

A INTERNET das COISAS (IoT) : Tecnologias e Aplicações

J.R. Emiliano Leite, Paulo S. Martins e Edson L. Ursini

School of Technology, University of Campinas (UNICAMP), Limeira-SP, Brazil,

E-mails: j750465@dac.unicamp.br, {paulo, ursini}@ft.unicamp.br

Abstract— The Internet established itself as a network and an international communication tool, enabling the communication of people and computers. The decrease in cost and size of Internet access components let ordinary devices (e.g. TV sets, refrigerators, cookers, air-conditioning systems, residential alarms, and lamps) to access a broader network. More recently, the Internet of Things (IoT) has appeared allowing the increment of intelligence in the various sectors of the economy. The growing application of the IoT needs to be properly understood due to its potential to increase and exploit real-time data and the wealth of information currently available from sensors. Within this context, this paper presents an overview of this new network environment in terms of its technologies, models, architectures and applications.

Keywords—*Mobile Ad-Hoc Networks* (MANET), *Wireless Sensor Networks* (WSN), IoT, RFID, NFC, OSI, Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee.

I. INTRODUÇÃO

A INTERNET consagrou-se como sendo uma “Rede de Redes” e uma ferramenta de comunicação globalizada, inicialmente possibilitando a ligação entre pessoas e entre pessoas e computadores (máquinas). Foi criada nos anos 60 com o objetivo de interligar os ambientes acadêmicos e de pesquisas; com seu crescimento exponencial, a Internet foi expandida para a área comercial, aumentando ainda mais o seu uso com o surgimento da forma de busca *WEB* (*WWW*) e das redes sociais. Atualmente, é impossível imaginarmos nossa vida sem o uso da Internet, das redes sociais e comerciais.

Essa nova forma de utilização da Internet visa interligar aparelhos de uso cotidiano, executando assim uma comunicação entre coisas/objetos/aparelhos, possibilitando uma maior automatização do nosso dia-a-dia, por meio do uso do aparelho celular. Possibilita também o incremento de inteligência em diversos setores da economia : *SMART Grid* (Setor Elétrico), *City*, *Building*, *Home*, Logística, Indústria, Hospital, Saúde e Automatização Comercial (Atacado e Varejo), dentre outros. A inteligência e a automação são decorrentes dos acréscimos de processamento, memória e comunicação nos objetos envolvidos. A IoT realiza uma nova transformação digital, conectando dispositivos, incrementando valores de negócios, redefinindo organizações e gerando enorme quantidade de oportunidades. Sem dúvida, esta é uma nova ONDA TECNOLÓGICA, criando uma nova fronteira

do mundo conectado com as pessoas, computadores, dispositivos (objetos/coisas), ambientes e objetos virtuais, todos conectados e capazes de interagirem entre si.

O conceito de Internet das Coisas (IoT) foi introduzido por Kelvin Ashton em 1999 como resultado de sua pesquisa para utilizar etiquetas eletrônicas RFID na cadeia de produção. Adicionalmente, foi introduzida a utilização de sensores e atuadores, apesar de suas restrições de energia, processamento e memória. Com o avanço da microeletrônica, os preços das interfaces de redes diminuíram, e seu tamanho físico também, viabilizando a introdução de telecomunicações nesses objetos, tornando-os assim “Objetos Inteligentes e Conectados”. Dessa maneira, a INTERNET globalizada passou a incorporar os objetos inteligentes, surgindo assim a Internet das Coisas.

Órgãos internacionais especificaram a padronização internacional aberta, visando a interconexão de objetos e sistemas heterogêneos, de qualquer tipo, modelo e fabricante: IoT-A (Padronização IoT), EPCglobal (Padronização RFID), IPSO (Padronização de Objetos Inteligentes), IEEE, 3GPP (Telefones Móveis), IEC/ISO e IETF (Padronização INTERNET). A IoT já possui vasto conhecimento documentado em livros e padrões internacionais [1] [2] [3] [4] [5]. Foi mantida a nomenclatura inglesa para ficar compatível com as normas internacionais.

A Arquitetura IoT (Figura 1) escolheu Tecnologias Abertas, Simples, Baratas e Consagradas como Ethernet, WIFI, Ad-Hoc, ZIGBEE, Bluetooth, RFID (*Radio-Frequency Identification*), WSS(*Wireless Signal Solutions*) e Rede de Sensores. É claro que soluções Cabeadas como Ethernet/Wired também podem ser usadas. A Arquitetura separa a Comunicação nas seguintes Camadas :

- Conectividade de Sensores e Redes ;
- *Gateways* e Redes;
- Serviços de Gerenciamento;
- Aplicações.

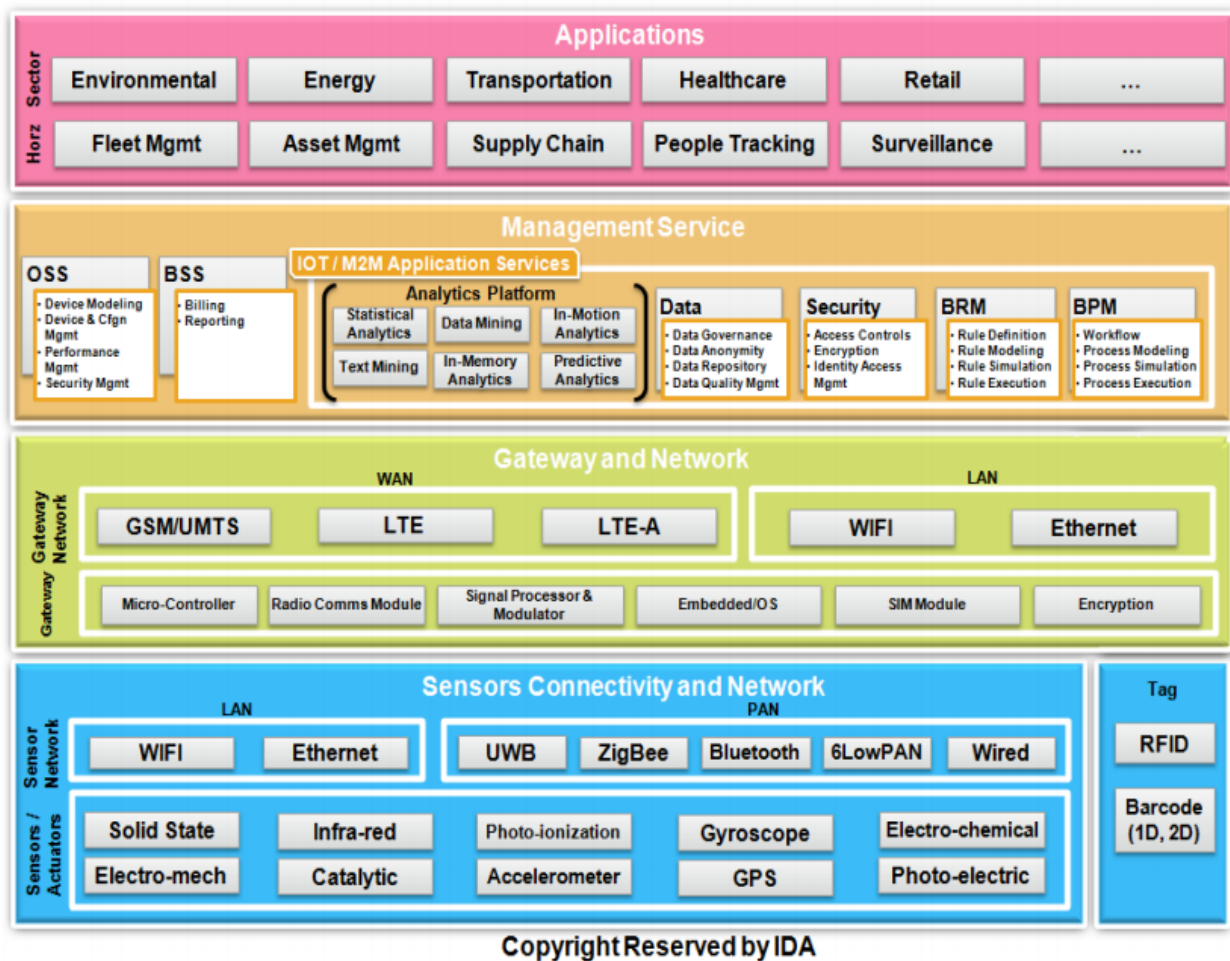


Fig. 1: IoT Architecture IDA(International Development Association – The World Bank) [5]

A IoT escolheu também Aplicações de utilização direta na sociedade e na Economia Mundial, como por exemplo: Ambiental, Energia (*Smart Grid*), Transporte, Saúde, Varejo/Atacado, Cadeia de Produção, Acompanhamento de Pessoas e Segurança (*Smart Home, Building, City*), entre outros. A Figura 1 apresenta a Pilha de Tecnologias IoT desde os dispositivos físicos, enviando ou recebendo os dados de/para as aplicações e processos de negócios.

A Figura 2 mostra a Arquitetura RFID utilizada na IoT, dividindo em Camadas de Identificação, Captura e Compartilhamento de Informações. A Camada de Identificação é responsável em identificar as Etiquetas *TAGs* com uma numeração ÚNICA. A Camada de Captura é responsável em coletar as informações recebidas das Etiquetas *TAGs*. A camada de Compartilhamento é responsável em compartilhar as informações recebidas das Etiquetas *TAGs* com as Aplicações RFID.

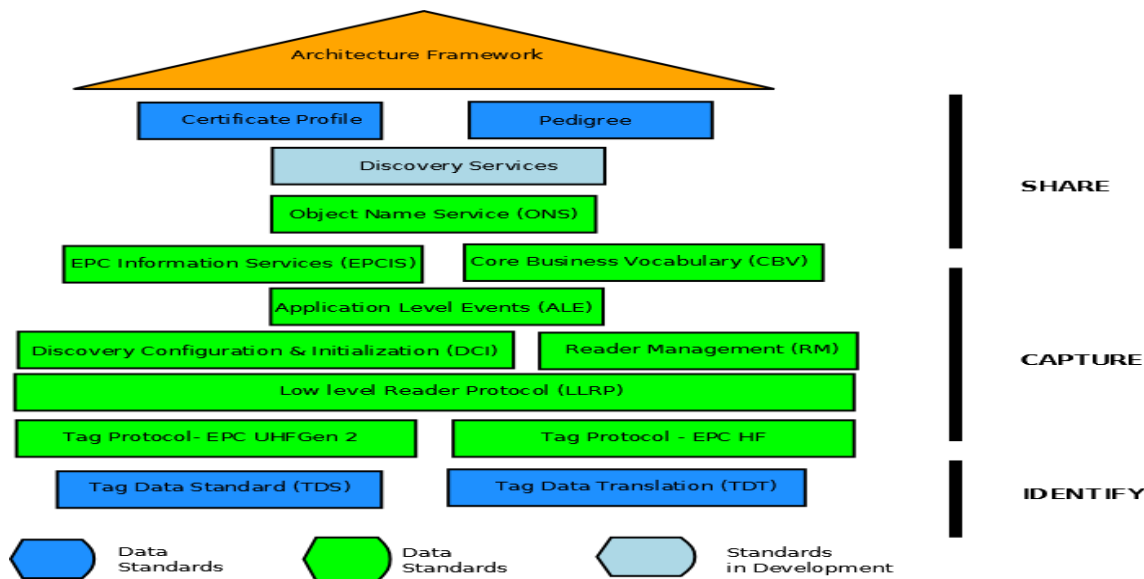


Fig. 2: RFID Architecture (EPC Global/ISO) [2]

A Pilha de Protocolos IoT comparando com o Modelo OSI da ISO de 7 camadas. A Comunicação é dividida em 7 Camadas devido à complexidade da ligação. O foco da IoT está na Informação transportada (DATA), gerada pelos RFIDs e Sensores. As demais camadas (*Physical, link, Network&ID, End to End*) importam funcionalidades semelhantes àsquelas preconizadas no ISO/OSI *Stack*. Os dispositivos conectados são em grande volume e geram enorme quantidade de dados.

O Modelo de Referência IoT é composto dos seguintes submodelos, com focos diferentes de abstrações :

- *Domain* : responsável pela identificação e agrupamento dos sistemas;
- *Information* : responsável pelo transporte das informações geradas pelos Sensores e RFIDs;
- *Functional* : responsável pelo agrupamento das funções existentes nos sistemas;
- *Communication* : responsável pela quebra da comunicação em 7 camadas de protocolos, seguindo o Modelo OSI da ISO.
- *Trust, Security and Privacy Model* : agrupa funcionalidades de Segurança da Informação, Privacidade e Certificação.

As aplicações estão divididas em diversas Áreas da Economia Mundial : Industrial, Automação Residencial, Transportes, Logística, Hospitalar, Comercial, etc.

O restante deste artigo está organizado como segue : Secção II apresenta os trabalhos relacionados. A Secção III mostra as Tecnologias selecionadas pela IoT. A Secção IV mostra as Aplicações selecionadas pela IoT e finalmente, a secção V mostra as conclusões.

II. Trabalhos Relacionados

Bassi et al [1] apresenta a Arquitetura IoT , com soluções de projetos seguindo o Modelo de Referência da Arquitetura IoT (IoT-A). Ela servirá como guia para desenvolvimento de Arquiteturas Concretas. Apresenta exemplos de desenvolvimentos em Logística e Saúde.

Hessel et al [2] apresenta a Arquitetura de Sistemas RFID com suas diversas camadas, utilização e seus diversos elementos : Etiqueta (TAG), Antenas, Leitores, Mediadores e Aplicações. Esta arquitetura apresenta as padronizações e regulamentações existentes, periféricos existentes, como o RFID se enquadra na IoT e exemplos de aplicações de logística e cadeia de suprimentos.

Leite et al [3] apresenta o Modelo de Simulação de uma Rede AdHoc usando Ferramentas de Simulação Híbrida (Arena, Matlab) em que a Simulação por Eventos Discretos é efetuada pelo Arena e a Mobilidade por meio do *Random Waypoint Mobility Model*.

Leite et al [4] apresenta a revisão de literatura da integração da IoT com a RFID e sensores. Apresenta a metodologia utilizada na pesquisa bibliográfica, as pesquisas atuais e tendências nas principais áreas tecnológicas da IoT.

Todavia, em nenhum desses trabalhos é apresentada uma visão geral e sumarizada em que são mostradas todas as tecnologia IoT e os respectivos níveis em relação às redes de comunicação, bem como seu relacionamento com as principais tecnologias existentes

III. TECNOLOGIAS SELECIONADAS

A IoT selecionou diversas tecnologias padronizadas e já utilizadas internacionalmente. Assim sendo, muito dos novos ambientes IoT são parecidos com os atuais existentes na INTERNET Residencial e Empresarial. A IoT nunca pretendeu reinventar a roda. A maioria das tecnologias é por rádio e sem fio (*Radio Access Technologies*), ou seja, utilizando os padrões IEEE 802.11, IEEE 802.15 e IEEE 802.16, por questões de flexibilidade e alcance.

As Tecnologias selecionadas encontram-se agrupadas conforme a área de Cobertura da Rede : P2P, Pessoal, Local, Metropolitana e Satélite:

- **P2P (Peer to Peer)** : RFID, NFC
- **WPAN (Wireless Personal Area Network)** : Bluetooth, Zigbee; Obs. WBAN (Wireless Body Area Network) que está sendo pesquisada e desenvolvida.
- **WLAN (Wireless Local Area Network)**: Wi-Fi (IEEE 802.11 a/c/n/ac, Wi-GIG (80.11.ad), AdHoc (IEEE 802.15.4);
- **WAN-MAN (Wireless Metropolitan Area Network)** : WiMAX 802.16 d,e,s, LTE GSM, NB-IoT, SIGFOX, LoRa, MIMO-MAX
- **WAN-RAN (Wireless Area Satellite Network)** : VSAT

A seguir, apresenta-se um resumo das tecnologias mais utilizadas nas Redes de Acessos (*P2P, WPAN e WLAN*). A conectividade permite a troca de dados entre participantes dentro do domínio funcional, dentro do sistema e entre sistemas. A troca de dados pode incluir atualizações de sensores, dados de telemetria, eventos, alarmes, logs, arquivos, mudanças de estado, comando de controle, e atualização de configurações.

a) Sensores e Redes de Sensores

Os sensores são os geradores básicos de informações em uma Rede IoT. Por sua simplicidade, só conseguem gerar informações específicas de Temperatura, Pressão, Umidade, Claridade, etc; o tráfego dessas informações é feito através das Redes de Sensores que podem ser Fixas ou Móveis Adhocs. Já existem sensores capazes de gerar diversas dessas informações conjuntamente e outros sensores embutidos em Etiquetas RFID evitando o uso de bateria.

b) Redes ADHOC

O uso de protocolos de roteamento dinâmicos e adaptativos possibilitam que as redes AdHoc sejam formadas rapidamente, por diversos nós que tem

proximidade para a comunicação. As Redes AdHoc sem fio podem ser classificadas por suas aplicações : *Mobile Ad-hoc Networks (MANET)*, *Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs)*, *Smartphone Ad-hoc Networks (SPANs)*, *Internet based Mobile Adhoc Networks (iMANETs)* e *Military / Tactical MANETs* [3]. O Protocolo AdHoc tem os seguintes pontos importantes: Padrão Internacional IEEE 802.15.4, usado nas Redes MANET, WSN (*Wireless Sensor Networks*), Redes de Catástrofe e de Emergência; adicionalmente, é a base das Arquiteturas ZIGBEE, Bluetooth e Acesso IoT. Segundo o ITU e o 3GPP, no futuro será incrementado o Protocolo D2D da Arquitetura Móvel 5G e CRAN (*Cognitive Radio Ad-hoc Networks*).

c) Tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*)

O RFID utiliza campos magnéticos para automaticamente identificar e rastrear Etiquetas coladas nos objetos [2]. O sistema RFID é composto por ETIQUETAS, ANTENAS, LEITORES, MEDIADOR e APLICAÇÕES; a ETIQUETA TAG possui informação de identificação (EPC: *Electronic Product Code*) de um produto/equipamento/crachá e é armazenada em um TAG com “96 Bits de Dados”; ela pode ser PASSIVA, ATIVA e Assistida com Bateria. O Leitor emite um sinal de rádio e aproveita a proximidade das TAGs; esse sinal é recebido pelas TAGs que transmitem suas informações de identificação. Esse é um processo de indução magnética entre o Leitor e as Tags. Essas informações são enviadas ao Mediador, responsável pela filtragem e agrupamento, enviando as informações resumidas e consolidadas para as aplicações.

d) Tecnologia NFC (*Near Field Communication*)

NFC (Comunicação por Campo de Proximidade) é um conjunto de tecnologias sem-fio de curta distância (<10 cm) com padrão ISO/IEC 18000-3. Sua origem se deu junto com a tecnologia RFID. É muito utilizada para Pagamentos Móveis com Smartphone. É uma tecnologia que permite a troca de informações sem fio e de forma segura entre dispositivos compatíveis próximos. Quando os dispositivos estão próximos, a comunicação é estabelecida automaticamente. Esses dispositivos podem ser telefones celulares, tablets, crachás, cartões de bilhetes eletrônicos e qualquer outro dispositivo que tenha um chip NFC.

e) **BLUETOOTH** : padrão IEEE 802.15.1, sinal de Radio Frequência por difusão e curtas distâncias (poucos metros), alta qualidade e flexibilidade

f) **ZIGBEE** : Padrão IEEE 802.15.4, usa em sua base uma Rede AdHoc (Hop to Hop). O Zigbee é responsável pelas funções : Network Routing, Address Translation, Packet Segmentation and Profiles.

g) Wi-Fi : padrão IEEE 802.11.b,g,n, 2.4 GHz., sinal de Radio Frequência por difusão, médias distâncias (dezenas de metros), alta qualidade e flexibilidade. Já possui uma evolução para altas taxas (Gbps) de comunicação, chamado de WI-GIG.

h) IPV6 : Padrão de Endereçamento TCP/IP de 128 bits; Objetos futuramente utilizarão o “Micro IP” por questões de eficiência energética (chip de comunicação fica desligado quando ocioso). A utilização do IPV6, ao invés do IPV4, foi necessária devido ao grande volume

Tabela 1 : Comparação das Tecnologias de Acesso

TECHNOLOGY	STANDARD	RATE/Frequency	POWER	RANGE	BATTERY	TOPOLOGY	#NODES
NFC	ISO/IEC 18092	424 Kbps	-	1-10 cm	Months/Years	1 + 1	2
RFID	ISO/IEC 18000	125Khz, 13,56Mhz 800Mhz a 960Mhz 2,45Ghz ou 5,8Ghz	-	metros	-	STAR	7
BLUETOOTH	IEEE 802.15.1	1 Mbps	49mA/0,2mA	1-10 m	Days	P2P/STAR	254 A 64516
ZIGBEE	IEEE 802.15.4	20 to 250 Kbps	30mA/356uA	100+m	Months/Years	STAR	32
WI-FI	IEEE 802.11b	54 Mbps	400/20 mA	1-100m	Hours	STAR	64+190cabeadas

IV. APLICAÇÕES SELECIONADAS

A IoT selecionou diversas Aplicações importantes para diversos Setores da Economia Mundial :

- *Consumer & HOME (Infrastructure, Awareness & Safety, Confort & Convenience)*
- *Buildings (Commercial / Institucional)*
- *Industrial (Resouce Automation, Fluid Processes, Converting Discrete, Distribution)*
- *Healthcare and Life Science (Care, IN Vivo Home, Research)*
- *Energy (Supply Demand, Alternative, Oil & Gas)*
- *Retail (Store, Hosptality and Speciality)*
- *Transportation (Trans Systems, Vehicles, Non-Vehicular)*
- *Securiry and Public Safety (Emergency Services, Public Infrastructure, Tracking, Equipment, Surveillance)*
- *IT & Networks (Enterprise and Public); Devices : Servers, Storage, PCs, Routers, Switches, PBXs, etc.* Esse setor envolve *Carrier, ITData, Office, Mobile Nets, Services, E_Commerce, DataCenters, Fixed Carriers, ISPs, etc*

Algumas dessas aplicações serão exemplificadas a seguir.

de Objetos (*Things*) que deverão ser endereçados na rede.

i) Mobile 4G (LTE) and Mobile 5G(FUTURA)

As Redes Celulares Móveis são as mais utilizadas na busca pelas informações coletadas na rede; normalmente, essa busca é feita na NUVEM, através de protocolos tipo HTTP ou HTTPS (Com Segurança e Criptografia).

a) SMART HOME

Essa Aplicação visa oferecer automação residencial através do acesso remoto via Smartphone ou Tablet, como por exemplo : acender e apagar luzes, saber o tempo de vida das lâmpadas, abrir e fechar portas e portões, ligar e desligar TV/Ar-Condicionado, receber a Lista de mantimentos faltantes na geladeira, receber informações via SMARTTV e Videos, etc.

b) SMART BUILDING

Essa aplicação visa a Automatização em um Edifício, tornando *GREEN* em termos de Energia Elétrica, Água, Aquecimento Solar, Sistemas de Baterias, etc. Equipamentos de alto consumo (Ar-Condicionado e Iluminação) poderão ser ajustados dinamicamente em função da temperatura/umidade/claridade interna e externa do prédio. Sistemas de Baterias poderão ser supervisionados visando a antecipação de troca em caso de futura falha.

c) SMART CITIES

Essa aplicação trata de troca de informações entre carros, celulares e semáforos, visando melhorar o trânsito e fluxo de carros em uma cidade. A *SMART City* abrange as seguintes áreas :

- *Structural Health of Buildings;*
- *Waste Management;*
- *Air Quality Monitoring*

- *Noise Monitoring;*
- *Traffic Congestion;*
- *City Energy Consumption;*
- *Smart Parking;*
- *Smart Lighting;*
- *Automation and Salubrity of Public Buildings;*

d) SMART GRID (ENERGY) E UTILITIES

Essa aplicação cuida da Automatização do Setor Elétrico visando colocar nas Residências Leitores Inteligentes (SMART Meters) que passam as informações de Consumo diretamente para as empresas fornecedoras, as quais utilizam a própria rede para gerenciar seus equipamentos e falhas. Utiliza uma rede específica do Setor Elétrico, por questões de confiabilidade e tempo de resposta. Seus principais componentes são :

- *Smart Power Generation;*
- *Smart Transmission Grid Applicatio;*
- *Distribution Automation*
- *Customer Home Automation and Demand Response : Advanced Metering Infrastructure (AMI), Electric Cars e Home Power Management.*

Os dispositivos envolvidos são Usinas, Geradores, Transformadores, Linhas de Transmissão, Estações de Conversão de Tensão, Geradores Eólicos, Geradores Solares, UPS, Baterias, Celulas de Hidrogênio, etc. Similarmente, existe a Aplicação de Monitoramento do Fornecimento de Água e Gás.

d) HEALTHCARE (Assistência Médica Remota)

Essa aplicação possibilita o monitoramento e acompanhamento remoto de pacientes em suas casas, através da coleta de informações de Sensores no Paciente de Temperatura/Pressão Arterial/ Batimentos Cardíacos/Glicose/Oxigenação, Sensores Ambientais de Presença/ Temperatura/Pressão/Movimento, RFIDs de Crachás de Paciente/ Funcionários/Remédios/Equipamentos, etc, informações essas que são enviadas para a NUVEM e são acessadas pelos médicos e hospitais. O Médico poderá acessá-las através de seu Smartphone e solicitar que o paciente seja deslocado para o hospital em caso de valores perigosos nos seus sinais vitais. Essa aplicação possibilita um novo modelo de negócio para Planos de Saúde, em que o paciente só vai ao Hospital em situações graves.

e) SMART MANUFACTURING (INDUSTRY)

Essa aplicação é responsável pelo controle e automação de processos fabris reais sobre as

Dispositivos Industriais (Tornos , Prensas, Controladores Numéricos, Controladores de Lógica Programáveis (PLCs), Robôs, etc), requerindo tempos de reação curtos (REAL TIME), com pouco atraso e jitter, e pouca quantidade de dados produzida. Adaptadores, Bridges e Gateways são necessários devido ao grande número de Ilhas (Aplicações) existentes com Protocolos Proprietários.

f) OUTRAS APLICAÇÕES

Outras aplicações potenciais estão surgindo : Estacionamento Inteligente, Rastreamento de Frotas (Logística), Carro Conectado, Fazenda Conectada, Canteiro de Obras Conectado, Monitoramento de Tanques industriais, Monitoramento de Oleodutos/Gasodutos. Estas demandarão muito esforço de Padronização, Especificação, Desenvolvimentos e Testes.

V. CONCLUSÕES

A IoT é uma nova onda tecnológica que veio complementar a INTERNET tradicional, oferecendo acesso de baixa velocidade/banda para elementos simples de nosso dia-a-dia (Things). Foi padronizada internacionalmente, aproveitando as melhores tecnologias já existentes e utilizadas no mercado. Criou diversas Aplicações SMART as quais desenvolverão automação de diversos setores da Economia MUNDIAL. A IoT realiza uma nova transformação digital: conecta dispositivos/objetos/coisas, incrementa negócios, valoriza processos, redefine organizações e gera uma grande quantidade de oportunidades. É uma nova onda tecnológica com uma nova fronteira para o mundo conectado com as pessoas, dispositivos, ambientes e objetos virtuais, todos conectados e capazes de interação. Isso, com certeza, demandará muitas pesquisas nas redes mundiais globalizadas e em suas aplicações.

REFERÊNCIAS

- [1] Enabling Things to Talk : Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model. Alessandro Bassi; Martin Bauer; Martin Fiedler; Thorsten Kramp; Rob van Kranenburg; Sebastian Lange; Stefan Meissner. IoT-A, Springer Open 2013.
- [2] Implementando RFID na Cadeia de Negócios : Tecnologia a serviço da Excelência. Fabiano Hesse; Reinaldo Serrano Goy Villar; Renata Rampim de F. Dias; Suely De Pieri Baladei. EdIPUCRS 2011.
- [3] Performance Analysis of a Flexible Multi-Mode AdHoc Packet Network Model. J.R.E.Leite; Edson Luiz Ursini; Paulo S. Martins. SBRT 2017.
- [4] Integração da Internet das Coisas (IoT) com a RFID e Redes de Sensores : Revisão da Literatura. J.R.E. Leite; E.L.Ursini; Paulo S. Martins. Brazilian Technology Symposium (BTSym 2016) e Sexto Workshop Smart Grid Energia: 1 e 2/Dezembro/2016; UNICAMP;
- [5] Relatório Anual IDA (International Development Association)2008.