

# Uma representação de *Bluetooth* guiada usando algoritmos distribuídos e grafos dinâmicos

Célio Márcio Soares Ferreira, Ricardo Augusto Rabelo Oliveira  
PPGCC - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação  
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto  
Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil  
email: celio@linuxplace.com.br,rrabelo@gmail.com

**Resumo**—Este trabalho tem como objetivo abordar o uso de algoritmos distribuídos para simulações de descoberta em redes que possuem características de negociação de canal inicial e comunicação através de saltos de frequência. A representação destes nós que conseguiram negociar será feita através de grafos dinâmicos na forma de co-grafo e co-tree, compostas pelos nódos ativos e inativos. E por meio de simulações, propor um novo cenário de identificação durante a fase de *discovery*, *inquiry* em uma tecnologia prática como o *Bluetooth*.

**Keywords**-computação móvel, algoritmos distribuídos, grafos dinâmicos, *mobile*, *Bluetooth*, algoritmos, complexidade.

## I. INTRODUÇÃO

O uso de dispositivos móveis vem ganhando cada vez mais espaço no uso cotidiano. Um visível crescimento na comercialização e fabricação destes dispositivos vem levando a uma rápida disseminação e adesão em quase todos os níveis de nossa sociedade. Boa parte deste fenômeno comercial e tecnológico, advém da grande popularização no uso diário de telefones celulares, *smarthphones* e recentemente *tablets*. O sonho mercadológico de termos eletrodomésticos, games, automóveis, roupas e monitoramento de suporte a vida totalmente capazes de se comunicar sem cabos já é uma realidade.

Frente a este quadro, surge cada vez mais a necessidade de simularmos novos cenários e seus mais variados problemas típicos das redes sem fio. A característica pervasiva destes dispositivos vem levando a um surgimento de tecnologias e técnicas cada vez mais complexas e apuradas, afim de propiciar um preciso gerenciamento e monitoramento do comportamento destes dispositivos.

Neste artigo será abordada a modelagem e simulação do comportamento de redes que tenham como característica a negociação de canal inicial, mais conhecido como *frequency hopping* – salto de frequência, e e que possuam características *adhoc*, como o *Bluetooth*.

O processo de *discovery* será simulado em um *framework* de modelagem de rede distribuída, mais especificamente o *DAJ*. Onde nele será reproduzido o modelo proposto para um novo cenário de *inquiry* ao *Bluetooth*.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção II apresenta a justificativa deste projeto. Os objetivos são

apresentados na Seção III.

## II. JUSTIFICATIVAS

Quando dispositivos como fones de ouvido, *mouses*, teclados, conectam a um computador ou até mesmo durante a conexão de dois dispositivos em modo *adhoc*, observamos que existe um certo controle visual do que está acontecendo durante a conexão, possibilitando a percepção de quem parou ou quem conectou. Por outro lado em dispositivos que usam a tecnologia de comunicação *Bluetooth*, uma das mais populares, tal acompanhamento não é trivial. Muitas vezes, demora-se um certo tempo até que os elementos comunicantes estejam conectados e a validação dessa conexão pode ser demorada [1].

Ao tentar conectar os mesmos dispositivos, em muitos casos ocorrem latências e as vezes até mesmo a não identificação de um dispositivo durante a requisição de conexão. Surgem então indagações como: Quem tentou conectar primeiro? Quem conseguiu autenticar? Em qual ordem? Questões estas, se tornam cruciais em situações que a conexão entre equipamentos fazem o tráfego de informações de segurança, mas não podem ser respondidas somente com uso de uma tecnologia somente.

Em [1] é recomendado o uso do infra-vermelho para identificar os elementos da comunicação. [2] recomenda o uso do *RFID* para a identificação por proximidade. Ambos os casos são usados para lidar com este problema na tecnologia *Bluetooth*. É neste cenário que vemos a relevância de simular e propor alternativas ao atual processo de conexão entre dispositivos, remodelando a tecnologia, usando algoritmos distribuídos e grafos dinâmicos.

Estes experimentos permitirão verificar o real comportamento do *Bluetooth* em seus diversos estados em ambiente simulado e propor novas rotinas ao cenário convencional de sua fase de *inquiry/discovery*.

## III. OBJETIVOS

O objetivo do artigo visa descrever a tecnologia *Bluetooth* e identificar seus problemas através de algoritmos distribuídos. Em um algoritmo distribuído consideramos todos os nós como iguais sem distinção entre eles, e todos

mandam mensagens para todos. Todos os pontos processam o mesmo algoritmo, ou seja numa rede espera-se que todos estejam com o mesmo código, somente se distinguindo por identificadores individuais como descrito em [3].

A análise de complexidade dos algoritmos distribuídos difere dos algoritmos convencionais, onde além dos tradicionais tempo e espaço, precisa ser analisada a quantidade de troca de mensagens até que o algoritmo entre em convergência. A complexidade de troca de mensagens fica em função de  $n$  dispositivos e  $m$  pontos de conexão entre estes. Tratando-se de um ambiente de rede sem fio,  $m$  é o alcance da rede no qual se existe  $m$ , existe comunicação.

Como objetivo específico, o algoritmo de conexão do *Bluetooth* será modelado, sua complexidade analisada e os algoritmos clássicos da área de algoritmos distribuídos, como o *Snapshot distribuído* e o *Propagated Information with Feedback* [3] serão comparados.

#### IV. METODOLOGIA

Quando modelamos este ambiente em um grafo, temos cada *node* como um vértice e as arestas como os alcances  $G(V, A)$ , no qual  $|V| = n$  e  $|A| = m$ , onde o grau de cada vértice  $n_i$  é definido como o tamanho do conjunto de nós que estão dentro do raio de alcance da comunicação de  $n_i$ . Tendo um algoritmo distribuído que execute sobre um grafo, temos um modelo onde as arestas mudam rapidamente.

Neste contexto, o grafo dinâmico mostra ser a alternativa mais interessante, pois o mesmo possui representações através de co-grafo e *co-tree*, para mostrar os vértices e arestas que trocam ou desligam. Sendo nosso objetivo simular o processo de *discovery* de uma rede *ad hoc* com salto de frequência, teremos uma representação dos grafos dinâmicos dos nós no *range* de alcance e dos que conseguiram fazer *inquiry*.

Segundo [4], podemos tratar uma definição formal do *Bluetooth* em grafos, usando as seguintes notações. Uma topologia *Bluetooth* pode ser descrita em grafos por  $BT(r(n), c(n))$  e um grafo  $G = (V_n, E_n)$  definidos por:

- $V(n)$  conjunto dinâmico de pontos
- $E(n)$  conjunto de arestas obtidas no conjunto dinâmico de  $c(n)$  vizinhos e das suas distâncias  $r(n)$ , sendo que uma aresta  $(u, v)$  só existirá se  $u$  seleciona  $v$  ou vice versa.

Segundo [5] cada co-grafo pode ser associado a uma *co-tree*  $T$ , chamada de *co-tree* de  $G$ . Cada *node* na *co-tree* tem um *label* 0 ou 1 que representa nós de união e nós em produção. Esta representação pode ser usada na simulação como, 1 quem conseguiu *inquiry*, e 0 quem não conseguiu mas ainda se encontra no *range* de comunicação.

#### V. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se gerar um modelo teórico de *Bluetooth* em algoritmos distribuídos e grafos dinâmicos, comparando este modelo com uma solução guiada como *IRDA*, *RFID*

e *NFC*, recomendando melhorias ao protocolo *Bluetooth*. Por meio de análises de complexidade dos algoritmos e das simulações, será avaliada a eficiência da adoção desta estratégia em casos de uso onde existe por requisitos de segurança, a necessidade de saber exatamente quem está tentando conexão.

#### REFERÊNCIAS

- [1] R. Woodings, D. Joos, T. Clifton, and C. Knutson, "Rapid heterogeneous ad hoc connection establishment: accelerating bluetooth inquiry using irda," in *Wireless Communications and Networking Conference, 2002. WCNC2002. 2002 IEEE*, vol. 1, mar 2002, pp. 342 – 349 vol.1.
- [2] T. Salminen, S. Hosio, and J. Riekkii, "Enhancing bluetooth connectivity with rfid," *Pervasive Computing and Communications, IEEE International Conference on*, vol. 0, pp. 36–41, 2006.
- [3] V. C. Barbosa, *An introduction to distributed algorithms*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1996.
- [4] A. Pettarin, A. Pietracaprina, and G. Pucci, "On the expansion and diameter of bluetooth-like topologies," in *Algorithms - ESA 2009*, ser. Lecture Notes in Computer Science, A. Fiat and P. Sanders, Eds. Springer Berlin / Heidelberg, 2009, vol. 5757, pp. 528–539.
- [5] K. Wu, "On dynamic graph algorithms."