamento que implemente recursos de QoS na escolha das rotas em uma rede mesh é a proposição de Munaretto e Fonseca (2006).

### **2.4 Segurança**

Os esquemas de segurança propostos para redes ad hoc podem ser adotadas para WMN, porém a maior parte destas soluções não está madura para serem implementadas na prática (INTEL, 2004). Uma grande gama de tipos de ataques podem ser originados do projeto de novos protocolos de roteamento, por conta dos projetistas procurarem protocolos mais leves para

privilegiar a performance. Este trade-off entre segurança e desempenho é um desafio.

## **3. PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO PARA REDES MÓVEIS AD HOC**

Albuquerque (2006) esclarece que os protocolos de roteamento tradicionais usados por redes cabeadas, (como exemplo citam-se os protocolos RIP (Routing Internet Protocol) do tipo distance vector e OSPF (Open Shortest Path First) do tipo link state), não são aplicáveis a uma rede ad hoc. Este fator deve-se às constantes mudanças das topologias encontradas neste tipo de rede, que exigem atualizações constantes nas informações de roteamento. A utilização de protocolos tradicionais nestas redes, refletiria em fatores como alto overhead, e alto consumo de banda e potência.

Apesar das limitações, protocolos tradicionais vêm sendo aplicados em soluções recentes para redes mesh. Este fator justifica-se pelo fato que os principais nós de uma rede mesh são fixos e não móveis como em redes ad hoc.

Os protocolos de roteamento ad hoc são divididos em duas categorias (SESAY, YANG & HE, 2004), quanto à construção de rotas:

### **3.1.1 Protocolos de Roteamento unicast Pró-ativos**

Os protocolos de roteamento pró-ativos procuram manter consistentes as informações sobre as topologias armazenadas nas tabelas de roteamento. Estes protocolos requerem que cada nó detenha uma ou mais tabelas para armazenar as informações de roteamento. As atualizações são disparadas quando um nó percebe que a topologia da rede foi modificada. Um exemplo importante é o protocolo de roteamento OLSR (Optimized Link State Routing) que é o protocolo utilizado pelos projetos de redes mesh VMesh e GT-Mesh UFF, porém podem ser utilizados outros protocolos pró-ativos, como DSDV (Destination Sequenced Distance Vector), WRP (Wireless Routing Protocol), CGSR (Cluster Head Gateway Switch Routing), FSR (Fisheye State Routing) e GSR (Global State Routing), todos descritos no artigo de Albuquerque (2006).

### **3.1.2 Protocolos de Roteamento unicast Reativos**

Os protocolos de roteamentos reativos ou sob demanda surgiram para minimizar o desperdício de banda causado pelos protocolos link state, portanto é um protocolo dinâmico em redes ad hoc. Segundo Albuquerque (2006) nos protocolos de roteamento reativos, o roteamento é descrito em duas etapas:

Descobrimiento das rotas: em uma rede ad hoc, se um nó de origem não dispuser de uma rota até o nó de destino em sua tabela de roteamento, este difunde um pacote para o descobrimiento de rota através da rede, de modo a determinar o caminho de nó de origem e nó de destino. O nó intermediário ao longo do caminho encaminha o pacote, podendo criar algumas estruturas de dados para identificação da rota.

Manutenção das rotas: uma vez estabelecida a rota entre o

nó de origem e o nó de destino, é introduzido um processo para manutenção da rota de modo a verificar a validade da rota, uma vez que os nós ao longo da rota podem mover-se arbitrariamente, ou mesmos serem desligados por problemas associados à indisponibilidade de bateria. Caso ocorra uma falha em um enlace ao longo de um caminho, poderá ser iniciada uma manutenção local para efetuar um bypass do enlace indisponível e caso a manutenção local não se mostre viável, o nó de origem deverá ser notificado para que seja reiniciado o processo para descobrimento de uma nova rota.

São descritos como protocolos reativos os seguintes protocolos: DSR (Dynamic Source Routing), AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector), TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm) e ABR (Associativity Based Routing).

### 3.1.3 Protocolos de Roteamento Híbridos

Os protocolos de roteamento híbridos combinam as melhores características dos protocolos pró-ativos e reativos. Os nós, dentro de certa distância de um nó específico, ou dentro de uma determinada região geográfica, pertencem à zona de roteamento daquele nó. Para os localizados dentro e fora desta zona, são aplicadas metodologias distintas, características dos protocolos pró-ativos e reativos, respectivamente.

Citam-se como exemplos de protocolos de roteamento híbridos os protocolos: ZRP (Zone Routing Protocol), CEDAR (Core Extraction Distributed Ad Hoc Routing).

Albuquerque (2006), em sua pesquisa, apresenta comparações entre os protocolos unicast e apresenta as principais diferenças entre os tipos de protocolos de roteamento, e compara como estes trabalham para a construção das rotas, classificando-os como pró-ativos e reativos. A Tabela 1 descreve tais comparações.

Como conclusão dos protocolos de roteamento Albuquerque (2006) descreve alguns fatores importantes sobre os protocolos de roteamento unicast. Tais fatores auxiliam na escolha do protocolo adequado para cada circunstância no momento de implementação de um projeto ad hoc ou mesh. Seguem algumas considerações:

CARACTERÍSTICAS	PRÓ-ATIVOS	REATIVOS	HÍBRIDOS	
1 Organização da Rede	Plano/Hierárquico	Plano	Hierárquico	
2 Informações Topológicas	Periódica	Sob demanda	Ambos	
3 Definição de Rotas	Disponibilidade	Quando necessária	Ambos	
	Tempo de Conexão	Baixo	Alto	Médio
4 Como lida com Mobilidade	Atualizações Periódicas	Manutenção de rota	Ambos	
5 Overhead		Alto	Baixo	Médio

Tabela 1 – Tipos de Protocolos de Roteamento Unicast [2]

Os diversos protocolos de roteamento pesquisados apresentam, segundo o autor, similaridades e diferenças entre eles, e vantagens e desvantagens quando aplicados em redes ad hoc;

Não existe um protocolo que se encaixe perfeitamente em

todos os cenários, ambientes e padrões de tráfego encontrados nas redes ad hoc e em suas aplicações;

Cada algoritmo apresenta características peculiares que o torna adequado a uma determinada aplicação para rede ad hoc;

O protocolo de roteamento unicast reativo apresenta um menor overhead de comunicação, se comparado a um pró-ativo. No entanto apresenta maior latência na construção de rotas;

Protocolos de roteamento híbridos se comparados com os protocolos pró-ativos e reativos, parecem reunir as características e métodos mais adequados e flexíveis ao ambiente encontrado em uma rede ad hoc. No entanto, o desempenho desta classe de protocolo precisa ser melhor explorado. Grande parte dos experimentos realizados para redes ad hoc concentra-se nos protocolos pró-ativos e reativos.

Os desafios encontrados nos protocolos de roteamento multicast para redes ad hoc são bem mais complexos do que relacionados às redes cabeadas.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo do estado da arte em Redes Mesh demonstra que é crescente o número de pesquisas nesta área. Encontram-se atualmente vários projetos de Mesh, acadêmicos e proprietários, devido às vantagens apresentadas por este tipo de rede, entre elas, o baixo custo de implementação de infra-estrutura para acesso à rede de acesso a banda larga, potencial elemento para criação de inclusão digital. Nota-se ainda com o estudo, que são muitos os desafios apresentados pelas redes Mesh. Notadamente, entre os desafios citam-se a implementação de protocolos que se adequem a topologia específica e a implementação de qualidade de serviço para situações que a demandam, como aplicações multimídia e VoIP. Destes desafios surge a motivação do projeto GT Mesh da RNP, desenvolvido na PUCPR em Curitiba, e que originou a construção deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- RAMANATHAN, R. & REDDI, J, A Brief Overview of Ad Hoc Networks: Challenges and Directions, IEEE Communications Magazine, Maio 2002.
- ALBUQUERQUE de, C. V. N. et al., GT-Mesh Relatório Técnico 1 - Termo de Referência e Estado da Arte, Rede Nacional de Pesquisas, Fevereiro 2006.
- AKYILDIZ, I. F. e WANG, X., A Survey on Wireless Mesh Networks, IEEE Radio Communications, Setembro 2005.
- INTEL, Understanding Wi-Fi and Wi-Max as Metro-Access Solutions, Intel Corporation, 2004.
- JUN, J. e SICHITIU, M L., The Nominal Capacity of Wireless Mesh Networks, IEEE Wireless Communications, Outubro 2003.
- GROSH, S, BASU, K e DAS, S K., What a Mesh! An Architecture for Next-Generation Radio Access Networks, IEEE Network, Setembro/Outubro 2005.
- SESAY, S, YANG, Z e HE, J, A Survey on Mobile Ad Hoc Wireless Networks, Departamento de Telecomunicações e Tecnologia da Informação, Universidade de Ciência e Tecnologia de Huazhong, 2004.
- MUNARETTO, A e FONSECA, M, Routing and Quality of Service Support for Mobile Ad Hoc Networks, Junho 2006.