

Uma Técnica de Encaminhamento de Pacotes Baseada em Caminhos de Menor Atraso Através das Estimções da Taxa e Comprimento de Pacotes

João Marcos Bueno da Silva¹, Shusaburo Motoyama²

^{1,2}Programa de Mestrado em Ciências da Computação
Faculdade Campo Limpo Paulista (FACCAMP) – Campo Limpo Paulista, SP – Brasil

{djonines, shumotoyama}@gmail.com

***Abstract.** A proposal for packet routing technique based on least delay path through the packet rate and length estimation is discussed in this paper. The obtained estimations, in each node, are used to verify the behavior of the buffer in relation to packets delay. Through these delays the paths of least delay are defined within the network. The discussions of how packet rate and length estimation can be obtained and how the proposal can be proven are presented. In addition, a short survey is also presented describing the main routing algorithms found in the recent literature.*

***Resumo.** Neste artigo é discutida uma proposta de encaminhamento de pacotes baseada em caminhos de menor atraso através das estimções da taxa e do comprimento do pacote. As estimções obtidas em cada nó são utilizadas para verificar o comportamento do buffer em relação ao atraso dos pacotes. Através desses atrasos são definidos os caminhos de menor atraso dentro da rede. As discussões de como as estimativas da taxa e de comprimento de pacotes podem ser obtidas e utilizadas e de como a proposta pode ser comprovada são apresentadas. Além disso, é apresentada também uma pesquisa bibliográfica descrevendo os principais algoritmos de encaminhamento encontrados na literatura recente.*

1. Introdução

A Internet das Coisas, IoT (Internet of Things), é uma tecnologia atualmente intensamente pesquisada, objetivando a comunicação entre todos os objetos (coisas) e também com os seres humanos. Espera-se que essa tecnologia traga uma profunda mudança na sociedade [Ashton, 2009] e há uma previsão de 212 bilhões de coisas conectadas até 2020 [Zaslavsky, Jayaraman, 2015].

A tecnologia IoT está sendo possível graças a diversos fatores, entre eles a evolução das Redes de Sensores sem Fio (RSSFs). As RSSFs são formadas por centenas ou milhares de dispositivos autônomos chamados nós sensores, que são projetados com pequenas dimensões. As RSSFs têm como objetivo monitorar ou controlar um ambiente, normalmente, sem intervenção humana. Os nós sensores coletam dados sobre fenômenos de interesse, realizam processamento local e disseminam os dados usando, por exemplo, comunicação multi-saltos [Ruiz et al., 2004].

As RSSFs apresentam uma grande variedade de novos problemas que com afinco estão sendo estudados e propostas soluções. Segurança na transmissão dos dados, tolerância a falhas, topologia da rede, restrições de hardware, consumo de energia e roteamento são apenas alguns problemas a serem citados.

No caso de roteamento, cuja principal função é prover o serviço pelo qual a rede consegue identificar o destinatário das mensagens e encontrar um caminho entre a origem e o destino, as técnicas tradicionalmente utilizadas nas redes atuais, como por ex., menor número de saltos, podem não ser adequadas para a IoT. Por exemplo, em redes de aplicações médicas, é essencial que os dados sejam enviados mais rapidamente possível, quase em tempo real e com segurança. No roteamento do tipo menor número de saltos, utilizado na Internet atual, os pacotes podem chegar ao destino com um atraso considerável. Assim novas técnicas de roteamento específicas para cada aplicação devem ser pesquisadas. O objetivo deste trabalho é propor uma técnica de roteamento de pacotes adequada para redes IoTs que necessitem tratamento da dados em tempo real, como, por ex., em rede de aplicação médica. A técnica a ser proposta utilizará o conceito de caminho de menor atraso. Nesta técnica, far-se-á uma estimativa de atraso dos pacotes em cada nó, através das medições das taxas de chegadas e de comprimentos de pacotes e utilização de uma fórmula da teoria de fila. O caminho de roteamento será aquele que tiver menor atraso.

O artigo está organizado em três seções. Na segunda seção, são discutidos os principais tipos de encaminhamento para RSSFs. Na terceira seção é descrita em detalhes a técnica proposta neste trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

Nesta seção são apresentados alguns dos muitos tipos de encaminhamento destinados para RSSFs. A técnica proposta em [Plovas16] é um tipo de encaminhamento baseado em tabelas de roteamento voltado para redes de aplicação médica (WBAN) baseada no menor atraso obtido pela contagem de pacotes que estão no buffer da fila de cada nó e do comprimento dos pacotes. As contagens são feitas de forma contínua e, periodicamente, cada nó atualiza sua tabela de contagens e transmite para os nós vizinhos. Um problema nessa técnica de encaminhamento é que ela se baseia na quantidade de pacotes do buffer do nó e essa quantidade varia muito rapidamente e indica somente uma situação momentânea do nó e que talvez não seja situação crítica de acumulação de pacotes. Pode existir uma necessidade excessiva de mudança de roteamento, o que gasta demasiada energia.

Em [Liu et al., 2015] é proposto um protocolo de caminho múltiplo para redes médicas baseado na confiabilidade do caminho em tempo real, que é medida pela análise da estabilidade e o atraso dos nós vizinhos com os demais nós. Essa estabilidade produz um índice de confiabilidade chamado LRF (Link Reliability Factor) e o atraso entre os caminhos selecionados possui um índice chamado de PTF (Path Time Factor). Esses dois fatores são utilizados para a construção de pelo menos 3 caminhos entre o nó origem e o destino. Em [Taneeru, Jain, 2016] é proposto um protocolo eficiente para o agrupamento de nós sensores e controle de acesso ao meio (MAC) que aumenta a vida útil energética dos nós chamado Convergent-MAC. Quando os nós se agrupam apenas o

nó com maior energia é eleito para transmissão (cluster head) dos dados para os demais nós eleitos e a estação base (sink node).

Em [Kim, et al., 2014] é discutido um protocolo de roteamento multicast (um para muitos) eficiente baseado na ramificação de uma RSSF chamado APCP. Utiliza uma abordagem de controle de caminho eficiente iniciada por fonte (de cima para baixo) para criar um caminho de multicast inicial baseado em ramificação. No entanto, para superar o custo de manutenção caro da abordagem de cima para baixo, o APCP executa de forma adaptativa os esquemas de junção de cima para baixo e de baixo para cima usando uma fórmula para medir a qualidade do caminho de multicast e sobrecarga, denominada fator de qualidade da ramificação (BQF – Branch Quality Factor).

Um protocolo de eficiência energética chamado ZEEP é proposto em [Srivastava, Sudarshan, 2013]. Projetado para nós estacionários e móveis, não requer mecanismos excessivos para descoberta de caminho, manutenção de rota ou manutenção de grandes tabelas de roteamento. Ele usa o conceito de encaminhamento dinâmico e agrupamento de nós. Um nó cabeça do agrupamento (cluster head) é eleito baseado em menor mobilidade e maior energia e seu papel é enviar os dados do seu agrupamento para o próximo cluster head em direção à estação base (sink node).

Em [Kim et al., 2011] é proposto um esquema adaptativo de descoberta de rotas para reduzir a sobrecarga de controle por transmissão a partir de mensagens enviadas pelo nó sink. Através dessas mensagens os nós conseguem criar uma árvore de roteamento em direção ao nó sink. Por outro lado, em [Romdhani et al., 2011] é apresentado um algoritmo de coleta de dados para nós heterogêneos, isto é, de diferentes fabricantes e alcances em uma rede com nós estáticos. Essa heterogeneidade causa assimetria e conseqüentemente diferentes alcances entre os nós. O protocolo propõe utilizar os nós de forma assimétrica através da utilização de um ranking baseado na distância do nó sink. Quanto menor a distância, menor o ranking. Por fim, em [Kaji, Yoshihiro, 2017] é discutido um algoritmo e um esquema de roteamento para calcular e utilizar caminhos de desvio de forma adaptativa de acordo com as condições de tráfego na rede. Os caminhos de desvio não utilizam os nós da área congestionada.

3. Proposta de Trabalho

Em [Plovas16] é apresentada uma proposta de roteamento de caminho de menor atraso na rede. Nessa proposta, o *buffer* é monitorado constantemente e é feita uma contagem de acúmulo de pacotes em cada nó. Quando a contagem chega a um valor de gatilho predefinido em um nó, novos caminhos de menor atraso são calculados através do algoritmo de Dijkstra, e todos os caminhos de roteamento são alterados. Esta técnica se mostrou bastante adequada em vários casos de redes analisados [Plovas16]. Entretanto, essa contagem de acúmulo de pacotes constantemente pode ser uma situação momentânea e não representa uma situação crítica que tenha necessidade de mudança de roteamento. Além disso, o roteamento baseado em contagem com gatilho em cada nó pode ocorrer excessos de cálculos de novos caminhos de roteamento.

A técnica de roteamento proposta neste trabalho utilizará o mesmo conceito de caminho de menor atraso, entretanto, para estimar o atraso em cada nó, fará medições da taxa e de comprimento de pacotes na entrada de cada nó e utilizará uma fórmula

matemática de fila para estimar o atraso em cada nó. A idéia é fazer uma estimativa de atraso através das medições frequentes e não basear somente em um valor de acúmulo de pacote instantâneo. Assim, a tomada de decisão de mudança de roteamento e divulgação das novas rotas somente ocorrerá após comprovação que a quantidade de pacotes está aumentando.

3.1- Proposta Detalhada

Supõe-se que cada nó possui um *buffer*, e as taxas de chegada e de saída de pacotes são denominadas λ e μ , respectivamente, como mostrado na Fig.1.

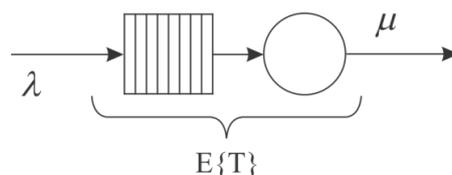


Figura 1. Modelo de *buffer* em cada nó.

Para estimar as taxas de entrada λ e de saída μ através das medições, um intervalo de tempo é dividido em cinco subintervalos, como mostrado na Fig. 2. As contagens de pacotes e seus respectivos tamanhos são feitas somente nos intervalos denominados de amostras. Após a terceira amostra são calculadas as médias das taxas de chegadas e de tamanhos de pacotes.

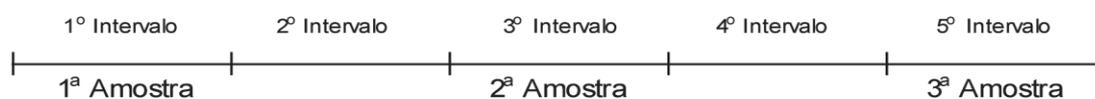


Figura 2. Exemplo da amostragem em intervalos de tempo da quantidade de pacotes e tamanho dos pacotes

Ao término da terceira amostra é feita, também, a estimativa do tempo médio de atraso. Para essa estimativa será utilizada a fórmula de uma fila do tipo M/M/1, como uma primeira aproximação. A fórmula de uma fila M/M/1 é bem conhecida e é dada por:

$$E\{T\} = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (1)$$

Os valores médios das taxas de chegadas e de saídas, obtidas na terceira amostra são utilizadas para estimar o valor de atraso $E\{T\}$. A taxa de saída é obtida pelo inverso da média dos tamanhos de pacotes. O valor de atraso obtido é comparado a um limiar L pré-estabelecido que servirá de parâmetro para verificação se o tempo dos pacotes em cada nó está aumentando ou não. Se ultrapassar o valor do limiar L , indicará a formação de gargalo e será executado o algoritmo de Dijkstra, atribuindo para aquele nó um peso maior, fazendo com que todos os nós refaçam suas tabelas de roteamento e cada nó procura um caminho de menor atraso para outros nós.

Para verificar a eficiência do algoritmo de roteamento proposto neste trabalho será utilizado o simulador de redes Omnet++ [Varga, 2001]. Trata-se de um simulador de eventos discretos onde é possível construir módulos customizáveis e hierárquicos e é um software de código aberto.

Várias atividades são previstas neste trabalho. Inicialmente, far-se-á escolha de uma rede simples e será implementada a técnica de roteamento proposta, para verificar quais devem ser os intervalos de tempo adequados, e também se a fórmula de atraso da fila M/M/1 é razoável ou necessitará de uma fórmula mais elaborada. Após essa fase, será escolhida uma rede mais sofisticada, com pontos de gargalo, e será implementada a técnica proposta. Os resultados obtidos serão comparados com a técnica de roteamento baseada em menor número de saltos, e também com a técnica proposta em [Plovas16].

Referências

- Ashton, J. (2009), “That ‘Internet of Things’ Thing”, In: RFID Journal, 2009, p. 97-114.
- Zaslavsky, A., Jayaraman P. P. (2015), “Discovery in the Internet of Things: The Internet of Things”, In: Ubiquity Symposium. Ubiquity 2015, Article 2.
- Ruiz, L. B., Correia, L. H. A., Vieira, L. F. M., Macedo, D. F., Nakamura, E. F., Figueiredo, C. M., Vieira, M. A. M., Bechelane, E. H., Camara, D., Loureiro, A. A., et al. (2004), “Arquiteturas para redes de sensores sem fio”.
- Plovas, R., Motoyama, S. (2016), “A routing Technique Based on Least Delay Path for Medical Application Networks”, In: The 15th International Conference on Wireless Networks (ICWN’16: July 25-28, 2016, Las Vegas, USA), p. 115-120.
- Liu, S. H., Lou, Y., Zeng, W., Zhai, J. (2015), “A Reliable Multi-path Routing Approach for Medical Wireless Sensor Networks”, In: International Conference on Identification, Information, and Knowledge in the Internet of Things (IIKI), 2015, p. 126-129.
- Taneeru, S., Jain, P. C. (2015), “Energy efficient multilayer protocol for wireless sensor networks”, In: 39th National Systems Conference (NSC), 2015, p. 1-6.
- Kim, D., Song, S., Choi, B. (2014), “APCP: Adaptive Path Control Protocol for Efficient Branch-based Multicast Routing in Wireless Sensor Networks”, In: 10th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, 2014, p. 96-104.
- Srivastava, J. R., Sudarshan, T. S. B. (2013), “ZEEP: Zone based Energy Efficient Routing Protocol for Mobile Sensor Networks”, In: International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2013. p. 990-996.
- Kim, D., Park, S., Kim B., Cho, J. (2011). “Adaptive Route Discovery for Wireless Sensor Networks”, In: ICT Convergence (ICTC), 2011, p. 250-254.
- Romdhani, B., Barthel, D., Valois, F. (2011). “Routing for Data-Collection in Heterogeneous Wireless Sensor Networks”. In: IEEE 73rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2011, p. 1-5.
- Kaji, K., Yoshihiro, T. (2017). “Adaptative Rerouting to Avoid Local Congestion in MANETs”, In: 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2017, p. 1-6.
- Varga, A. et al. (2001). “The omnet++ discrete event simulation system”. In: Proceedings of the European simulation multiconference (ESM’2001), volume 9, p. 65.