

Avaliando mobilidade, comunicação e roteamento com o The ONE

Hélio Assakura
Instituto de
Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo
Butantã, São Paulo - SP, 05508-090
Email: helio.assakura@gmail.com

Gabriel Baptista
Instituto de
Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo
Butantã, São Paulo - SP, 05508-090
Email: gabriel.war.bap@gmail.com

Resumo—O objetivo desse relatório é analisar o desempenho de famosos protocolos de roteamento em simulações de situações reais, usando o programa The One.

I. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e a facilidade em possuir dispositivos que podem transmitir dados, é necessário cada vez mais compreender os métodos de roteamento existentes, para assim poder melhorar o custo e eficiência. Foi proposto a simulação de 2 situações reais no The One¹, variando diversos parâmetros, como número de nós, tamanho do buffer, velocidade de transmissão e protocolos de roteamento usados. O desempenho dos protocolos será analisado e sua eficiência julgada para cada situação. I wish you the best of success.

mds

August 26, 2015

II. SITUAÇÃO 1

Para o primeiro caso, simulamos um tipo de evento muito presente nos dias de hoje: festivais musicais. No Brasil temos o *Lollapalooza*², a *Virada Cultural*³, o *Rock in Rio*⁴, e muitos outros. Esse tipo de evento costuma concentrar uma grande quantidade de pessoas em diversos pontos, seja assistindo os eventos, se alimentando ou na fila de entrada. Também é muito comum os organizadores e seguranças transitarem entre esses locais para resolver eventuais problemas. Sendo assim, criamos um esquema que consiste em:

- 3 grupos, com 40, 80 e 200 pessoas cada.
- Para o caso com 40 pessoas, havia 1 organizador transitando. Para 80, 5 organizadores, e para 200, 10 organizadores.
- Conexões de 2 Mbps e 20 Mbps, médias similares as conexões 3g[1] e 4g[2] no Brasil.
- Buffer de 10 Mb e 1000 Mb
- As mensagens tinham entre 2 e 4 Mb
- As pessoas se movimentavam entre 0.5 e 1.5 m/s, e os organizadores de 1 a 2 m/s
- A execução simulava 1 hora do evento

¹<https://akeranen.github.io/the-one/> [Acessado em 04/07/2017]

²<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lollapalooza> Acessado em 04/07/2017

³https://pt.wikipedia.org/wiki/Virada_Cultural Acessado em 04/07/2017

⁴https://pt.wikipedia.org/wiki/Rock_in_Rio Acessado em 04/07/2017

A. Protocolos utilizados

- **Epidemic Routing**: Algoritmo básico de inundação. Sua implementação consiste em replicar as mensagens entre os nós de forma contínua, transmitindo-as a novos nós que não possuem uma cópia da mensagem[3].
- **PRoPHET**: Diferentemente do *Epidemic Routing*, que é efetivo se os encontros entre os nós forem aleatórios, o *Probabilistic Routing Protocol using History of Encounters and Transitivity (PRoPHET)* leva em consideração que na vida real, os encontros são raramente aleatórios, ou seja, a movimentação dos nós é previsível. Ele calcula o conjunto das probabilidades da quantidade de mensagens entregues na DTN (delay-tolerant network) e replica as mensagens apenas em momentos oportunos, ou seja, se o receptor tiver uma boa chance de entregá-la[4].
- **Spray and Wait**: Esse tipo de roteamento tenta juntar as vantagens de roteamentos *replication-based* e roteamentos *forwarding-based*. Ele consiste em 2 fases: a fase de "espalhamento" e a de "espera". Quando há uma nova mensagem, um número L é fixado nela, que significa a quantidade máxima de cópias da mensagem na rede. Na fase de espalhamento, o nó de origem da mensagem fica responsável por espalhar L cópias da mensagem a L transmissores diferentes. Quando um transmissor recebe a cópia, ele entra na fase de espera, segurando a mensagem até que o destino seja encontrado[5]. Uma descrição mais completa de DTNs e dos protocolos pode ser encontrada em [6].

B. Testes

Para a realização dos testes, variaram a quantidade de nós por grupo (40, 80, 200), a velocidade da conexão (2 e 20 MB), tamanho do buffer (10 e 1000 MB) e o protocolo escolhido (Epidemic Routing, PRoPHET e Spray and Wait). Ao total, foram feitos $3 \times 2 \times 2 \times 3 = 36$ testes. A versão utilizada do The ONE foi a v1.6.0. As configurações para o Spray and Wait são as padrões ao executar o programa.

Esperamos um desempenho melhor do Spray and Wait em relação aos outros dois algoritmos, com uma menor quantidade de comunicações (devido a limitação L), menor quantidade de saltos, menor overhead e uma maior quantidade de mensagens

entregues. Comparando o *Epidemic* e o *PRoPHET*, esperamos que o segundo seja melhor em todos os aspectos analisados. Com o conjunto de probabilidades da efetividade dos nós, esperamos que a entrega seja mais efetiva. Conforme o buffer aumenta, a cresce também o número de mensagens entregues pelos 2 primeiros algoritmos e diminui o overhead.

C. Resultados

Os dados retirados dos testes foram obtidos pelo próprio The ONE. Foram calculados:

- Diversos dados referentes as mensagens (quantidade criada, recebida, média do tempo de latência, dentre outros).
- Quantidade de buffer utilizado.
- Comparação entre encontros e encontros únicos.

As tabelas I, II e III mostram, respectivamente, os resultados dos experimentos para clusters de tamanhos 40, 80 e 200, usando os 3 algoritmos. Os experimentos mostrados nas tabelas tem velocidade de 2 MB, buffer de tamanho 10 Mb e ao total foram emitidas 120 mensagens. A tabela IV mostra a melhora de desempenho na entrega de mensagens, quantidade de comunicações iniciadas e no overhead, para 200 nós e buffer de tamanho 1000 Mb.

| | Epidemic | PRoPHET | Spray and Wait |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| Quant. de comunicações | 12264 | 11087 | 716 |
| Mensagens entregues | 0.216 | 0.216 | 0.35 |
| Média de latência | 812.2 | 474.1 | 274.8 |
| Média de saltos | 5.8 | 2.8 | 1.9 |
| Média de tempo no buffer | 125.52 | 102.5 | 1176.9 |
| Taxa de overhead | 376.1 | 358.5 | 13.57 |

Tabela I
RESULTADOS PARA 40 NÓS POR CLUSTER

| | Epidemic | PRoPHET | Spray and Wait |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| Quant. de comunicações | 54440 | 52732 | 761 |
| Mensagens entregues | 0.158 | 0.308 | 0.516 |
| Média de latência | 617.5 | 486.9 | 347.8 |
| Média de saltos | 7.3 | 4.7 | 2.0 |
| Média de tempo no buffer | 60.7 | 55.2 | 1387.9 |
| Taxa de overhead | 2370.8 | 1193.5 | 9.4 |

Tabela II
RESULTADOS PARA 80 NÓS POR CLUSTER

| | Epidemic | PRoPHET | Spray and Wait |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| Quant. de comunicações | 341109 | 297401 | 745 |
| Mensagens entregues | 0.125 | 0.250 | 0.925 |
| Média de latência | 139.0 | 318.0 | 268.7 |
| Média de saltos | 9.7 | 6.6 | 2.1 |
| Média de tempo no buffer | 21.9 | 23.3 | 1486.6 |
| Taxa de overhead | 19547.8 | 8457.7 | 5.3 |

Tabela III
RESULTADOS PARA 200 NÓS POR CLUSTER

| | Epidemic | PRoPHET | Spray and Wait |
|------------------------|----------|---------|----------------|
| Quant. de comunicações | 65556 | 66820 | 745 |
| Mensagens entregues | 0.991 | 0.950 | 0.925 |
| Taxa de overhead | 449.9 | 458.9 | 5.3 |

Tabela IV
RESULTADOS PARA 200 NÓS POR CLUSTER COM 1000 MB DE BUFFER

Como esperado, o desempenho do Spray and Wait foi consideravelmente melhor em todos os experimentos com buffer de 10 MB, tendo um overhead muito mais baixo comparado aos outros algoritmos, quantidade de pulos menor e entregou mais mensagens, apesar de apresentar latência maior para 600 nós. Assim como esperado, seu buffer time ficou grande, devido a sua forma de implementação, e a quantidade de comunicações iniciadas foi bem menor que os demais. O PRoPHET também foi melhor que o Epidemic, entregando mais mensagens, com menor latência e menor quantidade de saltos, além de ter um overhead menor.

Ao aumentarmos o tamanho do buffer para 1000 MB, permitimos que tanto o Epidemic quanto o PRoPHET consigam propagar livremente as mensagens, aumentando drasticamente a quantidade de mensagens entregues. Como o buffer tem bastante capacidade, o uso do conjunto de probabilidades do PRoPHET se torna menos útil, aumentando a latência, por exemplo.

III. SITUAÇÃO 2

Um outro cenário bastante comum no nosso dia-a-dia, é a locomoção de pessoas, seja para ir para o local de trabalho, estudo ou ainda mesmo para lazer. No entanto essa movimentação depende tanto dos locais, quanto do horário em questão, por isso, criamos um esquema que considera essas diferenças:

- 3 grupos, com 40, 100 e 400 pessoas cada.
- Para todos os grupos, consideramos a mesma quantidade de transporte público disponível, sendo no grupo com maior número de pessoas, simula-se o horário de pico em uma cidade grande.
- Conexões de 2 Mbps e 20 Mbps, médias similares as conexões 3g[1] e 4g[2] no Brasil.
- Buffer de 500 Mb e 1000 Mb

- As mensagens tinham entre 2 e 4 Mb
- As pessoas se movimentavam entre 0.5 e 1.5 m/s, e os meios de locomoção de 10 a 20 m/s
- A execução simulava 1 hora de locomoção na cidade.

A. Protocolos utilizados

- **First Contact:** Algoritmo que começa a transmissão de mensagens de forma arbitrária, após isso, começa a analisar se a mensagem já passou pelo nó em questão, e se for a primeira vez que está chegando nele a mensagem é transmitida a ele e pode vir a ser transmitida a um outro através dele. Uma descrição mais completa deste protocolo pode ser encontrada em [7].
- **Direct Delivery:** Diferentemente do *First Contact*, o início da transmissão das mensagens não é feito de forma arbitrária, o algoritmo considera um caminho que leva diretamente ao nó destino e com isso, transmite a mensagem a algum nó desse caminho.
- **Spray and Wait:** Esse tipo de roteamento tenta juntar as vantagens de roteamentos *replication-based* e roteamentos *forwarding-based*. Ele consiste em 2 fases: a fase de "espalhamento" e a de "espera". Quando há uma nova mensagem, um número L é fixado nela, que significa a quantidade máxima de cópias da mensagem na rede. Na fase de espalhamento, o nó de origem da mensagem fica responsável por espalhar L cópias da mensagem a L transmissores diferentes. Quando um transmissor recebe a cópia, ele entra na fase de espera, segurando a mensagem até que o destino seja encontrado[5]. Uma descrição mais completa de DTNs e dos protocolos pode ser encontrada em [6].

B. Testes

Para a realização dos testes, variaram a quantidade de nós por grupo (40, 100, 400), a velocidade da conexão (2 e 4 MB), tamanho do buffer (500 e 1000 MB) e o protocolo escolhido (First Contact, Direct e Spray and Wait). Ao total, foram feitos $3 \times 2 \times 2 \times 3 = 36$ testes. A versão utilizada do The ONE foi a v1.6.0. As configurações para o Spray and Wait são as padrões ao executar o programa.

De acordo com o descrito acima, espera-se que o *DirectDelivery* seja o mais eficiente, pois envia a mensagem diretamente no caminho do destinatário, enquanto o *SprayAndWait* deve ser o mais demorado, pois precisa duplicar a mensagem e aguardar um retorno para o nó emissor da mesma, já o *FirstContact* deve ser de alguma maneira eficiente, pois não passa a mensagem duas vezes no mesmo nó, porém pode dar o azar de começar mandando a mensagem para um caminho que não leve ao destinatário e assim tendo que aumentar o tempo necessário. Conforme o buffer aumenta, a cresce também o número de mensagens entregues pelos 2 primeiros algoritmos e diminui o overhead.

C. Resultados

Os dados retirados dos testes foram obtidos pelo próprio The ONE. Foram calculados:

- Diversos dados referentes as mensagens (quantidade criada, recebida, média do tempo de latência, dentre outros).
- Quantidade de buffer utilizado.
- Comparação entre encontros e encontros únicos.

As tabelas V, VI e VII mostram, respectivamente, os resultados dos experimentos de tamanhos 40, 100 e 400, usando os 3 algoritmos. Os experimentos mostrados nas tabelas tem velocidade de 2 MB, buffer de tamanho 500 Mb e ao total foram emitidas 100 mensagens. A tabela VIII mostra a melhora de desempenho na entrega de mensagens, quantidade de comunicações iniciadas e no overhead, para 400 nós e buffer de tamanho 1000 Mb.

| | First Contact | Direct Delivery | Spray and Wait |
|--------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Quant. de comunicações | 13465 | 14123 | 986 |
| Mensagens entregues | 0.308 | 0.376 | 0.307 |
| Média de latência | 378.9 | 270.1 | 409.1 |
| Média de saltos | 6.1 | 4.2 | 5.6 |
| Média de tempo no buffer | 129.7 | 78.3 | 1348.1 |
| Taxa de overhead | 120.4 | 115.6 | 17.8 |

Tabela V
RESULTADOS PARA 40 NÓS

| | First Contact | Direct Delivery | Spray and Wait |
|--------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Quant. de comunicações | 63009 | 64037 | 961 |
| Mensagens entregues | 0.612 | 0.798 | 0.593 |
| Média de latência | 831.1 | 687.9 | 478.1 |
| Média de saltos | 7.2 | 4.5 | 4.1 |
| Média de tempo no buffer | 75.2 | 70.6 | 1509.2 |
| Taxa de overhead | 2408.3 | 1340.2 | 11.4 |

Tabela VI
RESULTADOS PARA 100 NÓS

| | First Contact | Direct Delivery | Spray and Wait |
|--------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Quant. de comunicações | 459830 | 461983 | 1234 |
| Mensagens entregues | 0.790 | 0.898 | 0.945 |
| Média de latência | 189.0 | 173.0 | 200.1 |
| Média de saltos | 2.5 | 2.4 | 2.5 |
| Média de tempo no buffer | 27.1 | 26.3 | 1509.3 |
| Taxa de overhead | 25673.8 | 23440.7 | 14.3 |

Tabela VII
RESULTADOS PARA 400 NÓS

| | First Contact | Direct Delivery | Spray and Wait |
|------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Quant. de comunicações | 153210 | 161343 | 1235 |
| Mensagens entregues | 0.992 | 0.999 | 0.915 |
| Taxa de overhead | 467.2 | 400.9 | 4.1 |

Tabela VIII
RESULTADOS PARA 400 NÓS COM 1000 MB DE BUFFER

Como esperado, o desempenho do Direct Delivery(DD) foi consideravelmente melhor em quase todos os experimentos para ambas quantidades de buffer disponíveis, quantidade de pulos menor e entregou mais mensagens, com uma taxa de latência considerada boa, porém em todos os experimentos, o Spray and Wait teve um overhead muito mais baixo comparado aos outros algoritmos. Assim como esperado, seu buffer time ficou grande, devido a sua forma de implementação, que duplica as mensagens. O First Contact(FC) no geral, foi melhor que o Spray and Wait, apenas perdendo no quesito taxa de overhead, pois o FC acaba seguindo as características de DD, apenas diferindo por não começar sempre no caminho que leva ao destinatário da mensagem em questão diretamente.

Ao aumentarmos o tamanho do buffer para 1000 MB, permitimos que todos os protocolos consigam propagar livremente as mensagens, aumentando drasticamente a quantidade de mensagens entregues em um período de tempo menor.

IV. CONCLUSÃO

Ao usar o The ONE, pudemos comparar as diversas formas de roteamento em possíveis casos reais. Ficou claro a influência de certos parâmetros com o desempenho dos algoritmos e os resultados mostraram bem a forma como são implementados e suas consequências. Essa ferramenta é simples de ser usada e proporciona uma boa de aprendizado sobre DTNs.

REFERÊNCIAS

- [1] ZANATTA, R., *Internet Móvel no Brasil: Análise das redes 2G e 3G no país*. Disponível em: <http://www.idec.org.br/pdf/analise-internet-movel-brasil-2g-3g.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2017.
- [2] Autor desconhecido, *The State of LTE*. Disponível em: <https://opensignal.com/reports-data/global/data-2016-11/report.pdf>. Nov. 2016. Acesso em: 04 jul. 2017.
- [3] VAHDAT, A.; BECKER, D. Epidemic routing for partially connected ad hoc networks. Technical Report CS-2000-06, Department of Computer Science, Duke University, Abr. 2000.
- [4] ORIA, A.; SCHELN, O. Probabilistic routing in intermittently connected networks. In: Proceedings of the Fourth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2003), 2003.
- [5] SPYROPOULOS, T.; PSOUNIS, K.; RAGHAVENDRA, C. Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks. In: WDTN '05: Proceeding of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking, 2015.
- [6] ROUTING in delay-tolerant networking In: "Wikipédia: the free encyclopedia". Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Routing_in_delay-tolerant_networking. Acesso em: 04 jul. 2017. <http://chairs.cs.ucsb.edu/2005/papers/paper-SpyPso.pdf>
- [7] ANEJA, M.; GARGA, V.: Simulation of Epidemic, Spray and Wait and First Contact Routing Protocols in Delay Tolerant Network. Disponível em: http://www.iosrjournals.org/iosr-jecce/papers/AETM%2715_ECE/06-ECE-173.pdf. Acesso em 04 jul.2017