

CHAMADAS DE ENFERMAGEM SEM FIO UTILIZANDO O PADRÃO ZIGBEE E REDE MESH

Luiz Fernando Gomes Sydor*, Thiago Simões Dias* e Ricardo Bernardi**

*Acadêmico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil

** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil
e-mail: fernandogsydor@gmail.com

Resumo: O surgimento das redes sem fio proporcionou novas alternativas para os sistemas de comunicação. Neste trabalho, apresenta-se um sistema de chamadas de enfermagem utilizando módulos XBee. O Sistema é capaz de promover a comunicação entre os leitos de um hospital e a central de enfermagem através da formação de uma rede *mesh* de baixo custo, de fácil instalação e voltada para o menor consumo energético possível, aumentando a vida útil das baterias [1]. Pode-se prever a necessidade do paciente no leito através de níveis de chamadas microcontroladas, com indicadores luminosos para o tipo de chamada feita e pela integração com *softwares* de gerenciamento e *smartphones*. Os testes preliminares mostraram que é possível formar uma rede *mesh* expansível, promovendo uma maior facilidade de instalação em relação a sistemas cabeados. Com o pressionar de botões foi possível identificar a chamada e fazer acionamentos com indicadores visuais para diferentes níveis de chamadas: chamada simples, emergencial, de presença de enfermeiro ou de limpeza do quarto. Pode-se concluir, então, que com maior facilidade de instalação e redução de custos, é viável a implementação de uma rede sem fios de chamadas de enfermagem, organizando e agilizando o atendimento, promovendo uma comunicação mais eficiente entre pacientes e enfermeiros, em hospitais de todos os tamanhos.

Palavras-chave: chamadas de enfermagem, campanha hospitalar, ZigBee, redes *mesh*.

Abstract: *The emergence of wireless networks provided new alternatives for communication systems. In this paper, we present a nurse call system using XBee modules. The system is able to promote communication between beds of a hospital and a nursing center by forming a mesh network of low cost, easy installation and focused on the lowest possible energy consumption, increasing battery life [1]. Can predict the patient's needs in bed through levels called microcontrolled, with LED indicators for the type of call made and the integration with management software and smartphones. Preliminary tests showed that it is possible to form an expandable mesh network, providing greater ease of installation compared to wired systems. With the press of buttons was possible to identify the call and make drives with visual indicators for different levels of call: simple call, emergency, presence of a nurse or room cleaning. One can*

conclude, then, that with ease of installation and cost reduction, it is feasible to implement a wireless call nursing, organizing and streamlining the care and promoting better communication between patients and nurses in hospitals in all sizes.

Keywords: *nurse call, hospital buzzer, ZigBee, mesh networks.*

Introdução

As redes de celulares surgiram como consequência do crescimento das redes cabeadas de telefonia, assim como as redes de internet sem fio foram criadas para substituir a transmissão via cabos, diminuindo a complexidade de infraestrutura e aumentando a praticidade. Padrões de operação para telefonia foram criados, como exemplo o GSM e IS-95. O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) criou o protocolo IEEE 802.11 para redes locais sem fio (*WLAN – Wireless Local Area Network*), muito parecido com o Ethernet, procurando alcançar as mesmas taxas de transmissão de dados. Por outro lado, o padrão IEEE 802.15 para redes locais pessoais (*WPAN – Wireless Personal Area Network*) foi criado com foco em baixo custo, baixo consumo energético, curto alcance e tamanho reduzido [2].

O padrão IEEE 802.15 tem definidas três classes de *WPANs*. Uma delas é o IEEE 802.15.4, que juntamente com a ZigBee Alliance, formam o padrão conhecido comercialmente como ZigBee, capaz de criar redes *mesh* sem fio para aplicações de automação e controle remoto nas áreas industriais, residenciais e médicas. Não é necessário que o padrão tenha uma alta taxa de transmissão de dados por ter uma aplicação diferente do Bluetooth por exemplo [2]. O ZigBee permite a intercomunicação entre 65.535 dispositivos, pode ter um raio de alcance entre um ponto e outro em torno de 1,6 km com visada e sem obstáculos, com autonomia de baterias que podem durar cerca de 5 anos ou mais, dependendo da aplicação, sem a necessidade de troca, com a possibilidade de extensão da comunicação através de repetidores de dados, permitindo que a rede tenha vários quilômetros de alcance [3].

No ambiente hospitalar a comunicação efetiva entre pacientes e enfermeiros é essencial para um ambiente seguro e organizado. Seu correto gerenciamento pode ajudar o hospital a ter um atendimento mais ágil e eficiente, além de passar maior conforto e segurança

para os pacientes [4]. Já existem no mercado diversos tipos de campainhas hospitalares, com fio e sem fio, que têm como objetivo permitir a comunicação entre pacientes e a central de enfermagem de acordo com a necessidade do paciente. As campainhas com fio possuem diversos recursos para o paciente e para os enfermeiros, apesar da complexidade da instalação e custo elevado devido ao cabeamento e alimentação, o que aumenta conforme o tamanho da rede. As redes sem fio encontradas no mercado [5,6] têm aplicação limitada a fazer a chamada à central de enfermagem. A aplicação proposta neste trabalho pode ter mais funcionalidades que um sistema com fios, e ainda contar com facilidade de instalação, manutenção e gerenciamento da rede, redução de custos, segurança e praticidade.

Neste trabalho, apresenta-se um sistema de chamadas de enfermagem utilizando módulos XBee da fabricante *Digi International* e a topologia de rede *mesh*, que pode alcançar quilômetros de distância através de uma rede expansível [7]. O sistema conta com níveis de alerta de chamada com indicativo luminoso em cada quarto, que indicam: chamada feita pelo paciente, presença de enfermeiro no local, chamada de emergência e quarto liberado para limpeza. É possível a integração e gerenciamento com *software* para *desktop* e aparelhos móveis, que agregado a outras funcionalidades, torna possivelmente viável sua aplicação em hospitais de pequeno, médio e grande porte.

Materiais e métodos

Em uma rede que utiliza o protocolo IEEE 802.15.4 pode-se ter dois tipos de dispositivos: o *Full Function Device* (FFD) e o *Reduced Function Device* (RFD). O FFD é utilizado como coordenador da rede, controlando o endereçamento e topologia, e como roteador, fazendo o encaminhamento de mensagens. Um dispositivo RFD é um dispositivo de baixo custo, que não faz roteamento e só pode se conectar a um nó FFD de cada vez. O roteamento permite que um nó encaminhe uma mensagem de um nó RFD ou FFD para outros nós FFD até que a mensagem chegue ao coordenador. Os nós RFD podem ser configurados como nó final (*end-device*), e esse modo permite que o dispositivo opere em modo *sleep*, que funciona com diferentes níveis de economia de energia. A operação do módulo neste modo permite maximizar a carga das baterias [8].

Funcionamento - A campainha é um sistema de aviso e segurança dividido em módulos. É feita a instalação de um módulo de chamada em cada leito, e do lado de fora para visualização do corredor, na parte superior da porta de cada quarto, é feita a instalação de um módulo com LEDs de diferentes cores. Na central de enfermagem é feita a instalação de um nó coordenador microcontrolado.

Quando necessário chamar a enfermagem, o paciente pressiona o botão do controle localizado em seu leito. O coordenador recebe o sinal enviado, reconhece seu grau de urgência e emite uma ordem para

o indicador luminoso da porta do quarto, que indica uma cor diferente de acordo com o evento: chamada feita pelo paciente, presença de enfermeiro no local, chamada de emergência (código azul) e quarto liberado para limpeza. Nestes outros níveis de chamadas, são pressionados outros botões para o nível de alerta necessário para enfermeiros ou médicos. No painel de visualização localizado no posto de enfermagem em um local de fácil leitura visual pela equipe de enfermagem, é indicado o quarto que necessita de atendimento, o nível de chamada e a hora em que foi feita. No leito, o botão de acionamento também irá emitir um sinal luminoso, dando segurança ao paciente, que terá certeza de que sua chamada foi encaminhada à central. Se a distância entre o coordenador e o nó final for maior que 30 metros, deverá ser instalado um módulo roteador para garantir a efetividade da comunicação entre os módulos daquela região.

O dispositivo na cabeceira de cada leito é fixado na parede, e o controle para acionamento fica fixo ao dispositivo por um cordão para evitar perdas e quedas. O dispositivo em cada leito estará em modo *sleep*, e somente estará ativado quando for feito o acionamento do botão. São apresentados com mais detalhes a seguir os materiais necessários para o funcionamento da rede.

Rede - Para interligar uma rede *mesh* precisa-se basicamente de três tipos de dispositivos: Um nó coordenador, um nó roteador - caso seja necessário aumentar o tamanho da rede para chegar até o dispositivo final, o que pode ser feito inúmeras vezes -, e o nó final, que ficará em cada leito com um botão para ser acionado pelo paciente para chamar a enfermeira. Um exemplo da topologia da rede pode ser visto na Figura 1 a seguir [8].

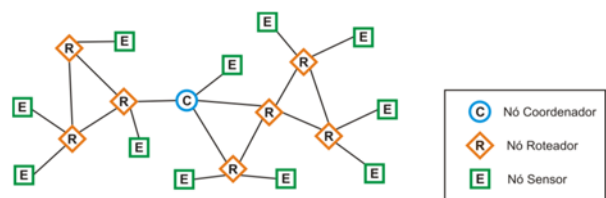


Figura 1: Exemplo de Topologia da rede.

Módulo de comunicação - O módulo de comunicação utilizado é da fabricante *Digi International*, a qual atribuiu o nome XBee [7]. Existem diferentes modelos, cada qual para atender diferentes necessidades. Os módulos XBee têm baixo consumo energético utilizando o protocolo ZigBee e permitem uma entrega de informações interligando milhares de dispositivos usando avançado padrão de criptografia de 128 bits (*AES – Advanced Encryption Standard*). Trabalham em frequências de banda não licenciadas e reservadas para uso industrial, científico e médico (*ISM - Industrial, Scientific and Medical*). São fabricados com certificação ISO 9001 de qualidade, e têm a capacidade de se auto-organizar e auto-reestruturar (*self-organizing and self-healing*) caso um nó falhe. O

módulo permite o uso do modo *sleep*, que consiste em deixar um módulo que não está sendo utilizado no momento, consumindo uma corrente que pode chegar a 10 μ A, aumentando a vida útil das baterias. Possui uma grande capacidade de alcance dependendo do seu modelo, podendo ser estendido com a utilização de um nó roteador. Cada módulo XBee possui um único endereçamento nativo de fábrica e um microcontrolador que contém um *firmware* possível de ser atualizado com o software X-CTU disponibilizado pela fabricante, sendo possível alterar as configurações de rede necessárias para a aplicação [7,9].

Foi utilizado para o projeto o XBee Série 2, por possuir o recurso de formação de rede *mesh*. Sua tensão de alimentação é de 2,1 a 3,6 Volts e a corrente utilizada funciona na faixa de 40mA entre transmissão e recepção e 10 μ A em modo *sleep* [7].

Microcontrolador – O microcontrolador utilizado no nó coordenador da rede para gerenciar as mensagens recebidas para a prototipagem, é o Atmega 328, que é ligado ao módulo XBee através de comunicação Serial.

Baterias – São utilizadas duas baterias recarregáveis de 1,2 Volts cada ligadas em série para alimentação do circuito que ficará instalado em cada leito. É recomendável que os nós que precisem ser configurados como roteadores fiquem ligados diretamente em fontes de energia contínua, pois necessitam estar em funcionamento constante para o roteamento das mensagens.

Resultados Preliminares

Interligou-se três módulos de comunicação XBee sendo que um estava em um canto do laboratório, nomeado como Q1_LEITO01, representando quarto e leito do hospital, e outro em outro canto nomeado como Q1_LEITO02, ambos alimentados por baterias e outro módulo em outro laboratório próximo, nomeado como CENTRAL_01, representando a central de enfermagem, ligado a um computador para testar a comunicação entre os módulos. Inicialmente, foi possível visualizar o nome dos três módulos da rede através do software X-CTU disponibilizado gratuitamente no site do fabricante [7]. Foi possível acessar as configurações de cada módulo remotamente através do *software*, assegurando de que a rede estava formada, conforme mostrado na Figura 2.

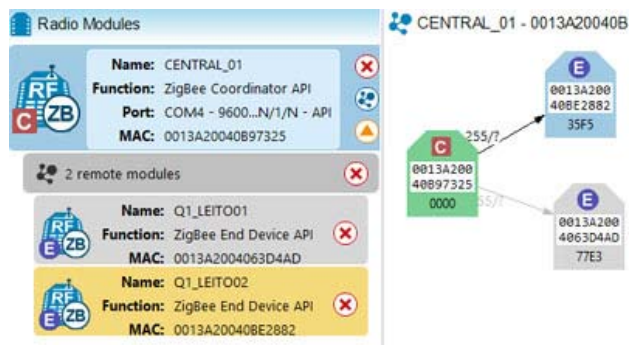


Figura 2: Protótipo de formação de rede.

Após o teste de comunicação, ligou-se o módulo CENTRAL_01 a um microcontrolador com 2 LEDs ligados como saídas digitais. Foi possível fazer com que os botões pressionados em cada módulo LEITO fossem identificados pelo módulo CENTRAL_01 e acionado o LED que previamente correspondia ao leito de onde foi pressionado o botão.

Aumentando a rede, instalou-se outro módulo com LEDs de quatro cores diferentes, indicativos de níveis de chamada na parte superior da porta do laboratório de testes, aumentou-se o número de botões nos módulos LEITO e foi implementado o sistema de níveis, sendo possível identificar na CENTRAL o leito que fez a chamada através de acionamento de LED, e identificar o tipo de acionamento feito no módulo LEITO, acendendo também o LED de cor corresponde ao tipo de chamada.

Por fim, colocou-se o módulo CENTRAL em uma sala aproximadamente 140 metros mais distante da posição inicial, e no meio do caminho, entre os módulos LEITO e o módulo CENTRAL colocou-se um módulo ROTEADOR, conseguindo fazer a comunicação e os acionamentos no módulo CENTRAL com a precisão esperada, permitindo o aumento da distância inicial e a formação da rede em modo de teste.

Discussão

Os resultados obtidos até o momento foram relevantes e encorajadores. Foi possível interligar os módulos de comunicação formando uma rede *mesh* utilizando o protocolo ZigBee. Como as informações são estruturadas em pacotes de dados pelo XBee, foi necessário decodificar e interpretar as mensagens, identificando os módulos transmissores para que fosse possível fazer os acionamentos devidos.

Utilizando microcontrolador, foi possível interpretar as mensagens enviadas pelos módulos LEITO e identificar qual leito realizava a chamada. Através da implementação dos níveis de chamada, diferentes cores de LEDs puderam ser acesas no módulo de alerta luminoso, sendo possível diferenciar a chamada feita. Este aspecto é de grande relevância em um hospital, pois é possível que a equipe de enfermagem visualize do corredor o quarto que fez a chamada, e caso exista o alerta em dois quartos simultaneamente, a enfermagem poderá tomar a chamada de emergência como prioridade, indo direto a este quarto para realizar o atendimento. Um sinal luminoso emitido no botão após a realização de uma chamada no leito, pretende tornar o sistema mais confiável ao paciente, pois ao ver que uma luz foi acesa depois de apertar o botão, deverá sentir segurança de que sua solicitação foi enviada.

Nos hospitais, a opção de expandir o alcance da rede é fundamental. Do quarto de onde não seja possível enviar um sinal diretamente ao módulo CENTRAL, basta que seja instalado um módulo roteador entre eles para que a comunicação seja efetivada. É possível instalar quantos módulos roteadores forem necessários, e o alcance da rede se estenderá.

Entre as próximas atividades que serão desenvolvidas, será implementado o modo *sleep* nos módulos LEITO, poupando o máximo de energia e “acordando” o módulo somente quando houver acionamento de botão. Será testado o modo de criptografia, medindo sua viabilidade e efetividade, assim como testes de distâncias e barreiras entre os módulos XBee Série 2 e Série 2 PRO [7] e entre módulos de outros fabricantes.

Será desenvolvido um *software* de gerenciamento da rede e das informações dos pacientes de forma que sejam mostradas notificações no computador de cada central de enfermagem e nos *smartphones* dos enfermeiros, sendo possível visualizar fichas de pacientes, lembretes de horários para administração de medicamentos e curativos, entre outras funcionalidades. Quando for feita uma chamada, o leito será identificado e será mostrada a ficha do paciente cadastrado para aquele leito, permitindo que a equipe de enfermagem responsável tenha em mãos o histórico do paciente e possa decidir a melhor forma de agir em todas as situações.

Nosso objetivo principal continua sendo contribuir de alguma forma para a melhora do sistema de saúde de nosso país, que tanto na rede pública como privada, passa por análises de melhoras constantes e dificuldades evidentes [10], e entendemos que um sistema de baixo custo e fácil instalação pode ser um passo para a melhora gradual da implantação de práticas de engenharia clínica nos hospitais e postos de atendimento.

Agradecimentos

Agradecemos à UTFPR na pessoa do diretor do Campus Campo Mourão, Heron Oliveira Santos Lima, e à coordenadoria do curso de Engenharia Eletrônica pelo apoio a pesquisas com o objetivo de levar à sociedade os estudos que são realizados na universidade, e pelo investimento e concessão de materiais e espaço físico para que a montagem e os testes com o protótipo possam ser realizados.

Referências

- [1] ZigBee Alliance [internet]. Disponível em: <http://www.zigbee.org>.
- [2] Ergen SC. ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. Technical Report, Advanced Technology Lab of National Semiconductor; 2004.
- [3] Ramos JSB. Instrumentação eletrônica sem fio. 1ª ed. São Paulo: Érica; 2012.
- [4] Negreiros PL, Fernandes MO, Macedo-Costa KNF, Silva GRF. Comunicação terapêutica entre enfermeiros e pacientes de uma unidade hospitalar. Revista Eletrônica de Enfermagem [Internet]. 2010;12(1):120-32. Disponível em: fenug.br/revista/v12/n1/v12n1a15.htm.
- [5] Campanha Hospitalar [internet]. Disponível em: sistem.com.br/produtos/campanhas-hospitalares
- [6] Chamada de Enfermeira [internet]. Disponível em: platel.com.br/chamada_de_enfermeira
- [7] Xbee/Xbee-PRO ZB RF Modules [internet]. Datasheet. Disponível em: ftpl.digi.com/support/documentation/90000976_S.pdf
- [8] Rivero, IAS. Rede de Sensores sem Fio para Monitoramento de Equipamentos Eletrônicos. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2011.
- [9] Faludi R. Building Wireless Sensor Networks. 1ª ed. Sebastopol: O'Reilly; 2010.
- [10] Silva SF. Organização de redes regionalizadas e integradas de atenção à saúde: desafios do Sistema Único de Saúde (Brasil). Revista Ciência e saúde coletiva; 2011. vol:16 iss:6 pg:2753