

Aplicações Web baseadas em Redes de Sensores e 6LoWPAN

1 Introdução

Além de conectar as pessoas, 35% da população mundial (*Internet World Stats*, 2013), a Internet está entrando em uma nova fase, onde não só pessoas e seus dispositivos, como computadores, *notebooks*, *tablets* e *smartphones*, estarão conectados, mas também qualquer equipamento, como eletrodomésticos, sensores, atuadores, carros, máquinas, produtos em geral, etc. Essa nova fase é também conhecida como Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT). Segundo Khan *et al.* (2012), "A Internet das Coisas provê conectividade para qualquer pessoa em qualquer tempo e lugar para qualquer coisa em qualquer tempo e lugar".

A ideia de conectar tudo à Internet é a base da computação ubíqua e de uma Internet ainda mais onipresente. A interconexão entre os dispositivos pode ser feita por meio de redes pessoais sem fio de baixa potência (*Low-power Wireless Personal Area Networks* - LoWPAN). Conforme definido no padrão IEEE 802.15.4 (2003) *apud* RFC 4919 (2007):

Uma rede LoWPAN é uma rede de comunicação simples que permite conectividade sem fio para aplicações com limitações de potência e restrições de taxas de transmissão. A rede LoWPAN tipicamente inclui dispositivos que trabalham juntos para conectar o ambiente físico a aplicações do mundo real, como rede de sensores. LoWPAN possui conformidade com o padrão IEEE 802.15.4.

6LoWPAN é o nome do grupo de trabalho da *Internet Engineering Task Force* (IETF) que propõe padrões para adaptar os pacotes do protocolo IPv6 ao ambiente de redes pessoais de baixa potência, como as definidas pelo padrão IEEE 802.15.4 e também conhecidas como redes de sensores sem fio.

A IETF tem proposto nos últimos anos algumas *Requests for Comments* (RFCs - 4919, 4944, 6282, 6568, 6606, 6775) sobre adaptações de uso da nova versão do protocolo de Internet (IPv6) para as redes LoWPAN. O foco é adaptar os pacotes IPv6 para que estes possam trafegar em redes LoWPAN e vice-versa, integrando essas redes às redes IP e, por consequência, à Internet. Essa integração permite uma nova variedade de aplicações como monitoramento de ambientes como indústria, agricultura, meio ambiente, infraestrutura de construções, monitoramento da saúde de pacientes, telemetria veicular, automação residencial ("casa inteligente"), entre outras (Kim, Kaspar e Vasseur, 2012).

2 Justificativa

Os conceitos de 6LoWPAN, rede de sensores sem fio e integração com a Web é o foco deste artigo. Muitos estudos sobre esses temas ainda são teóricos, com poucas implantações existentes, conforme afirmam Bjelica *et al.* (2012): "Soluções de *gateways* para integrar aplicações de automação residenciais à Internet são escassas".

O processo de implantação de uma aplicação Web baseada em redes de sensores sem fio e 6LoWPAN traz desafios que devem ser verificados na prática. He e Huang (2011) afirmam que "Construir servidores web baseados em sensores de recursos limitados é realmente um grande desafio, contudo, isso pode aumentar substancialmente a interoperabilidade e contribuir para um sistema mais amigável ao usuário".

Portanto, soluções e modelos propostos devem ser verificados e validados. A prática das novas propostas relativas ao 6LoWPAN pode consolidar os conhecimentos, eventualmente propor ajustes e melhorias e ainda popularizar o uso de redes LoWPAN integradas à Internet.

3 Objetivos

O objetivo principal deste artigo é propor ideias de aplicações Web baseadas em redes de sensores sem fio e 6LoWPAN. As redes de sensores podem ser implementadas em uma série de ambientes e uma aplicação Web pode ser usada para acessar e controlar as informações dos sensores, como uma interface entre o usuário e os sensores, podendo ser acessada por meio de qualquer dispositivo conectado à Internet.

Os objetivos específicos são:

- Descrever as funcionalidades do 6LoWPAN;
- Propor ideias de aplicações Web baseadas em uma rede de sensores.

4 Funcionalidades do 6LoWPAN

O 6LoWPAN tem suas funcionalidades apresentadas em algumas RFCs. Montenegro *et al.* (2007) propõem na RFC 4944 o formato de quadro para adaptar os pacotes IPv6 aos quadros IEEE 802.15.4, que podem ter no máximo 127 bytes. IEEE 802.15.4 define quatro tipos de quadros: aviso (*beacon*), comandos MAC, reconhecimento e dados. Os pacotes IPv6 devem ser colocados em quadros de dados.

Quando mais de um cabeçalho LoWPAN é utilizado no mesmo pacote, eles devem aparecer na seguinte ordem:

- Cabeçalho de endereçamento *mesh*
- Cabeçalho de *broadcast*
- Cabeçalho de fragmentação

Os dois primeiros bits do cabeçalho dos quadros LoWPAN indicam o tipo de quadro e os próximos 6 bits identificam o tipo do próximo cabeçalho, conforme mostra a tabela 1:

Padrão	Tipo de Cabeçalho
00 xxxxxx	Not a LoWPAN frame
01 000001	Uncompressed IPv6 Addresses
01 000010	LOWPAN_HC1 compressed IPv6
01 000011	Reserved for future use
...	Reserved for future use
01 001111	Reserved for future use
01 010000	LOWPAN_BC0 broadcast
01 010001	Reserved for future use
...	Reserved for future use
01 111110	Reserved for future use
01 111111	Additional Dispatch byte follows
10 xxxxxx	Mesh Header
11 000xxx	Fragmentation Header (first)
11 001000	Reserved for future use
...	Reserved for future use
11 011111	Reserved for future use
11 100xxx	Fragmentation Header (subsequent)
11 101000	Reserved for future use
...	Reserved for future use
11 111111	Reserved for future use

Tabela 1 – Tipos de cabeçalho 6LoWPAN - Fonte: RFC 4944 (2007)

Os modos de endereçamento suportados pelo IEEE 802.15.4 são o endereço IEEE de 64 bits estendido (EUI-64) e o endereço de 16 bits, exclusivo em uma PAN. No caso de endereços de 16 bits, deve-se formar um pseudo endereço MAC de 48 bits, primeiro concatenando 16 bits zero à direita dos 16 bits do ID da rede PAN, depois concatenando com o endereço de 16 bits da interface, gerando um endereço MAC de 48 bits. Para fazer a autoconfiguração *stateless* e formar os endereços IPv6 das interfaces, são feitos os mesmos procedimentos para as interfaces cujos endereços MAC são de 48 e 64 bits, conforme as diretrizes das RFCs 4861 e 4862.

Hui (2011) atualiza a RFC 4944, ao propor a RFC 6282 que contém melhorias na compreensão do cabeçalho IPv6, para adaptar diferentes contextos, como transmissão *multicast* e cabeçalhos de extensão, à transmissão na rede IEEE 802.15.4.

Kim, Kaspar e Vasseur (2011) apresentam a RFC 6568 informacional com propostas de cenários para a aplicação do 6LoWPAN, inclusive o cenário de automação residencial previsto para esse projeto, a “casa inteligente” ou “casa conectada”. Para eles, serviços como segurança e proteção da residência, automação e controle, sistemas de entretenimento, são possíveis nesse cenário. Alguns detalhes desses cenários serão apresentados na próxima seção.

A atualização mais recente do 6LoWPAN é proposta por Shelby *et al.* (2012) na RFC 6775 para otimizar as funções do *Neighbor Discovery* do IPv6 relativas à formação de endereços e *multicasting*, adaptando-as aos enlaces das redes IEEE 802.15.4. Estas LoWPANs possuem limitações quanto ao envio de pacotes por *multicast*, por causa das restrições de consumo de energia e de processamento dos sensores. O *Neighbor Discovery* do IPv6 utiliza muitas transmissões em *multicast* para as funções de autoconfiguração de endereço IP e de descoberta de endereços físicos e de endereços duplicados, por isso suas funções devem ser adaptadas para as LoWPANs.

5 Aplicações Web para Redes de Sensores

Moreiras (2013) apresenta o modelo de um *gateway* para integrar a rede de sensores à uma rede IPv6, conforme ilustrado na figura 1.

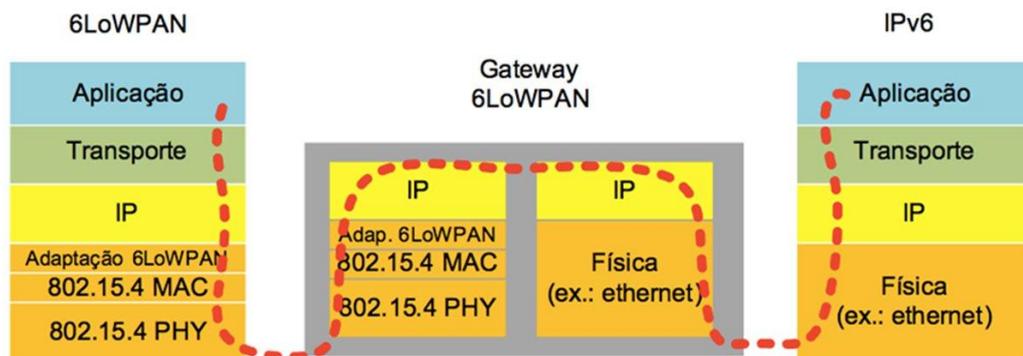


Figura 1 – Gateway 6LoWPAN/IPV6 - Fonte: Moreiras (2013)

Esse modelo pode ser implementado para interligar uma rede de sensores a um servidor Web em uma rede IPv6, fornecendo uma interface entre a rede de sensores e a Internet. Uma aplicação Web poderia obter e enviar dados de/para uma rede de sensores e o usuário poderia acessar essa aplicação a partir de qualquer dispositivo conectado à Internet.

Algumas sugestões de aplicações, baseadas na RFC 6568 (2012), que poderiam ser implementadas com interface Web são:

1. Monitoramento industrial:

- a) Processo de Monitoramento e Controle: medição de energia e tecnologias avançadas de medição com redes de sensores sem fios, a fim de otimizar operações da fábrica, reduzir o pico de demanda, em última análise, reduzir os custos de energia, evitar a paralisação de máquinas e aumentar a segurança da operação.
- b) Vigilância de Equipamentos: verificação do funcionamento de equipamentos por meio de medições tais como vibrações, temperatura, consumo elétrico e outros parâmetros que podem indicar falha iminente ou mal funcionamento do equipamento.
- c) Gerenciamento de mercadorias e logística: monitoramento de estoques, condições de armazenamento, volume de vendas, distribuição de mercadorias, etc.
- d) Monitoramento de substâncias tóxicas e encanamentos: controle do armazenamento de substâncias controladas, para que estas não vazem de seus recipientes de armazenamento e contaminem o meio ambiente, e monitoramento de encanamentos para verificar vazamentos.

2. Monitoramento de estruturas: pontes, prédios, estradas e construções podem ser monitorados para verificar problemas estruturais como rachaduras, efeitos de inundações, desgaste de materiais, etc.

3. Casa conectada ou casa inteligente:

- a) Sistema de segurança e vigilância: controle e monitoramento de câmeras, sensores de presença, alarmes, trancas de portas e janelas, etc. Além disso, poderiam ser monitorados vazamentos de água e de gás e detectores de fumaça.
- b) Automação Residencial: monitoramento e controle de dispositivos como ar condicionado/aquecedor, esguinhos de jardim, lâmpadas que podem ser ativados e/ou controlados a distância. Telemetria de consumo de energia, de água e/ou de gás também podem ser implantados.
- c) Controle de saúde dos moradores: pessoas que possuem problemas de saúde podem ser monitoradas em casa por meio de sensores acoplados ao corpo para verificar os batimentos cardíacos, pressão arterial, glicose, medicamentos ingeridos, nível de movimentação do corpo, etc. Essas informações podem ser compartilhadas com o médico para acompanhamento do paciente e medidas para adaptar o tratamento podem ser tomadas.

- d) Sistema de entretenimento doméstico: compartilhamento de áudio, vídeo e fotos entre equipamentos como computadores, câmeras, TVs, aparelhos de som, etc.
4. Telemetria veicular: sensores em veículos, estradas e sinais de trânsito podem contribuir para um trânsito mais seguro e otimizado. Monitoramento de volume de tráfego e localização de veículos podem ser a base de inúmeras aplicações. Alguns exemplos: procurar por táxis mais próximos de possíveis passageiros, encontrar caminhos alternativos em casos de congestionamentos, saber o horário do próximo ônibus que passará em determinado ponto, verificar vagas de estacionamento disponíveis em certa região.
5. Monitoramento agrícola: o aumento e a otimização da produção agrícola podem ser obtidos por meio de sensores que verificam a temperatura, umidade e condições do solo, provendo dados para os devidos ajustes.

6 Conclusões

O conceito de 6LoWPAN e as adaptações necessárias para que pacotes IPv6 trafeguem de e para redes de sensores foram apresentadas nesse documento. A proposta de cenários para o uso de aplicações Web baseadas em rede de sensores também foi mostrada.

Os cenários possíveis para a aplicação de redes de sensores são diversos e variados. A integração dessas redes com a Internet por meio de aplicações Web poderá oferecer interface amigável e efetivar a onipresença da Internet das Coisas. Certamente, ainda há diversos obstáculos e dificuldades para a implantação dos cenários propostos, porém, as oportunidades existem e se tornarão cada vez mais viáveis na medida em que mais sensores forem instalados e o IPv6 se popularizar.

Experimentos com IPv6, *gateways* 6LoWPAN e aplicações Web devem ser incentivados tanto nas instituições acadêmicas quanto nas empresas, pois, por meio da prática, os conceitos propostos podem ser verificados, validados e adaptados.

Referências

BJELICA, M.Z.; MRAZOVAC, B.; TESLIC, N.; PAPP, I.; STEFANOVIC, D. Cloud-enabled home automation gateway with the support for UPnP over IPv4/IPv6 and 6LoWPAN. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*. p.520-521, 2012.

HUI, J. *Request for Comments 6282: Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks*. 2011.

Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc6282/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

INTERNET WORLD STATS. *Usage and Population Statistics*.

Disponível em: <<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2013.

KHAN, R.; KHAN, S. U.; ZAHEER, R.; KHAN, S. Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. *10th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)*. p. 257-260, 2012.

KIM, E.; KASPAR, D.; VASSEUR, JP. *Request for Comments 6568: Design and Application Spaces for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)*. 2012. Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc6568/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

KUSHALNAGAR, N.; MONTENEGRO, G.; SCHUMACHER, C. *Request for Comments 4919: IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals*. 2007.

Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4919/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

MARQUES FILHO, F. A. *Uma Proposta de Framework para Integração de Objetos Inteligentes a Redes Sociais*. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2012.

MONTENEGRO, G.; KUSHALNAGAR, N.; HUI, J.; CULLER, D. *Request for Comments 4944: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks*. 2007. Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4944/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

MOREIRAS, ANTÔNIO M. *ZigBee usa agora 6LoWPAN! Sua próxima lâmpada terá IPv6? Blog IPv6.br*. 2013. Disponível em: <<http://ipv6.br/zigbee-usa-agora-6lowpan-sua-proxima-lampada-tera-ipv6/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

SHELBY, Z.; CHAKRABARTI, S.; NORDMARK, E.; BORMANN, C. *Request for Comments 6775: Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)*. 2012. Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc6775/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.