

## Minicurso II: Redes de Sensores Sem Fio (Tutorial 2: Wireless Sensor Networks)

Arliones Hoeller Jr. and Antônio Augusto Fröhlich  
*Software/Hardware Integration Lab*  
*Federal University of Santa Catarina*  
*Florianópolis, Brazil*  
{arliones,guto}@lisha.ufsc.br

**Abstract**—Wireless sensor networks and other pervasive systems are getting common place in our everyday life. This technology made it possible the deployment of a new class of applications encompassing a set of new challenges. To cope with these new requirements developments in the last decade enhanced the level of integration of processing (e.g., CPU) and communication (e.g., radio) components. Also, new approaches emerged to address specific requirements for routing and medium access control (MAC) in the network. In contrast with what has been done in the past, these new approaches had now to deal with severe limitations in terms of processing power, data transfer power, and, the most important, energy consumption. New operating systems emerged to target these systems. These operating systems abstract domain-specific functionalities such as sensing and communication, speeding up the application development process. This tutorial will present the fundamentals behind the development of wireless sensor network applications. Special focus will be given to application-dependent system parameters. The practical experience obtained in the development of EPOS [1] and EPOSMOTE [2] projects will be shared, including some hands-on exercises.

**Keywords**—wireless sensor networks, operating system, sensing, medium access control

### I. IDENTIFICAÇÃO

- **Título do minicurso:**  
Redes de sensores sem fio
- **Autores:**  
Arliones Hoeller Jr. e Antônio Augusto Fröhlich
- **Apresentadores:**  
Arliones Hoeller Jr. e Antônio Augusto Fröhlich

### II. DADOS GERAIS

Redes de sensores sem fio e outros sistemas pervasivos são cada vez mais comuns em nosso dia-a-dia. Esta tecnologia traz, junto das novas possibilidades de aplicações, um grande conjunto de desafios, o que deu margem ao surgimento de novas soluções de integração de componentes de processamento (CPU) e rádio, novos algoritmos de roteamento, variadas implementações de controle de acesso ao meio (MAC), sempre atendendo às rígidas restrições em termos de capacidade de processamento, potência de transmissão e, de modo especial, consumo de energia. Para tratar tudo isso, uma série de novos sistemas operacionais focou no domínio

de redes de sensores sem fio, abstraindo as funcionalidades de sensoriamento e comunicação, e agilizando o processo de desenvolvimento de aplicações. Este minicurso visa apresentar as principais características das redes de sensores sem fio, focando em temas importantes a serem considerados durante o desenvolvimento de aplicações, utilizando-se para isso dos trabalhos desenvolvidos para implementação do EPOS [1] e do EPOSMOTE [2].

O minicurso reúne informações relevantes das tecnologias envolvidas na aquisição de dados e comunicação em redes de sensores sem fio, analisando estas tecnologias e apresentando como estas foram implementadas em um módulo de sensores sem fio, o EPOSMOTE, e um sistema operacional, o EPOS, desenvolvidos pelo LISHA (Laboratório de Integração Software/Hardware da UFSC). O EPOS é um sistema operacional com mais de 10 anos de constante desenvolvimento. O grupo que desenvolve o EPOS tem trabalhado com redes de sensores sem fio desde 2003, e os resultados alcançados estão apresentados em mais de 20 publicações relacionadas ao sistema [3]. As informações apresentadas neste curso devem permitir a especificação e dimensionamento de redes de sensores sem fio para aplicações específicas.

Deste modo, o objetivo do minicurso é dotar os participantes dos conceitos envolvidos na especificação de uma rede de sensores sem fio, incluindo características dos módulos de sensoriamento, da(s) rede(s) de comunicação e dos sistemas operacionais existentes.

São objetivos específicos do curso apresentar os seguintes tópicos: redes de sensores sem fio e os principais problemas associados; arquitetura padrão de um módulo de sensoriamento; tipos de sensores (analógicos/digitais) e aquisição de dados; comunicação sem fio; controle de acesso ao meio (MAC) e topologias; sistemas operacionais para redes de sensores sem fio; atividade prática utilizando módulos de sensoriamento sem fio.

### III. CONTEÚDO DO MINICURSO

Esta seção apresenta a estrutura do minicurso.

- **Redes de sensores sem fio:** Inicialmente é realizada uma introdução de conceitos relacionados a redes de sensores sem fio, apresentando exemplos de aplicações

e revisando os problemas tratados pelas tecnologias que serão discutidas durante o restante do curso.

- **Módulos de sensoriamento:** Em seguida será abordada a arquitetura dos módulos de sensoriamento. Será discutida a arquitetura básica (sensores + processador + transceptor) [4], [5], assim como abordagens de integração destes componentes. Também serão discutidos os requisitos de um módulo de sensoriamento (dimensões, consumo de energia, modularidade, adaptabilidade do canal de comunicação).
- **Sensores e aquisição de dados:** Sensores são dispositivos que medem uma quantidade de alguma grandeza física e convertem esta medição em um sinal que pode ser lido por um observador ou um instrumento. Nesta parte do minicurso serão abordados os tipos de sensores (mecânicos, elétricos, eletrônicos, óticos), bem como os modelos de interfaceamento destes sensores com processadores (i.e., sensores analógicos e digitais).
- **Controle de acesso ao meio (MAC) e topologias:** Em seguida será feita uma revisão de mecanismos de controle de acesso ao meio (TDMA, FDMA, CDMA, CSMA) e a apresentação de exemplos de protocolos MAC utilizados em redes de sensores sem fio (B-MAC, S-MAC, T-MAC, Z-MAC, C-MAC, IEEE 802.15.4).
- **Sistemas Operacionais para RSSF:** Finalmente, será realizada uma revisão sobre características necessárias aos sistemas operacionais de redes de sensores sem fio (gestão de recursos, portabilidade, configurabilidade, multitarefa, comunicação). Também serão apresentados sistemas operacionais existentes (EPOS, TINYOS, SOS, CONTIKI, MANTISOS).
- **Exercícios práticos:** O minicurso incluirá atividades práticas envolvendo o sistema operacional EPOS [1] em uma plataforma de sensoriamento desenvolvida pelo LISHA, o EPOSMOTE [2].

#### IV. MATERIAL DE REFERÊNCIA

Dentre referências bibliográficas apresentadas abaixo há um texto incluindo os tópicos apresentados na seção III [6]. Este texto descreve em detalhes os tópicos abordados no minicurso e apresenta a solução desenvolvida para cada um destes tópicos no EPOS ou no EPOSMOTE.

#### AGRADECIMENTOS

Este minicurso não seria possível sem os importantes desenvolvimentos sobre a plataforma EPOSMOTE e o sistema operacional EPOS realizados pelas pessoas que passaram pelo LISHA nos últimos 10 anos. Os autores reconhecem a importância destes colaboradores no desenvolvimento deste material.

#### REFERENCES

- [1] A. A. Fröhlich, *Application-Oriented Operating Systems*. Sankt Augustin: GMD - Forschungszentrum Informationstechnik, 2001. [Online]. Available: <http://www.lisha.ufsc.br/pub/aoos.pdf>
- [2] LISHA, “Epos mote website,” Internet, jul 2010, <http://epos.lisha.ufsc.br/Epos+Mote>.
- [3] —, “Publicações do lisha,” Internet, jul 2010, <http://www.lisha.ufsc.br/Publications>.
- [4] G. J. Pottie and W. J. Kaiser, “Wireless integrated network sensors,” *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 5, pp. 51–58, May 2000.
- [5] R. Barr, J. C. Bicket, D. S. Dantas, B. Du, T. W. D. Kim, B. Zhou, and E. G. Sirer, “On the need for system-level support for ad hoc and sensor networks,” *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, vol. 36, no. 2, pp. 1–5, 2002.
- [6] A. H. Jr and A. A. Fröhlich, “Redes de sensores sem-fio sob a perspectiva do EPOS,” in *11th Symposium on Computing Systems*, Petrópolis, Brazil, Oct. 2010, p. 39. [Online]. Available: [http://www.lisha.ufsc.br/pub/Hoeller\\_WSCAD\\_2010.pdf](http://www.lisha.ufsc.br/pub/Hoeller_WSCAD_2010.pdf)
- [7] G. R. Wiedenhof, L. F. Wanner, G. Gracioli, and A. A. Fröhlich, “Power Management in the EPOS System,” *SIGOPS Operating Systems Review*, vol. 42, no. 6, pp. 71–80, 2008. [Online]. Available: <http://www.lisha.ufsc.br/pub/osr2008.pdf>
- [8] L. F. Wanner and A. A. Fröhlich, “Operating System Support for Wireless Sensor Networks,” *Journal of Computer Science*, vol. 4, no. 4, pp. 272–281, 2008. [Online]. Available: <http://www.lisha.ufsc.br/pub/jcc2008.pdf>
- [9] A. S. H. Junior, L. F. Wanner, and A. A. Fröhlich, “A Hierarchical Approach For Power Management on Mobile Embedded Systems,” in *5th IFIP Working Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems*, Braga, Portugal, Oct. 2006, pp. 265–274. [Online]. Available: <http://www.lisha.ufsc.br/pub/dipes2006.pdf>
- [10] H. Marcondes, A. S. H. Junior, L. F. Wanner, and A. A. Fröhlich, “Operating Systems Portability: 8 bits and beyond,” in *11th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, Prague, Czech Republic, Sep. 2006, pp. 124–130. [Online]. Available: <http://www.lisha.ufsc.br/pub/etfa2006a.pdf>
- [11] R. Lin, Z. Wang, and Y. Sun, “Energy efficient medium access control protocols for wireless sensor networks and its state-of-art,” in *Industrial Electronics, 2004 IEEE International Symposium on*, vol. 1, 4-7 2004, pp. 669 – 674 vol. 1.
- [12] L. Mottola and G. P. Picco, “Programming wireless sensor networks: Fundamental concepts and state of the art,” *ACM Computing Surveys*, 2010, to Appear.