

Roteamento em MANETs Considerando a Economia de Energia e o Estímulo à Cooperação

Grazielle Vernize e Luiz Carlos Pessoa Albini

Resumo— Em MANETs os nós são alimentados por baterias. Para prolongar ao máximo a vida da rede, é recomendado o uso de algoritmos que permitam que os nós possam desligar suas interfaces de redes sem afetar a conectividade da rede. Além disso, nestas redes é comum que alguns nós decidam não participar dos protocolos distribuídos para preservarem suas baterias, podendo degradar os serviços. Portanto é necessário o uso de algum protocolo que estimule a cooperação dos nós. Este trabalho une as duas abordagens: o protocolo *Span*, para economia de energia e o esquema de moedas virtuais *Nuglets*, para estimular a cooperação dos nós com os serviços básicos da rede, procurando fornecer um roteamento ao mesmo tempo energeticamente eficiente e que estimule à cooperação dos nós.

Palavras-Chave— Redes Ad Hoc, economia de energia, estímulo à cooperação.

I. INTRODUÇÃO

As redes ad hoc móveis (*Mobile Ad Hoc Networks* (MANETs)) são redes espontâneas e autônomas, com topologia dinâmica, nas quais todos os serviços precisam ser distribuídos[3]. Os nós destas redes são alimentados por baterias e, com o passar do tempo, vários deles esgotam suas reservas de energia, podendo causar a desconexão da rede[1].

Além do problema do consumo de energia, as redes ad hoc móveis são redes “multi-saltos”, devido ao raio de alcance limitado das comunicações via rádio. Portanto, os nós destas redes dependem da cooperação de outros nós para a entrega das mensagens. Porém, prover serviços para outros nós consome energia e não traz nenhuma vantagem para o provedor. Isso pode levar os nós a não participarem nos serviços da rede para economizar energia. A falta de cooperação pode fazer com que diversos serviços deixem de funcionar corretamente[1].

O protocolo proposto neste artigo visa unificar a economia de energia dos nós com o estímulo à cooperação. O restante deste artigo está organizado desta forma: a seção II apresenta os protocolos *Span* e *Nuglets*; a seção III detalha o protocolo proposto; a seção IV contém os resultados de simulação e a seção V apresenta a conclusão.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção detalha o funcionamento dos protocolos de economia de energia (*Span*) e estímulo à cooperação (*Nuglets*).

A. *Span*

O *Span* [2] é um protocolo de roteamento distribuído e executado por todos os nós da rede. Nele, os nós tomam decisões exclusivamente locais sobre quando desligar ou não

suas interfaces de rede. Todos os pacotes são roteados através de um *backbone*. Cada nó decide participar ou não do *backbone*, baseado na sua energia restante e na estimativa de quantos dos seus vizinhos serão beneficiados caso ele participe. Para isso, cada nó periodicamente envia mensagens *HELLO* contendo seus vizinhos atuais e aqueles que fazem parte do *backbone*. A partir dessas mensagens, cada nó decide se deve se unir ao *backbone*, se deve deixá-lo ou se deve permanecer como esta. Um nó decide participar do *backbone* caso dois de seus vizinhos não se comuniquem diretamente ou via um ou dois nós do *backbone*. Um nó abandona o *backbone* se a sua saída não viola a regra acima ou se a sua energia atingiu um limite pré-determinado. Nós que não fazem parte do *backbone* desligam as suas interfaces de rede e devem religá-las periodicamente para verificar a existência de alguma mensagem armazenada no *backbone* para eles.

B. *Nuglets*

Nuglets [1] é um esquema de moedas virtuais, utilizado para estimular a cooperação dos nós. Os nós que utilizam os serviços da rede devem pagar aos que fornecem o serviço. Por exemplo, no roteamento para um pacote sair da origem e alcançar seu destino, todos os nós intermediários cobram pelo serviço prestado. Cada pacote carrega uma quantidade de *nuglets*. Todos os nós que reencaminham o pacote descontam *nuglets* dele pelo serviço. Caso a origem estime um valor abaixo do necessário, o pacote será descartado antes de atingir o destino. Caso ele estime um valor maior, o destino ficará com a sobra dos *nuglets*. O total de *nuglets* de um nó é diminuído quando ele envia seus pacotes e é aumentado quando ele repassa pacotes de outros nós [4]. O maior problema em usar a técnica de moedas virtuais é como representá-las evitando fraudes. Uma das possibilidades é utilizar um “banco central” para gerenciar os *nuglets* dos nós. Este banco deve controlar todas as operações que envolvem moedas. A outra possibilidade requer um dispositivo em hardware inviolável para manter a quantidade de *nuglets* de cada nó.

III. PROTOCOLO PROPOSTO

O protocolo proposto une o protocolo *Span* e o esquema de moedas virtuais *Nuglets*, criando um esquema de roteamento que considera a economia de energia e o estímulo à cooperação em um único protocolo. O novo protocolo cria um *backbone* com os nós que devem permanecer com suas interfaces de redes ativas, realizando o roteamento das mensagens na rede. Os nós que não fazem parte do *backbone* devem desligar suas interfaces de rede, religando-as periodicamente para verificar a existência de mensagens para eles. A regra de formação

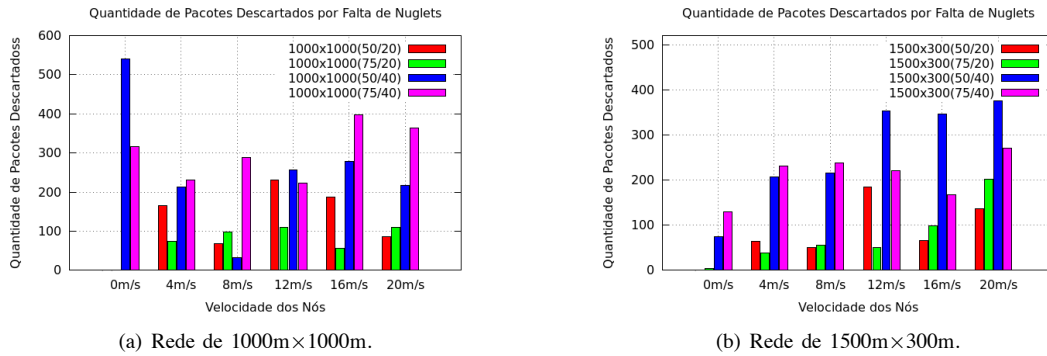


Fig. 1. Pacotes descartados por falta de *nuglets*.

do *backbone* é a mesma utilizada pelo *Span*. Além disso, os nós do *backbone* são substituídos de tempos em tempos, ou quando a energia deles atingirem um limite pré-determinado, para evitar o consumo excessivo de energia de poucos nós.

Para rotear as mensagens, os nós do *backbone* cobram *nuglets*, através de um modelo de similar ao *nuglets*. Entretanto, não é a origem quem estima a quantidade de moedas para o pacote alcançar o destino, mas sim o primeiro nó do *backbone* que recebe a mensagem. Isso evita o problema da origem sub ou superestimar a quantidade de *nuglets* de cada pacote. Os nós do *backbone* mantêm uma tabela de estimativas de *nuglets* para alcançar os destinos. Esta estimativa é construída sob demanda e mantida por um tempo pré-estabelecido.

Os nós do *backbone* repartem os *nuglets* recebidos entre os seus vizinhos, ficando com uma parte maior para eles mesmos. Isso garante que nós que não fazem parte do *backbone* não fiquem sem moedas e ao mesmo tempo estimula a participação no mesmo. Além disso, são os nós do *backbone* que gerenciam os saldos de *nuglets* dos seus vizinhos, servindo como um “banco” distribuído para a rede. Isso evita o uso de um banco central ou de um dispositivo em hardware específico.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

TABELA I
PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO.

Simulador	ns-2.28
Dimensão dos cenários (m)	1000x1000 & 1500x300
Quantidade de nós	50 & 75
Raio de transmissão (m)	120
Quantidade de origens / destinos	20 & 40
Quantidade inicial de <i>nuglets</i>	800000
1ª estimativa de <i>nuglets</i>	200
<i>Nuglets</i> descontados por pulo	10
Tempo de simulação (s)	300
Velocidade dos nós (m/s)	0 a 20
Mensagens de dados por segundo	4

A Tabela I contém os parâmetros utilizados nas simulações do protocolo proposto. Foram criados 48 cenários e para cada cenário foram realizadas 36 simulações. Os resultados são médias dessas execuções com um intervalo de confiança de 95%. A Figura 2 mostra um exemplo de *backbone*.

As figuras 1(a) e 1(b) mostram a quantidade de mensagens descartadas devido à falta de *nuglets*, demonstrando que a

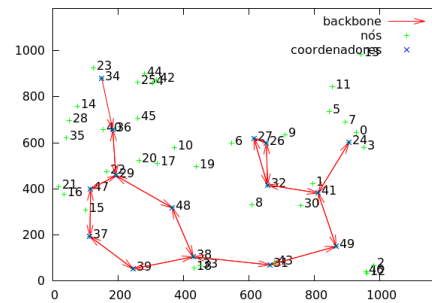


Fig. 2. Exemplo de *backbone*.

troca de moedas virtuais funciona. Além disso, pode-se concluir pelas figura a taxa de entrega da rede, pois a única forma de descarte observada na rede foi por falta de *nuglets*. Os resultados demonstram o funcionamento correto do *backbone* e do esquema de moedas virtuais no repasse de mensagens.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho propôs um novo protocolo de roteamento que une os conceitos de economia de energia do protocolo e de incentivo à cooperação. Todas as mensagens são roteadas através de um *backbone*. Os nós que não fazem parte do *backbone* mantêm suas interfaces de rede desligadas. Para garantir a cooperação dos nós da rede, implementa-se um esquema moedas virtuais para entregar as mensagens. Os resultados comprovam o correto funcionamento do protocolo. Trabalhos futuros incluem melhorias no esquema de moedas virtuais e a análise do protocolo em outros cenários.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Buttyan e J. Hubaux. *Nuglets: a Virtual Currency to Stimulate Cooperation in Self-Organized Mobile Ad Hoc Networks*. Relatório técnico, 2001.
- [2] B. Chen, K. Jamieson, H. B., e R. Morris. *Span: an Energy-Efficient Coordination Algorithm for Topology Maintenance in Ad Hoc Wireless Networks*. *ACM Wireless Networks Journal*, 8(5), 2002.
- [3] T. Kunz. *Energy-Efficient MANET Routing: Ideal vs. Realistic Performance*. *Wireless Communications and Mobile Computing Conference, 2008. IWCMC '08. International*, páginas 786 – 793, 2008.
- [4] Ming-Hua Lin e Chi-Chun Lo. *A Dynamic Incentive Pricing Scheme for Relaying Services in Multi-hop Cellular Networks*. *Lecture Notes in Computer Science*, 3090:211 – 220, 2004.