

AVALIAÇÃO DO USO DE ASPECTOS SOCIAIS PARA ROTEAMENTO OPORTUNISTA CONSIDERANDO ZONAS RURAIS

Bryan Larry Pond¹, Antonio C. Oliveira Júnior¹, Rosario Ribeiro¹, Waldir Moreira²

¹Universidade Federal de Goiás (UFG/DCC), Brasil

²Universidade Lusófona, COPELABS, Lisboa - Portugal

bryan.pond2012@gmail.com, antonio@catalao.ufg.br,
rosariocamposribeiro@gmail.com, waldir.junior@ulusofona.pt

Abstract. *In this paper is addressed the use of social aspects (e.g. notion of communities and users' daily routines) to support routing in opportunistic networks. It is described concepts and routing protocols based in social aspects. Initial results show the viability of such protocols using the ONE simulator (Opportunistic Network Environment simulator).*

Resumo. *Neste artigo é abordado a utilização de aspectos sociais (e.g. noção de comunidades e rotinas diárias dos usuários) como suporte ao encaminhamento em redes oportunistas. Apresenta-se conceitos e protocolos de roteamento oportunista baseado em aspectos sociais. Resultados iniciais demonstram a viabilidade de tais protocolos utilizando o simulador ONE (Opportunistic Network Environment simulator).*

1. Introdução

Com a globalização das tecnologias de comunicação e o crescente aumento na demanda por comunicação surgem problemas básicos como a falta de infraestrutura para a prestação de tais serviços, os quais incentivaram tecnologias alternativas como as redes oportunistas.

Redes oportunistas [Moreira 2013] estão cada vez mais promissoras para encaminhamento por necessidade, onde a informação transita por nós intermediários até o destino, estratégia denominada *store-carry-and-forward*. Nesse modelo em comparação à internet convencional a transmissão acontece oportunisticamente, de acordo com necessidade e oportunidade de envio e de modo que a comunicação pode ocorrer mesmo que não exista uma rota que una diretamente os nós e sem a necessidade de conhecimento prévio da topologia.

Estratégias como redes oportunistas também são visadas como forma de inclusão digital, levando conectividade há zonas remotas onde não há infra-estrutura para o modelo convencional de Internet. Conectividade em zonas rurais, que foi o foco deste trabalho, vem recebendo especial atenção em projetos relacionados a redes oportunistas.

Neste artigo é abordado o fator social como fonte de informação e suporte, para a tomada de decisões de protocolos de roteamento em redes oportunistas em um cenário

rural próximo a cidade de catalão. Apresentam-se descrições de conceitos relacionados a redes oportunistas e protocolos de encaminhamento baseado em aspectos sociais (e.g. noção de comunidades e rotinas diárias dos usuários). Utilizando o simulador ONE (*Opportunistic Network Environment*), é apresentado um estudo comparativo entre protocolos que utilizam e não o fator social para encaminhamento, *dLife* [Moreira 2012] e *Epidemic* [Hui 2011] a fim de demonstrar as vantagens de abordagens sociais. Este artigo é organizado da seguinte forma. Após a introdução, a seção II descreve os conceitos de redes oportunistas juntamente com a arquitetura DTN, tipos de contatos e cenários de aplicações. A seção III dedica-se a protocolos de roteamento que utilizam aspectos sociais como suporte ao encaminhamento. Na seção IV é apresentado os resultados de performance de dois protocolos em um cenário real utilizando o simulador ONE. As conclusões deste trabalho são discutidas na seção V.

2. Redes Oportunistas e DTN

Redes oportunistas tem demonstrado ser soluções atrativas quando a Internet convencional não se mostra viável. Aplicações em ambientes onde não dispõe-se de uma infra-estrutura de comunicação adequada são bons exemplos de cenários que podem usufruir de uma estratégia oportunista.

O conceito de redes oportunistas segue a abordagem de redes tolerantes a atrasos e desconexões (DTNs) [Fall 2003], onde não há necessidade de conhecimento da topologia, e o encaminhamento é feito oportunisticamente ao longo dos contatos esporádicos que ocorrem ao passar do tempo.

Entretanto, as redes oportunistas são altamente dinâmicas, composta por dispositivos móveis e fixos e tiram vantagem dos contatos oportunisticamente ao longo da variação do tempo para trocar informações carregadas pelos usuários. Essas redes costumam ser compostas por dispositivos móveis com restrição de bateria, assim, eficiência energética tem recebido especial atenção nos últimos anos. Então, mecanismos para suporte ao roteamento energeticamente eficiente devem ser considerados [Junior 2012].

Originalmente o conceito inicial de DTNs foi motivado para melhorar a comunicação interplanetária da época [Fall 2003]. Posteriormente esse conceito passou para ambientes de rede além do espacial, propiciando assim o conceito de redes oportunistas. Para esses cenários de rede a arquitetura TCP/IP (usada na internet convencional) não é ideal.

Em ambientes onde a comunicação levaria minutos, horas ou dias se mostra inviável a utilização de tal arquitetura, desta forma surgiu a proposta de uma rede baseada no esquema de *store-carry-and-forward* (SCF). Para usar a estratégia de SCF temos uma nova camada na pilha de protocolos a *Bundle layer* (camada de agregação) funcionando abaixo da camada de aplicação.

A camada de agregação usa armazenamento persistente para armazenar mensagens, lidando com os problemas de atraso e conexão, que na internet seriam perdidas [Moreira 2012]. A comunicação funciona enviando a mensagem (*bundles* ou agregados) inteira ou em parcelas por nós intermediários até alcançar o destinatário. Se a

mensagem for dividida pela camada de agregação para ser enviada, ela é reconstruída na camada de agregação do destino.

Para transmitir nó a nó, usando o paradigma store-carry-and-forward o transmissor pode se valer da transferência de custódia [Fall 2003]. Quando um nó tem a custódia de um *bundle* (agregado), ele transmite esse agregado com um pedido de transferência de custódia e aguarda um *ack*. Se o nó receptor aceitar essa transferência de custódia ele retorna um *ack* para que o agregado possa ser apagado no nó anterior.

2.1. Tipos de contatos

Em redes com conexões intermitentes, em contrariedade a Internet convencional, temos a característica de que um nó nem sempre pode estar disponível, assim o conceito de contato é um importante fator de consideração. Um contato corresponde a uma ocasião favorável para os nós trocarem dados [Melo 2011]. No conceito de DTNs contatos podem ser classificados como persistentes, sob demanda, previsíveis, programados e oportunistas.

2.1.1. Contatos persistentes

São contatos que estarão sempre disponíveis. Uma conexão de usuário com a Internet é um exemplo de contato persistente.

2.1.2. Contatos sobre demanda

Precisam ser acionados e então se comportam como contatos persistentes. Um exemplo seria um usuário usando uma conexão discada de Internet [Melo 2011].

2.1.3. Contatos previsíveis

Quando os nós podem fazer previsões sobre o horário e duração do contato com algum nível de segurança, temos um contato previsível. Uma rede em uma área rural, exemplificada na Figura 1, onde um ônibus funciona como intermediário para transportar a informação seria um bom exemplo de contato previsível, baseado em histórico teríamos o horário que o ônibus chega ao ponto e o tempo que fica parado. Porém previsões estão sujeitas a erros, visto que não se pode prever acidentes ou engarrafamentos no caso do ônibus por exemplo.

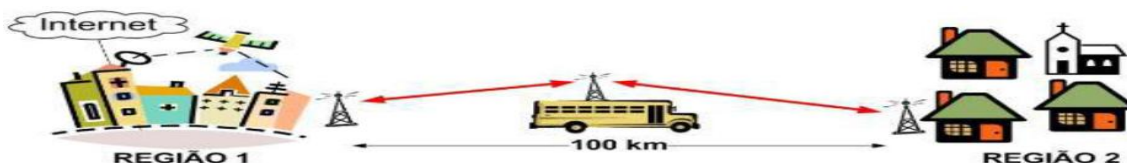


Figura 1. Contato previsível de uma DTN em zona rural [Melo 2011].

2.1.4. Contatos programados

Pode-se estabelecer uma rotina de comunicação entre nós, quando ocorrerá o contato e a sua duração, chamemos de agenda de contato. Para contatos programados é necessária uma sincronização entre os nós participantes.

2.1.5. Contatos oportunistas

São aqueles que não se pode prever ou definir momento nem duração do contato. Não há nenhuma conexão direta ou conhecimento da topologia pelos nós, são contatos

puramente aleatórios entre os nós da rede até alcançar o destinatário. Um exemplo seria uma *Pocket-switch-network* [Hui 2005] formada pelos aparelhos de usuários em uma universidade por exemplo.

2.2. Cenários

Como a topologia da rede pode estar sempre mudando, nós estão em movimento ou nem sempre estão disponíveis, assim surge a necessidade de protocolos específicos para lidar com a variabilidade da topologia.

Na literatura o grau de conhecimento sobre a topografia da rede e suas variações costuma ser dividido em dois cenários, o cenário dinâmico e o determinístico, cada qual com várias propostas de roteamento.

2.2.1. Cenário dinâmico

Nesse cenário a movimentação dos nós não é completamente conhecida e as rotas não podem ser calculadas. Assim os nós não tem conhecimento prévio do estado da rede, os protocolos para esse tipo de cenário sugerem que oportunamente a informação seja transmitida para outro nó até alcançar o destinatário.

A proposta mais simples de roteamento para cenários dinâmicos é o roteamento epidêmico [Vahdat 2000]. Nessa proposta de roteamento como é característico de cenários dinâmicos, pressupõe-se que o nó de origem não tem nenhuma informação quanto à topologia da rede. A estratégia de transmissão usada é semelhante a uma epidemia onde o nó fonte transmite para todos os nós que venha a encontrar até que a mensagem consiga atingir seu destino. Ou seja, quanto maior o número de nós atingidos maior a chance de a mensagem ser entregue ao destinatário. Contudo essa estratégia apresenta múltiplas desvantagens como desperdício de recursos.

2.2.2. Cenário determinístico

Temos um cenário determinístico quando os contatos, sua duração e a topologia da rede são conhecidos pelos nós. Com isso os nós podem conhecer os contatos e o caminho até o destino.

Um dos modelos propostos para cenários determinísticos é o modelo de grafos evolutivos [Shingo Mabu 2007]. Esse modelo baseia-se no conceito de que se os nós da rede conhecerem o momento em que determinado enlace estiver ativo, ele pode escolher o melhor caminho para enviar a mensagem até o destino.

3. Protocolos de roteamento oportunista com base social

Como fazer o encaminhamento de mensagens em redes oportunistas é um fator crucial para o desempenho da mesma. Atualmente o uso de redes sociais (como facebook e twitter) alcançou uma escala global, associado a isso o uso de aparelhos de comunicação móveis, muitas vezes usados para acessar alguma rede social, também aumentou significativamente, devido a fatores como menor custo e maior facilidade de acesso à tecnologia comparado com alguns anos atrás. Segundo relatório da Cisco sobre previsão do crescimento do tráfego móvel global, até 2015 haverá um smartphone por habitante no planeta.

Tratando-se de encaminhamento oportunista, podemos tirar vantagem da interação social e do aumento no uso de dispositivos móveis para criar ou melhorar protocolos de roteamento em redes oportunistas através de aspectos sociais [Moreira 2012].

Já foram propostos vários protocolos que podem variar de acordo com o encaminhamento empregado. Usar algum teor social como fator de decisão no roteamento oportunista tem grandes vantagens na entrega da informação de forma eficiente. A estratégia com caráter social avaliada nesse artigo foi o dLife [Moreira 2012].

3.1. dLIFE

O dLIFE (Opportunistic Routing based on Users Daily Life routines) [Moreira 2013] funciona na rotina diária dos nós e considera duas funções de utilidade complementares. A primeira o Time-Evolving Contact Duration (TECD), que determina o peso social entre os usuários baseado em sua interação social durante suas rotinas diárias. E Time-Evolving Importance(TECDi) que mensura a importância do nó considerando seus vizinhos e respectivos pesos sociais.

Estruturas sociais são compostas pelos usuários (pelos nós), e podem mudar constantemente. Quando um nó conhece outro sua rede pessoal muda e conseqüentemente toda a estrutura social a qual aquele nó pertence também muda. Considerando isso o dLife, com a TECD consegue captar o dinamismo do comportamento social dos usuários, captando o funcionamento de suas rotinas de modo mais eficiente do que uma estimativa por histórico que é a estratégia mais usada.

Assim, o encaminhamento realizado pelo dLife considera o peso social do nó que carrega a mensagem em relação ao destino bem como o peso social do nó intermediário a este mesmo destino. Nos casos onde o nó intermediário tem um peso social (i.e. tem uma relação social forte com o destino, o nó fonte envia uma cópia da mensagem ao nó intermediário. Caso contrário, a importância (TECDi) do nó que carrega a mensagem e do nó intermediário é levada em conta na hora de replicar a informação. Isto é, o nó intermediário receberá uma cópia no caso de ser mais importante que o nó que detém a informação naquele momento.

4. Avaliação de desempenho

Esta seção dedica-se a uma simulação demonstrando o uso do protocolo dLife. Essa análise foi feita através do simulador de redes ONE (Opportunistic Network Environment) [Moreira 2012].

Os resultados de performance de protocolos oportunistas costumam ser avaliados seguindo as principais métricas de performance que são: probabilidade de entrega (diferença entre o número de mensagens entregues e o total de mensagens criadas), custo (numero de mensagens replicadas por cada mensagem criada), e o atraso (tempo entre a criação e entrega da mensagem).

4.1. Cenário avaliado

A simulação foi realizada usando um cenário, mostrado na Figura 2, das cidades e área rural no entorno da linha ferroviária que passa pela cidade de Catalão, com nós Wi-Fi 802.11 distribuídos em grupos. Os grupos de veículos seguem o movimento a uma velocidade de 50 a 110 km/h. Os trens tem velocidade de 60 a 80 km/h e faz a rota entre as cidades da região cerca de 60km de catalão até Ipameri. Os barcos se limitam a movimento na hidrovia e se movem de 20 a 55 km/h.

Estão posicionadas na região 13 fazendas estáticas na região que abrangem a área de cobertura do trilho do trem e da rodovia de acordo com o padrão Wi-Fi usado. A área de cobertura ao redor dos nós é de 100 metros em área aberta.

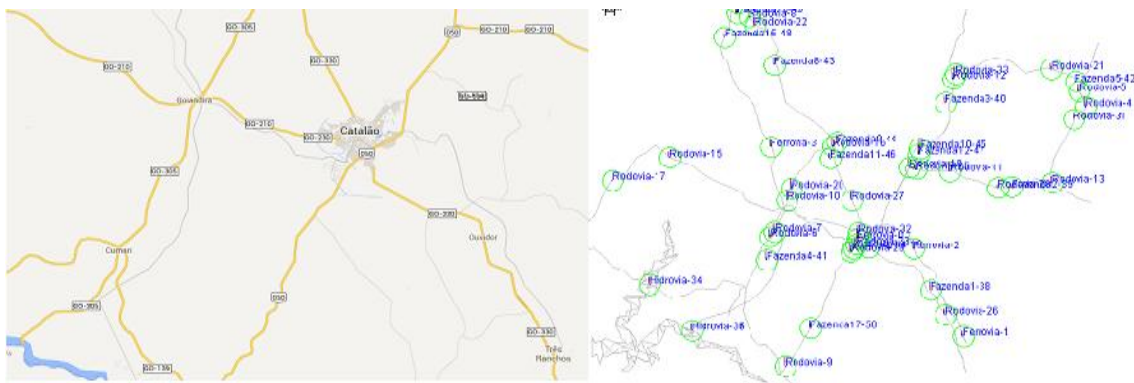


Figura 2. Mapa do cenário e Simulação rodando no cenário escolhido com o roteamento epidêmico.

Os valor de TTL das mensagens é de 1 dia. As mensagens tem tamanho de 2 MB. E o buffer é de 512 MB.

4.2. Resultados

Os resultados ainda superficiais tem por objetivo uma comparação entre os protocolos considerando o TTL de acordo com as métricas de performance.

A figura 3 mostra a probabilidade de entrega dos dois protocolos no cenário avaliado, com TTL 1 dia. Podemos ver que o dLIFE apresenta um probabilidade de entrega superior devido ao grande desperdício de recursos com replicação do epidemic gerando muitas mensagens e diminuindo a taxa de replicas entregues.

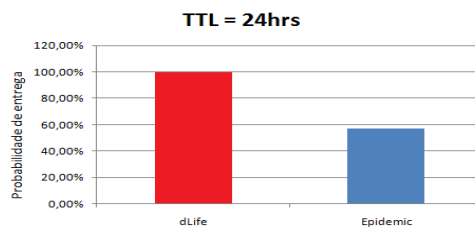


Figura 3. Probabilidade de entrega com TTL de 1 dia.

A Figura 4 apresenta o atraso de entrega em minutos de com TTL de 1 dia. O protocolo dLife claramente apresenta um atraso em torno de menor que o roteamento epidêmico. Pelo modo como o dLIFE toma decisões de envio (independente da noção de comunidade) quando há fortes laços sociais com o destino ou encontros rotineiros para aumentar a probabilidade de entrega da mensagem. Como a rede do cenário tem

bastante interação entre os nós o algoritmo rapidamente se adapta a “comunidade” do cenário, enquanto o roteamento epidêmico acaba criando muitas réplicas, que levam muito tempo para chegar ao destino.

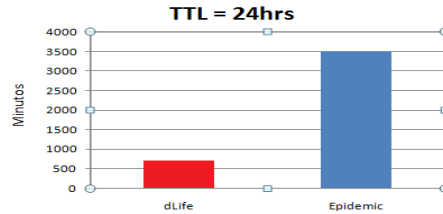


Figura 4. Atraso (minutos) com TTL de 1 dia.

A Figura 5 apresenta a quantidade de réplicas por mensagem, o custo, com TTL de 1 dia. Os resultados se devem ao protocolo dLife ter visão do grafo social e seus nós mais importantes em qualquer instante, independente da noção de uma comunidade diminuindo assim a necessidade de réplicas. Já o epidemic como é natural de sua abordagem gera uma maior taxa de replicação.

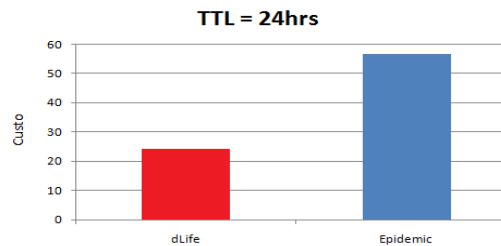


Figura 5. Custo (réplicas) com TTL de 1 dia.

5. Conclusões

Este trabalho visou um estudo de redes oportunistas como alternativa quando o modelo de Internet convencional não se mostra a melhor opção. Nesse conceito abordou-se fatores sociais como suporte ao encaminhamento em protocolos de roteamento oportunistas.

Após conceitos relacionados a redes oportunistas, aplicações e protocolos de roteamento, foi mostrado resultados de uma breve comparação entre protocolos a fim de demonstrar as vantagens de protocolos com base social em opção a abordagens mais rústicas.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar exhaustivamente todos os protocolos de roteamento oportunista com base em aspectos sociais considerando também outros cenários e métodos de simulação. Para além de simulações, pretende-se propor e avaliar os protocolos em um ambiente de teste real.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) através do projeto número 201200544420886 (Edital 005/2012 - Universal).

References

- A. Junior, R. Sofia, A. Costa, Energy-awareness in multihop routing,” IFIP Wireless Days (WD), pp. 1–6, November, 2012.
- A. Keranen, J. Ott, and T. Karkkainen, “The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation,” in SIMUTools’09, (Rome, Italy), March 2009.
- A. Vahdat, D. Becker. “Epidemic Routing for Partially Connected Ad Hoc Networks” (2000).
- Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Up-date, 2011-2016. Relatório técnico.
- K. Fall, “A delay-tolerant network architecture for challenged Internets”, ACM SIGCOMM, 2003.
- M. Melo, “Proposta e Avaliação da Utilização do Tráfego Aeroviário Nacional como Uma Rede Tolerante a Atrasos e Desconexões” Dissertação de Mestrado. 2011.
- Moreira, W.; Mendes, P, " Social-Aware Opportunistic Routing: The New Trend," Routing in Opportunistic Networks, Springer New York, pp.27-68, 2013.
- Moreira, W.; Mendes, P.; Sargento, S., "Opportunistic routing based on daily routines," World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2012 IEEE International Symposium on a , vol., no., pp.1,6, 25-28 June 2012.
- Moreira W., Mendes P., Ferreira R., Cirqueira D., Cerqueira E., “Opportunistic Routing based on Users Daily Life Routine” “draft-moreira-dlife-02” Internet-Draft.
- Mtibaa, A.; May, M.; Diot, C.; Ammar, M., "PeopleRank: Social Opportunistic Forwarding," INFOCOM, 2010 Proceedings IEEE , vol., no., pp.1,5, 14-19 March 2010.
- Ott, J.; Kutscher, D., "A disconnection-tolerant transport for drive-thru Internet environments," INFOCOM 2005 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, vol.3, no., pp.1849,1862 vol. 3, 13-17 March 2005.
- Pan Hui; Crowcroft, J.; Yoneki, E., "BUBBLE Rap: Social-Based Forwarding in Delay-Tolerant Networks," Mobile Computing, IEEE Transactions on , vol.10, no.11, pp.1576,1589, Nov. 2011.
- Pan Hui, Augustin Chaintreau, James Scott, Richard Gass, Jon Crowcroft, and Christophe Diot. 2005. “Pocket switched networks and human mobility in conference environments”. In Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking (WDTN '05).
- Shingo Mabu, Kotaro Hirasawa, and Jinglu Hu. “A Graph-Based Evolutionary Algorithm: Genetic Network Programming (GNP) and Its Extension Using Reinforcement Learning”. *Evol. Comput.* 15, 3 (September 2007), 369-398.
- Ting Liu, Christopher Sadler, Pei Zhang, and Margaret Martonosi. "Implementing Software on Resource-Constrained Mobile Sensors: Experiences with Impala and ZebraNet". To appear in the Second International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys 2004), June 2004.