

Um Protótipo de um Sistema de Monitoramento em Tempo Real de Parâmetros Agrícolas

Micael Lima Conceição
CETEC — UFRB
micael.ufrb@hotmail.com

José Valentim dos Santos Filho
CETEC — UFRB
valentim@ufrb.edu.br

Resumo—Devido ao avanço tecnológico, sobretudo nos campos da comunicação sem fio, microprocessadores e sensores, as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) vêm crescendo e favorecendo a ubiquidade nos serviços de computação. Neste trabalho é apresentado um sistema de monitoramento em tempo real de culturas agrícolas. Composto por uma rede ZigBee® operando em modo API (*Application Programming Interface*), e um sistema de informação em sua fase inicial.

Palavras chave—Redes Sensores, Padrão ZigBee, IEEE 802.15.4, Padrão XBee API.

I. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico nas áreas de microprocessadores, comunicação sem fio e microeletrônica, possibilitaram incorporar aos sensores capacidade de comunicação de dados e processamento de sinais. Em processos “inteligentes” estes sensores passam a integrar as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) [1]. Como “nós” da rede, os sensores atuam de modo geral, densamente distribuídos em uma região de interesse para monitorar o fenômeno. O observador (humano) conta com uma rede formada por dispositivos de pequenas dimensões, baixa complexidade, eficientes no uso energético, precisos na transmissão e recepção de dados, escaláveis e com baixo tempo de resposta (latência). As Redes de Sensores Sem Fio possuem capacidades como a de auto-adaptação, mobilidade e autonomia [1]. Estas características as tornam atraentes em aplicações de monitoramento, rastreamento e coordenação. Quando a RSSF não possui estrutura fixa, os dispositivos que a compõem se comunicam quando estão suficientemente próximos através de seus transceptores.

Em uma rede ZigBee® é possível associar cerca de 65.000 dispositivos, podendo alcançar entre si distâncias superiores a 1.600 m [3]. As RSSFs viabilizam o monitoramento de grandes áreas, fornecendo em tempo-real dados precisos e confiáveis. Estas características potencializam sua utilização em ambientes agrícolas, pois constituem uma ferramenta de alto desempenho para Agricultura de Precisão. As redes de sensores podem fornecer dados detalhados do solo e da cultura, possibilitando otimizar o manejo agrícola. Como retorno, o usuário desta nova tecnologia pode obter benefícios como: redução do impacto ambiental, quantificação da produção e redução de gastos.

Alguns trabalhos publicados abordam a experimentação por meio de simulação, outros apresentam aplicações diferentes para RSSF, principalmente na área de automação. Em [4], Da Silva destaca a pouca quantidade de publicações relatando experimentos práticos em redes

sensores voltados à agricultura.

Neste artigo é proposto o desenvolvimento de uma Rede de Sensor Sem Fio contendo componentes RFD (*Reduced-Function Devices*) e FFD (*Full-Function Devices*). Os dispositivos de função reduzida (FFD) possuem apenas funções básicas, geralmente assumem o papel de dispositivos finais. Comunicam-se com dispositivos de função completa, tem baixo consumo de energia, e geralmente carregam os sensores. Os dispositivos de função completa (FFD) têm a capacidade de unir outros à rede. Podem assumir o papel de qualquer dispositivo, já que possuem todas as funções implementadas [2].

Além da implementação de uma rede ZigBee®, é apresentado neste trabalho um aplicativo simples para coletar os dados provenientes do dispositivo de função reduzida (nó sensor). O objetivo final é criar um software para monitoramento em tempo real de culturas agrícolas que forneça informações e recursos para atender às necessidades do usuário. A partir do protótipo proposto é possível adquirir dados referentes à temperatura, umidade e luminosidade do ambiente observado.

Este protótipo está sendo implantado em controle de estufas e posteriormente será aplicado em campo aberto. Trata-se de uma ferramenta importante para o estudo inicial das RSSFs, sua implementação valida os estudos teóricos a respeito das características e padronização desta tecnologia. Essa aplicação ajuda a visualizar a forma de endereçamento, roteamento e manipulação dos objetos contidos na camada de aplicação ZigBee®.

O artigo apresenta a seguinte organização: a Seção II descreve os conceitos básicos sobre a comunicação entre dispositivos que compõe o protótipo; a Seção III mostra a formação da Rede ZigBee® por meio da descrição de seus componentes; na Seção IV é apresentado as considerações finais e a perspectiva para trabalhos futuros; a Seção V é reservada aos agradecimentos.

II. CONCEITOS BÁSICOS: PADRÃO XBEE API

O padrão IEEE 802.15.4 em suas especificações, se mostra adequado às RSSFs [5]. Este padrão garante a interoperabilidade entre os diversos dispositivos da rede, definindo as camadas inferiores: MAC e Física. As camadas superiores não são descritas pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), nelas são implementadas as aplicações da rede [6]. A *ZigBee Alliance*, grupo com mais de 220 membros empresariais (<http://www.zigbee.org>), especifica essas camadas superiores complementando o padrão IEEE 802.15.4. O padrão ZigBee se destaca pela sua simplicidade e robustez [7]. Os dispositivos XBee® ZigBee, módulos de rádio

produzidos pela *Digi International* (<http://www.digi.com>) seguem as normas estabelecidas pelo padrão ZigBee.

Um dispositivo XBee® ZigBee pode se comunicar de duas formas: O modo AT (termo proveniente da palavra “attention”) e o API (*Application Programming Interface*). O modo AT é transparente, o rádio transmite a informação exatamente como a recebe. Permite que um dispositivo envie dados de forma simples para outro dispositivo, como duas portas seriais conectadas diretamente [7]. Neste modo, a interação entre humano e dispositivo acontece de forma direta por meio de comandos AT. Estes comandos normalmente são utilizados para configuração dos dispositivos XBee® ZigBee [8].

O modo API é baseado em *frame* estruturado permitindo uma comunicação rápida e confiável. Este modo é um método numérico, desta forma, o tratamento computacional é responsável por garantir maior robustez a uma rede. A Interface de Programação de Aplicações (API) é composta por rotinas e padrões estabelecidos para fazer interface entre softwares diferentes, permitindo a utilização de seus serviços [8].

Um *frame* API consiste em uma série de *bytes* usualmente representados em forma hexadecimal. A Figura 1 mostra a estrutura básica do *frame*:

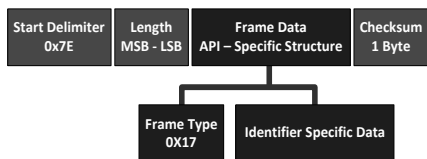


Figura 1. Estrutura de um *frame* API [3].

Start Delimiter. É o primeiro *byte* do *frame* API, indica o seu início. Por meio deste *byte* o dispositivo pode ter uma referência, por onde começar a leitura do *frame*. A API XBee usa como padrão o *byte* 0x7E.

Length. Os dois números após o *Start Delimiter*, indicam o comprimento total do *frame*. Assim o dispositivo pode calcular o tempo de leitura. A representação do comprimento do *frame* pode ser maior que um *byte*. Por isso, este campo é dividido em dois *bytes* o MSB e LSB, os mais e menos significativos respectivamente.

Frame data. Este campo é específico para cada tipo de *frame* API. Sua estrutura varia de acordo com o tipo do *frame* que está sendo transmitido.

O campo *frame data* pode ser dividido em duas partes importantes:

Frame Type. Contém um *byte*, responsável pela identificação do *frame* de dados. A Figura 1 exemplifica o *byte* 0x17, cuja descrição é *Remote Command Request*. Este tipo de *frame* API é utilizado para solicitar informações de outro dispositivo. O campo *frame type* é fundamental para identificar a estrutura específica do *frame data*.

Identifier Specific Data. Possui estrutura variável. O número de campos que o compõe depende do tipo do *frame*.

Último *byte* que compõe o *frame*:

Checksum. Representa a soma de todos os *bytes* que formam *frame*, para verificação de possíveis erros na transmissão de dados.

Um comando AT pode ser enviado por meio de um *frame* API. Por exemplo, em um *frame* do tipo 0x17 (*Remote Command Request*), existe um campo com dois *bytes* reservados para especificação do comando AT. Na documentação ZigBee® encontram-se os tipos de *frames* API, e suas estruturas específicas [3].

III. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Os dispositivos ZigBee® são capazes de redirecionar os caminhos da rede pelos quais as informações são transmitidas. Sua definição de roteamento permite identificar automaticamente o caminho mais adequado para manter o fluxo de dados. Assim, quando um dispositivo é perdido uma nova rota é traçada. Quando a rede se comporta desta maneira sua topologia é identificada como malha [6]. O protótipo apresentado neste trabalho explora essa topologia, por ser interessante em aplicação de monitoramento em campos agrícolas.

A. Dispositivos

Este protótipo é composto por quatro dispositivos, três FFD e um RFD. Como a interface entre o computador e o coordenador (FFD) da rede acontece de forma serial é utilizada a placa CON-USB* (Figura 2). Esta placa possui um *chip* conversor USB/Serail, e fornece alimentação ao dispositivo *XBee Series 2* acoplado.

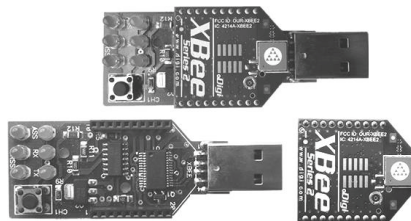


Figura 2. Placa CON-USB e Dispositivo Coordenador (FFD) XB24-Z7CTT-004.

O nó sensor (dispositivo final) neste protótipo é o *Xbee Sensor* da Digi®. Este nó sensor possui um dispositivo RFD acoplado à sua placa central (Figura 3). A placa central é responsável pela alimentação e interface entre o dispositivo e os sensores. O sensor Xbee® possui a capacidade de capturar amostras de luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar.

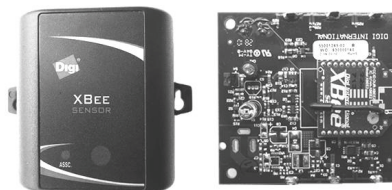


Figura 3. Dispositivo Final *XBee Sensor* - XS-Z16-CB2R

* <http://www.rogercom.com>

Para que um dispositivo FFD tenha apenas a função de retransmitir as informações trafegadas pela rede, basta alimentá-lo corretamente. A alimentação do roteador neste trabalho é feita por uma bateria de 9V. Utilizando um circuito a tensão é regulada para 3,3V, tensão ideal para alimentar um dispositivo Xbee® ZigBee (Figura 4) [3]. Como o protótipo é aplicado em campo aberto, foi necessário criar um recipiente para proteção do conjunto que contém o dispositivo (roteador). Por fim, é adicionada ao roteador uma chave I/O para facilitar o manuseio do equipamento (Figura 4).

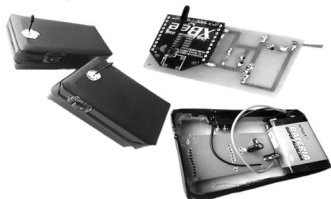


Figura 4. Dispositivo Roteador - XB24-Z7WIT-004.

Os dispositivos Xbee® possuem memória limitada. Seu espaço é insuficiente para conter ao mesmo tempo, as instruções do modo transparente e API. Seu modo de funcionamento padrão é o transparente. Para trabalhar em modo API é necessário atualizar o *firmware* correspondente no dispositivo. Esta atualização é feita por meio do aplicativo de configuração X-CTU fornecido pela Digi® [3]. A Figura 5 mostra o *firmware* gravado no dispositivo coordenador.

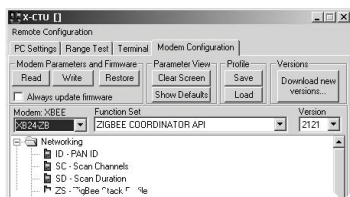


Figura 5. Aplicativo X-CTU. Atualização do *firmware* em um dispositivo Xbee® ZigBee.

Neste protótipo a função escolhida para o coordenador é o “ZIGBEE COORDINATOR API” versão “2121”.

Os dispositivos apresentados são suficientes para formar uma rede ZigBee completa.

B. Coletando os Dados

A coleta das amostras analógicas em um nó sensor é feita por meio do envio de *frame* API do tipo 0x17 (*Remote Command Request*). Para exemplificar, segue abaixo um *frame* enviado por meio do protótipo apresentado:

7E 00 0F 17 01 00 13 A2 00 40 6E 18 FA FF FE 00 49 53 D9

A parte realçada do *frame* é o campo *frame data*. Os *bytes* do *frame* enviado em formato hexadecimal são descritos abaixo:

7E – Start Delimiter
00 0F – Length

17 – Frame Type

01 – Frame ID

00 13 A2 00 40 6E 18 FA – 64 bit address

FF FE – 16 bit address

49 53 – AT command sent (IS)

00 – Option Byte

D9 – Checksum

Por meio deste *frame* é enviado o comando AT “IS”, caracteres ASCII que equivalem 49 e 53 em hexadecimal. Este comando força o dispositivo endereçado (remoto) enviar as amostras digitais e analógicas das suas respectivas entradas. Após receber o *frame*, o dispositivo remoto responde com o envio de um *frame* do tipo 0x97 (*Remote Command Response*):

7E 00 1B 97 01 00 13 A2 00 40 6E 18 FA C2 E4 49 53 00
01 08 00 0E 08 00 00 02 02 8F 03 38 C3

A parte do *frame* realçada é o campo *Analog Samples* (amostras analógicas), onde se encontram os seguintes *bytes*: 00 02 (luminosidade), 02 8F (temperatura), 03 38 (umidade).

O aplicativo apresentado neste trabalho utiliza uma API Java de licença pública para os módulos Digi Xbee/Xbee-Pro (<http://code.google.com/p/xbee-api/>). A escolha desta API deve-se a sua flexibilidade e o uso da linguagem Java, visto que o aplicativo possui fins didáticos. O Aplicativo desenvolvido para o protótipo apresentado aplicam os conceitos abordados sobre a comunicação em modo API das redes ZigBee.

O AgroView é um aplicativo escrito em linguagem Java. Sua finalidade é gerar informações por meio dos dados coletados pelo protótipo mencionado neste trabalho. Essas informações ajudam o usuário a tomar decisões importantes e reconhecer as reais necessidades intrínsecas à cultura agrícola observada. Com interface amigável, possui suporte a gráficos e relatórios. Um módulo do Aplicativo AgroView é visualizado na Figura 6. Neste módulo é possível coletar em unidades de medida usuais os dados do *Xbee Sensor*, por meio da rede ZigBee. Os dados podem ser obtidos individualmente pressionando o botão “+ Coletar Amostra”. Outra opção acessível pelo botão “Gravar Amostras...” é a gravação das amostras de forma periódica, a partir de um intervalo de tempo pré-estabelecido, as amostras serão gravadas em uma tabela de dados. Gráficos e relatório são gerados por meio dessa tabela (Figura 7).

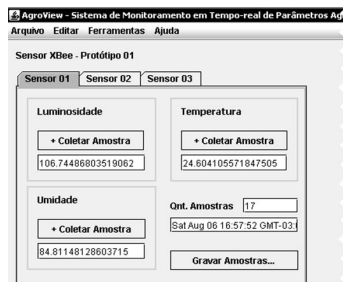


Figura 6. AgroView – Sistema de monitoramento em tempo-real de parâmetros agrícolas.

A Figura 7 mostra um exemplo de gráfico gerado por meio dos dados coletados. Neste caso, as amostras foram coletadas em intervalos de 6 segundos. A representação gráfica das amostras auxilia a observação do fenômeno.

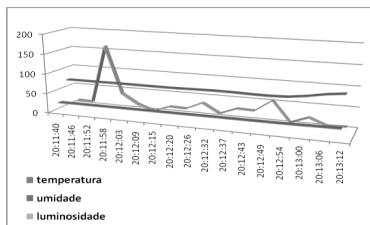


Figura 7. Gráfico dos parâmetros observados em tempo contínuo.

As informações adquiridas em tempo real auxiliam o agricultor aplicar de forma correta insumos e defensivos agrícolas. O armazenamento dessas informações permite traçar uma série de eventos possibilitando ao usuário planejar e agir com antecedência. De forma bidirecional os dados que chegam ao usuário pelo sistema retornam ao campo por meio de processos automatizados. Por exemplo, com informações a respeito da umidade do solo, o sistema gerencia o processo de irrigação remotamente, processo viabilizado pelas Redes de Sensores Sem Fio.

IV. CONCLUSÕES

Diante do exposto, pode-se concluir que o protótipo apresentado, representa uma ferramenta útil para aprendizagem inicial das Redes de Sensores Sem Fio. Nesta fase, o protótipo está sendo implantado em controle de estufas presentes no campus da UFRB e posteriormente será utilizado em culturas agrícolas cultivadas em campo aberto. Essa ferramenta é passo inicial para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo-real de parâmetros agrícolas. Esse sistema encontra-se em desenvolvimento. A perspectiva é agregar tecnologia ao protótipo a fim de criar um software robusto que gere informação ao usuário, possibilitando o aperfeiçoamento do manejo agrícola.

V. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela FAPESB e UFRB.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] LOUREIRO, Antonio A F, Nogueira, Jose Marcos S., et al. Rede de sensores Sem Fio. 2003. Disponível em: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbr03.pdf>. Acessado em: 22/11/2010.
- [2] Castro, M. C. Stelling, Pereira R. Marluce; De Amorim L. Cláudio. Tutorial sobre Redes de Sensores. Caderno do IME – Série Informática, vol. 14. Junho 2003.
- [3] DIGI INTERNACIONAL, Inc. Manual do produto XBee® /XBee-PRO® ZB RF Module. Disponível em <http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_G.pdf>. Acesso em 7 ago.2011.
- [4] DA SILVA, M. A. M. REDES DE SENSORES PARA APLICAÇÃO EM AGRICULTURA: UM ESTUDO DE CASO, 2009. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [5] GISLASON, Drew. ZigBee Wireless Networking. Ed. Newnes. Ano 2008.
- [6] CONCEIÇÃO, M. L. REDES DE SENSORES SEM FIO: PADRÃO IEEE 802.15.4, 2010. Dissertação (Trabalho de Conclusão do Curso Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- [7] FARAHANI, Shahin. ZigBee Wireless Networks and Tranceivers. Burlington, Ed. Newnes, 2008.
- [8] FALUDI, Robert. Buildind Wireless Sensor Networks. Burlington, Ed. O'Reilly, 2010.