

O FUTURO DAS COMUNICAÇÕES: TECNOLOGIAS E PROTOCOLOS PARA M2M

Weskley de Moraes Bezerra¹

Romulo Fagundes Cantanhede²

RESUMO

O conceito de Internet das Coisas reflete o desejo de se manter conectado não só pessoas, bem como, também, os dispositivos entre si, tudo por uma mesma finalidade. Com o progresso das redes de sensores sem fio, internet e computadores, tem sido possível melhorar o nível de comunicação entre os dispositivos. Neste contexto, o termo M2M surge como um método de expandir a comunicação entre diversos dispositivos via rede. As comunicações entre máquinas apresentam-se como um meio para atingir tal objetivo de forma mais rápida, precisa e contínua, o que as tornam vantajosas em relação a comunicação entre humano-máquina. Neste trabalho são comentadas algumas tecnologias e protocolos abertos em sistemas de comunicação máquina-máquina (M2M) interoperáveis que podem ser utilizados em tal comunicação com ênfase em *web services* e protocolos utilizados. O ReST apresenta-se como candidato a padrão de arquitetura para serviços, tendo em vista ser leve e de fácil implementação. Neste contexto, protocolos como o MQTT e CoAP surgiram como alternativa para transmissão de mensagens entre os dispositivos inteligentes com baixo consumo de energia, bem como mensagens *off-line* para aparelhos não conectados.

Palavras-chave: IoT. M2M. ReST. MQTT. CoAP.

THE FUTURE OF COMMUNICATIONS: TECHNOLOGIES AND PROTOCOLS FOR M2M

ABSTRACT

The Internet of Things concept reflects the desire to keep not only people connected, but also devices, all of them with the same purpose. Having a substantial progress in wireless sensor networks, Internet and computers it has been possible to improve the level of communication between these devices. In this context, the term M2M comes up as a method to expand the communication between multiple network devices. Communications between machines are presented as a way to achieve this target

¹ Acadêmico do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Sistemas Corporativos do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN). E-mail: weskleymb@hotmail.com

² Professor Orientador do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Sistemas Corporativos do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN). E-mail: romulo.fagundes@gmail.com

faster, precisely and continuously which makes them advantageous in relation to communication between human-machine. In this paper are discussed some technologies and open protocols in communication systems machine-machine (M2M) interoperable which can be used in such communication with an emphasis on *web services* and used protocols. The ReST presents itself as a candidate to standard architecture for services in order to be light and easy to implement. In this context, protocols such as MQTT and COAP emerged as an alternative to transmission of messages between intelligent devices with low power consumption as well as *offline* messages to not connected devices.

Keywords: IoT. M2M. ReST. MQTT. CoAP.

1 INTRODUÇÃO

A informação desempenha um papel fundamental na sociedade atual, sendo a Internet um veículo de comunicação na qual as informações são, na maioria das vezes, geradas de pessoas para pessoas. Não obstante, o modelo da Internet está na iminência de sofrer uma mudança sem precedentes, pois se espera que, num futuro próximo, aparelhos inteligentes também farão parte da Internet. Diante disso, estima-se que a quantidade de informações geradas por cada dispositivo em rede ultrapasse a quantidade de informações geradas pelas pessoas. Nesse cenário, surge a necessidade de desenvolver formas diferentes de comunicação que englobem as várias restrições impostas por esses novos dispositivos.

Este artigo aborda algumas tendências do futuro da Internet com um olhar especial para a Internet das Coisas (IoT), onde surgiram inúmeros projetos e alguns estudos que objetivaram solucionar alguns obstáculos pertencentes a esse novo modelo de Internet. No entanto, existem outras barreiras inerentes a essa visão, sejam as empresas que utilizam tecnologias próprias, seja a falta de um padrão que forneça um meio para sua ampla implementação. Os serviços privados representam um grave obstáculo ao desenvolvimento de novos padrões e tecnologias abertas, pois impossibilitam o desenvolvimento de serviços disponíveis em escala mundial para que todos possam usar e aprimorar, permitindo um desenvolvimento da tecnologia em favor das necessidades das pessoas, em detrimento aos objetivos financeiros das empresas.

As comunicações M2M (máquina-a-máquina) representa uma forma de atingir-se a visão anunciada, tendo em vista que são essas comunicações que possibilitam aos aparelhos inteligentes estarem acessíveis na rede para poderem

ser utilizados por um grande número de pessoas e outros dispositivos, na criação de melhores serviços que sirvam a sociedade em seus vários níveis. Outro fator levado em consideração no desenvolvimento de novos serviços está ligado com as capacidades físicas dos aparelhos inteligentes. A nanotecnologia tem ajudado bastante, principalmente na confecção de novos materiais, na expectativa de alcançar novos patamares de interação com os dispositivos, que estarão conectados à rede em permanência, tendo em vista que serão cada vez mais compactos, robustos e energeticamente eficientes.

Nesse contexto, foram estudadas algumas tecnologias e tendências que permitissem construir um serviço capaz de se comunicar com o dispositivo, baseado em padrões abertos, permitindo a facilidade de ser usado e reusado por outros serviços, dispositivos e pessoas. O uso de padrões abertos é um meio necessário para que a tecnologia possa ser adotada mundialmente.

A carência de padrões e tecnologias associadas às comunicações M2M representam um problema chave na busca de soluções para este tipo específico de comunicação, principalmente pela falta de uma comparação mais objetiva entre as várias soluções disponíveis candidatas a resolver os problemas associados a este tema.

2 INTERNET DAS COISAS (IOT): CONCEITOS E APLICAÇÕES

Atualmente, a Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things) vem se destacando no cenário das telecomunicações e está sendo considerada a revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação (FRANÇA et al., 2011). Calcula-se que uma grande quantidade de objetos estará conectada à Internet, se tornando os maiores emissores e receptores de tráfego da rede. Esses objetos podem ser quaisquer dispositivos, tais como eletrodomésticos, pneus, sensores, atuadores, telefones celulares, entre outros, que possam ser identificados e interligados à Internet para trocar informações e tomar decisões para atingir objetivos comuns (ATZORI et al., 2010).

Portanto, uma visão acerca de IoT é que qualquer objeto capaz de ser conectado em rede poderá se comunicar a qualquer tempo e em qualquer lugar (ITU, 2005). Estudos apontam que, em breve, a Internet, hoje praticamente voltada para a população, irá possuir mais dispositivos se comunicando via rede do que

propriamente seres humanos. Essa mudança de paradigma acerca do conceito de IoT irá conseqüentemente gerar uma enorme quantidade de dados por dispositivos, os quais sejam capazes de se comunicar e interagir.

Um conceito intimamente ligado à visão do IoT é a comunicação máquina-a-máquina (M2M, do inglês Machine-to-Machine), que se apresenta como um subconjunto de funcionalidades que compreendem a IoT, funcionando quase como um meio para atingir um fim, que neste caso será a implementação da visão IoT. Comunicações M2M inseridas no contexto IoT têm sido um tema sujeito a uma intensa discussão nos últimos anos (REIS, 2012).

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizada uma revisão de literatura, utilizando como fonte revistas eletrônicas, livros, dissertações, teses e consultas em sites do assunto na internet, objetivando fazer um breve estudo das tecnologias mais aplicadas atualmente em M2M para IoT, enfatizando as arquiteturas de serviço (SOAP e ReST) e protocolos equivalentes (MQTT e CoAP).

4 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MACHINE-TO-MACHINE (M2M)

M2M é um termo utilizado para descrever tecnologias que permitam aos computadores, sensores inteligentes, atuadores e dispositivos móveis, se comunicarem entre si, extrair informação do ambiente que os cercam e tomarem decisões – com soluções capazes de iniciar tarefas e executar instruções complexas – sobre o ambiente em que estão incluídos, sem a necessidade de intervenção humana. O sucesso de IoT depende profundamente da evolução das comunicações M2M ao nível da conectividade entre dispositivos inteligentes e a rede de informação que os serve. Em contrapartida, o desenvolvimento de novas tecnologias M2M e a sua posterior utilização em grande escala levanta vários desafios ao nível da eficiência energética e de outros componentes da qualidade do serviço, como a confiabilidade e segurança (REIS, 2012).

Os sistemas M2M do futuro serão complexos e estarão presentes em muitos segmentos de mercado, incluindo as telecomunicações e componentes eletrônicos. Para atingir um crescimento exponencial, ao contrário do que acontecem com os

mercados M2M atuais (segmentados e normalmente baseados em soluções próprias), os mercados M2M do futuro serão necessariamente baseados em padrões industriais. Estes padrões serão mais abrangentes do que simples especificações e voltados para o desenvolvimento de tecnologias que aperfeiçoem a gestão dos dispositivos, arquiteturas de redes e segurança que permitam a globalização de dispositivos inteligentes ligados à rede (WU et al., 2011).

4.1 APLICAÇÕES DO M2M

Uma vez apresentado o modo como IoT e comunicações M2M estão relacionadas, se faz necessário também descrever algumas de suas aplicações comuns no mundo real, com ênfase em alguns exemplos nas diversas áreas onde é importante inovar e evoluir para se obter ganhos com um rápido retorno do investimento.

Em áreas como a segurança, as comunicações M2M permitirão o desenvolvimento de sistemas de vigilância e o controle de acesso em espaços físicos. No contexto da preservação ambiental, recorrendo a comunicações M2M será possível obter ganhos no monitoramento do meio ambiente. Melhorias significativas nos processos de automatização e monitoramento de redes de gás, eletricidade e aquecimento permitirão uma redução drástica dos consumos de energia. Na área da telemática veicular, poder-se-á realizar uma gestão geo-espacial dos veículos e mercadorias, implementar melhorias nos sistemas de apoio à navegação, obtenção de informações de tráfego mais precisas e ainda diagnosticar remotamente veículos. Na área da saúde, o monitoramento à distância de sinais vitais, uma melhoria significativa nos sistemas de suporte de vida e suporte a pessoas idosas ou portadores de deficiências, telemedicina e mesmo diagnósticos remotos serão uma realidade ao alcance de muitos.

Enfim, as comunicações M2M possuem inúmeras aplicações em diferentes áreas e apresenta algumas vantagens em relação a comunicação humano-máquina, entre elas, a de manter um funcionamento constante e fornecer respostas mais precisas em menos tempo. Entretanto, diante das várias oportunidades de aplicação desta tecnologia, surgem alguns desafios que precisam ser ultrapassados para que se consiga alcançar uma real visão de IoT. Embora existam motivações econômicas e industriais significantes para que se aposte no desenvolvimento de novos padrões

abertos e de novas tecnologias associadas a arquiteturas de serviços, os mercados altamente fragmentados representam um obstáculo e um sério risco para o crescimento previsto de mercados M2M.

5 TECNOLOGIAS E PROTOCOLOS ABERTOS EM SISTEMAS M2M

Nos últimos anos verificou-se uma utilização em larga escala de tecnologias que permitissem desenvolver serviços, cujas funcionalidades disponibilizassem certos aspectos relatados pela visão da IoT e comunicações M2M associadas.

O surgimento de web services que utilizavam tecnologias como SOAP e WSDL entre outras, desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento de soluções interoperáveis, as quais permitiram a integração de novos serviços com um reduzido custo, assim como a comunicação entre aplicações diferentes concebidas para plataformas também diferentes. Uma desvantagem desta abordagem está presente quando se pretende desenvolver um serviço muito simples, pois este tipo de solução torna-se muitas vezes complexa e pesada.

Neste contexto, a arquitetura ReST possui várias vantagens em relação a serviços tradicionais, pois permite disponibilizar os recursos fornecidos por dispositivos inteligentes na rede (através de hiperligações) de forma flexível, utilizando padrões abertos e protocolos amplamente utilizados no âmbito da Internet.

5.1 O ReST

Até agora, os projetos desenvolvidos sobre a competência de IoT focaram-se basicamente no estabelecimento da conectividade numa ampla variedade de ambientes e cenários. Um passo necessário e promissor passa agora pela construção de modelos de interação escaláveis construídos sobre a camada de rede, permitindo que os esforços sejam aplicados à camada de aplicação (GUINARD et al., 2010).

O ReST (Representative State Transfer) é uma arquitetura que explica os detalhes técnicos responsáveis pelo enorme sucesso da World Wide Web, que por sua vez possibilitou que dados e serviços fossem compartilhados num crescimento descentralizado. Este estilo pode ser utilizado tanto por pessoas como por máquinas que o utilizem para trocar informações relevantes. O ReST é também menos

complexo que outras abordagens Web Services, sendo uma solução de fácil compreensão e implementação. Por outro lado, o ReST não descreve protocolos específicos, formatos de dados ou sequências de interação, mas apresenta os princípios de arquitetura e componentes que levam ao sucesso e ampla utilização da World Wide Web (FIELDING, 2000).

O estilo de arquitetura do ReST foi construído sobre determinados princípios básicos da Internet, dentre os quais cinco deles precisam ser utilizados para a criação de serviços ReST:

- Tudo é recurso: recurso é qualquer componente de uma aplicação que seja unicamente identificável e com possibilidade de ser transmitido na rede através das suas representações. Em ReST o pensamento não está focado em arquivos, mas sim em recursos;
- Todos os recursos são identificáveis através de um identificador único: identificadores são utilizados para permitir a fácil manipulação do recurso. Em ReST, utilizam-se URLs para identificar recursos;
- Utilização de uma interface simples e uniforme: ReST utiliza HTTP como protocolo base, sendo este um protocolo bem conhecido e aceito em todo o mundo;
- Comunicação efetuada através de representações: cada recurso pode possuir várias representações diferentes de si próprio. Quando se realiza uma determinada operação sobre um recurso, o que acontece na realidade é uma troca de representações desse recurso;
- Interações stateless: todas as interações realizadas sobre um recurso são independentes, isto é, o servidor não mantém informação sobre as interações realizadas.

Com base nesses princípios, algumas situações podem ser descritas sobre quando utilizar o ReST:

- Quando há limitação de recursos e de largura de banda;
- Quando se tem qualquer formato para o retorno e qualquer navegador pode ser utilizado, isso porque ReST utiliza os padrões de chamada do HTTP, GET, PUT, POST, DELETE, também podendo utilizar os objetos XML, que são suportados pela grande maioria de navegadores;

- Em operações totalmente stateless: se uma operação precisa ser continuada, o ReST não será a melhor opção. No caso, se forem necessárias operações de CRUD stateless (Create, Read, Update e Delete), o ReST será a melhor alternativa;
- Em situações que exigem cache: se a informação pode ser armazenada em cache adequado para tecnologia.

5.2 O MQTT e o CoAP

IoT prevê um mundo onde tudo está conectado e pode ser monitorado e controlado remotamente. A partir de florestas para fábricas, pode-se melhorar a eficiência e reduzir os custos, se os dados relevantes forem coletados e analisados. Além disso, controlando remotamente residências pode-se dirigir uma nova onda de ganhos de eficiência energética. Entretanto, para que tudo esteja conectado, são necessários dispositivos que possam ser executados com pouca energia, em contrapartida isso requer uma otimização de protocolos.

Em IoT, os protocolos da camada de aplicação estão ganhando popularidade em uma ampla gama de cenários onde os dispositivos restritos de baixo custo, baixo consumo de energia ou de recursos estão presentes. Os protocolos mais conhecidos são o MQTT e o CoAP, e ambos foram planejados com este propósito, pois usam o modelo de comunicação publish/subscribe.

Atualmente várias aplicações comerciais vêm sendo desenvolvidas utilizando a arquitetura publish/subscribe, pois a partir dela é possível que diferentes componentes de negócio se integrem, formando um sistema confiável e flexível. O grande diferencial do modelo de comunicação *publish/subscribe* é que ele é baseado na troca assíncrona de mensagens, conhecida por eventos. Além do assincronismo, esse modelo fornece forte desacoplamento entre módulos do sistema, fornecendo maior flexibilidade e extensibilidade às aplicações (CURCIO, 2006).

Em um modelo básico de um sistema publish/subscribe, a interação entre os componentes do sistema conta com a participação de um Serviço de Notificação que armazena e gerencia as subscrições dos clientes, além de enviar as notificações aos subscribers de maneira eficiente. Este serviço atua como um mediador entre os

publishers, que são os produtores de notificações e os subscribers, que possuem o papel de consumidores de notificações (EUGSTER; GUERRAOUI, 2001).

A implementação de um serviço de notificação de eventos utilizando publish/subscribe pode seguir uma abordagem centralizada, onde um único Serviço de Notificação é responsável por manter o registro de interesse dos consumidores e por disseminar os eventos que são gerados. A segunda é a distribuída onde vários servidores, denominados *brokers* são interconectados, sendo que cada um será responsável por atender uma parte dos clientes (CURCIO, 2006).

O Message Queue Telemetry Transport (MQTT) trata-se de um protocolo de mensagens baseado na arquitetura publish/subscribe, voltado para dispositivos restritos e redes inseguras, com baixa largura de banda e alta latência. Este protocolo usa a porta 1883 sobre o Transmission Control Protocol (TCP) e foi planejado para ser leve. Além disso, o MQTT suporta mensagens off-line para lidar com dispositivos desconectados. Segundo Jaffey (2014), no MQTT os dispositivos sensores são clientes que se conectam a um servidor (broker) usando TCP. As mensagens a serem transmitidas são publicadas para um endereço (chamado de tópico) e os clientes, por sua vez, podem se inscrever para vários tópicos, tornando-se assim capazes de receber as mensagens que outros clientes publicam neste tópico (MARTINS; ZEM, 2015).

O CoAP (Constrained Application Protocol), por sua vez, é um protocolo de transferência voltado para nós e para redes restritas (considerando nós com pequena quantidade de memória RAM e redes em que a taxa de perda de pacotes é alta). O protocolo foi projetado para aplicações M2M como, por exemplo, smart energy e automação residencial. O CoAP provê um modelo de interação requisição/resposta entre os endpoints das aplicações, suporta descoberta embutida de serviços e recursos e inclui conceitos chave da Web como por exemplo *Uniform Resources Identifiers* (URIs) e tipos de mídia comuns na Internet. Além disso, o protocolo foi projetado para interagir com o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) para integração com a Web e usa a porta 5683 sobre o *User Datagram Protocol* (UDP), ao invés do TCP (MARTINS, 2015).

O MQTT e o CoAP abordam diferentes formas de uso, e para torná-los interoperáveis, Collina et al. (2014) desenvolveram uma plataforma denominada de Ponte. Este recurso é um corretor multi-transporte da IoT com suporte ao MQTT, CoAP e HTTP que permite publicar mensagens de dispositivos habilitados

MQTT/CoAP para HTTP e vice-versa, conectando juntos o mundo das coisas com a Web. É importante salientar que o MQTT é baseado no protocolo TCP, ou seja, a entrega da mensagem é tratada pela camada de transporte, que é responsável por retransmitir os pacotes perdidos. No topo desse comportamento, o MQTT opta pela qualidade do serviço (QoS), que é habitualmente utilizado para notificar o cliente de que uma mensagem foi processada pelo servidor. Já o CoAP é baseado em UDP, ou seja, a entrega da mensagem é tratada pela camada de aplicação, isto é, o CoAP é o responsável pela retransmissão de pacotes perdidos.

6 CONCLUSÃO

Neste artigo foram pesquisados os aspectos mais importantes da IoT com ênfase no que está sendo aplicado e quais as questões que requerem mais atenção. De fato, as tecnologias atuais tornam o conceito IoT viável, mas não se encaixam bem com os requisitos de escalabilidade e eficiência que elas terão de enfrentar. Acredita-se que, dado o interesse apresentado por indústrias nas aplicações da IoT, estas questões sejam um poderoso fator de condução para networking e pesquisa de comunicação em ambos laboratórios, industriais e acadêmicos. Protocolos da camada de aplicação da IoT, tais como MQTT e CoAP, mostram um comportamento diferenciado por gerenciarem a comunicação entre os dispositivos conectados em rede de forma mais eficiente, considerando as características e limitações impostas pelo ambiente, tais como capacidade computacional limitada e rede com perdas. Contudo, ainda não existe uma padronização estabelecida no sentido de forçar o uso de um protocolo específico. Os protocolos MQTT e CoAP foram avaliados e têm se mostrado adequados pelo baixo consumo de energia e quando utilizados em dispositivos com recursos limitados.

REFERÊNCIAS

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: a survey. **Computer Networks**, v. 54, p. 2787-2805, 2010.

COLLINA, Matteo; et al. Internet of Things Application Layer Protocol Analysis over Error and Delay prone Links. **7th Advanced Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop**, ASMS/SPSC, 2014.

CURCIO, K. P. C. **Adaptação e análise de um sistema publish/subscribe para transmissão de fluxos contínuos em redes 802.11g**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Telemática) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

EUGSTER, P. T.; GUERRAOUI, R. The Many Faces of Publish/Subscribe. **Technical Report**, jan., 2001.

FIELDING, Roy Thomas. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. 2000. 162f. Tese (Doutorado de Filosofia em Informação e Ciência da Computação) – Universidade da Califórnia, Irvine, 2000.

FRANÇA, Tiago C. de et al. Web das Coisas: Conectando Dispositivos Físicos ao Mundo Digital. In: **XXIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos** – SBRC, Campo Grande, 2011. p.103-150.

GUARDIÃO CLOUD SYSTEM. **Documentação**. Disponível em: <<http://docs.guardiaocloud.com.br/pt-br/>> Acesso em: 25 jul. 2015.

GUINARD, Dominique et al. From the Internet of Things to the Web of Things: Resource Oriented Architecture and Best Practices. 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU): The Internet of Things - Executive Summary, Internet Reports, 2005.

MARTINS, I. R.; ZEM, J. L. Estudo dos protocolos de comunicação MQTT e CoAP para aplicações machine-to-machine e internet das coisas. **Americana**, v. 3, n. 1, p. 64-87, 2015.

REIS, Daniel de Oliveira. **Estudo de uma Plataforma Aberta para Comunicações M2M**. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

WU, Geng et al. **M2M: From Mobile to Embedded Internet**, 2011. Disponível em: <<http://www.iith.ac.in/~tbr/teaching/presentations/15.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2015.