

# An Introduction to the Internet of Healthcare Things

Juan Lucas R. Vieira<sup>1</sup>, Luiz Antonio da Ponte Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Niterói – RJ – Brasil

**Abstract.** *Due to the popularization of smart devices, the insertion of the Internet of Things into people's daily lives has increased considerably in recent years. One of the favorable characteristics of these devices is the flexibility of use in several areas. When applied to ehealth, the Internet of Things gives rise to applications that can contribute to the well-being and health of individuals. The concept of the Internet of Healthcare Things (IoHT) was created to refer to the use of IoT devices for health services. This article aims at presenting technologies, applications, and services developed in the area of IoHT, besides addressing challenges and limitations of this area and presenting technologies capable of influencing its future.*

**Resumo.** *Graças a popularização dos dispositivos inteligentes, a inserção da Internet das Coisas no cotidiano das pessoas vem aumentando consideravelmente nos últimos tempos. Uma das características favoráveis desses dispositivos é a flexibilidade de uso nas mais diversas áreas. Na área da saúde, a Internet das Coisas dá origem a aplicações que podem contribuir para o bem estar e a saúde de indivíduos. O conceito de Internet of Healthcare Things (IoHT) foi concebido para denominar a utilização de dispositivos IoT para serviços na área da saúde. Este artigo tem como objetivo apresentar as tecnologias, aplicações e serviços desenvolvidos na área de IoHT, além de abordar desafios e limitações da área, e apresentar tecnologias capazes de influenciar seu futuro.*

## 1. Introdução

A popularidade dos dispositivos IoT (*Internet of Things* ou Internet das Coisas, em português) vem aumentando, tornando-os uma tendência na próxima geração de tecnologias emergentes. Devido ao seu conceito de conectividade em qualquer lugar, tempo, serviço e rede, os dispositivos IoT podem ser inseridos em várias áreas, provendo assim diversas soluções para as mais variadas aplicações [Islam et al. 2015].

Dentre as áreas onde esses dispositivos estão sendo inseridos, a área da saúde possui destaque. Na saúde, a Internet das Coisas dá origem a inúmeras aplicações médicas, que colaboram com o trabalho de profissionais e com a saúde do paciente, ao acompanhar e monitorar o tratamento e o dia-a-dia dos indivíduos. Devido a esse grande potencial, surgiu o conceito de *Internet of Healthcare Things* (IoHT) que consiste na utilização de dispositivos IoT (e.g. *smartwatches*, sensores corporais) para serviços na área da saúde.

Diversas soluções e aplicações foram desenvolvidas e propostas, visando tratar de uma doença específica ou de um grupo de doenças, e também para detectar e prevenir possíveis eventos futuros, como o início de uma possível internação hospitalar. Soluções para o acompanhamento e auxílio de indivíduos idosos ou com necessidades especiais

também já existem e provêem uma melhor qualidade de vida, além de fornecer mais independência e autonomia a tais indivíduos.

As soluções e aplicações fazem uso de sensores e dispositivos inteligentes para realizarem a coleta, o processamento, a transmissão e o armazenamento dos dados de saúde dos indivíduos. Além disso, elas são capazes de prover a comunicação do indivíduo com seus médicos, familiares e com centros de emergência (e.g. hospitais, clínicas e prontos-socorros) para o monitoramento e acompanhamento do tratamento em tempo real.

Apesar da praticidade e do custo relativamente baixo dos dispositivos, ainda existem vários desafios na área, como a conexão dos dispositivos, envolvendo questões como a segurança e proteção dos dados dos indivíduos, garantia de conectividade para transmissão e monitoramento em tempo real, interoperabilidade entre as aplicações e eficiência energética.

O objetivo deste artigo é introduzir IoHT, abordando conceitos e tecnologias utilizados na infraestrutura e no funcionamento dos dispositivos, e apresentar exemplos de serviços e aplicações propostos. O restante deste documento está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 aborda as principais tecnologias relacionadas a IoHT. A Seção 3 apresenta exemplos de serviços que podem ser proporcionados pela IoHT. A Seção 4 trata dos tipos de aplicações desenvolvidas. A Seção 5 expõe os principais desafios relacionados à IoHT. A Seção 6 cita tecnologias que podem trazer melhorias para o futuro das redes IoHhNet. Finalmente, na Seção 7 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## 2. Tecnologias Relacionadas

A rede IoThNet (IoT Healthcare Network) [Islam et al. 2015] é um elemento central para comunicação de dispositivos IoHT. É por meio dela que os sensores transmitirão os dados gerados para dispositivos que irão processar, analisar e armazenar as informações.

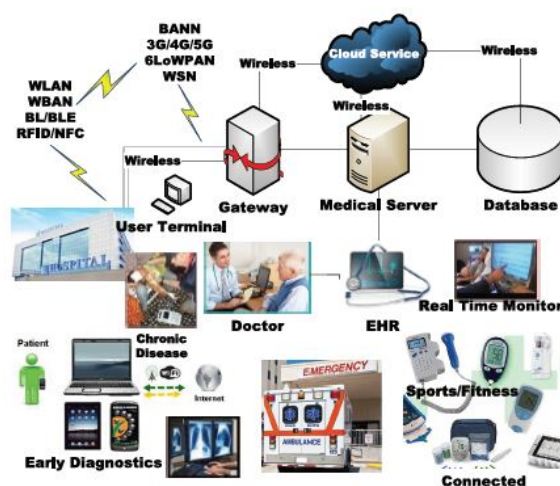


Figura 1. Visão geral de *Internet of Healthcare Things* [Islam et al. 2015].

Devido às características singulares de uma IoThNet, é necessária a utilização de tecnologias que possibilitem a troca de dados de um grande número de dispositivos de maneira eficiente, levando em consideração as limitações de processamento e consumo energético dos sensores.

Esta seção aborda as tecnologias que estão relacionadas às redes de dispositivos IoHT ou que possibilitarão a implantação desses dispositivos em cenários voltados à saúde. Uma visão geral das tecnologias, dispositivos e aplicações IoHT é apresentada na Figura 1.

## 2.1. IPv6

A arquitetura orientada a serviços do IPv6, resultado do desenvolvimento do projeto europeu FP7 em pesquisas sobre IoT, oferece interoperabilidade, mobilidade dos nós da rede, computação em nuvem e distribuição inteligente entre dispositivos smart heterogêneos [Ziegler et al. 2015].

O IPv6 além de possuir um esquema de endereços altamente escalável (contém  $2^{128}$  endereços públicos únicos) e superar as limitações da NAT (Network Address Translation) ao permitir um desenvolvimento altamente escalável, também provê conectividade fim-a-fim com mecanismo de roteamento mais distribuído, contando com melhorias de segurança como IPSec.

Além de permitir que dispositivos ingressem em grupos multicast para que operações únicas possam ser executadas no grupo inteiro ao invés de em dispositivos individuais, o IPv6 possui um conjunto complementar de protocolos desenvolvidos para ele. Como resultado, sua adoção global e disponibilidade estão aumentando.

## 2.2. 6LoWPAN

O protocolo 6LoWPAN foi desenvolvido para permitir que pacotes IPv6 fossem transmitidos em redes wireless de baixo consumo energético, seguindo o padrão IEEE 802.15.4 [Mulligan and Geoff 2007].

Antigamente não se pensava em utilizar o protocolo IP para redes de sensores ou redes PAN (*Personal Area Network*) por achar que ele é pesado para as aplicações. Entretanto mais pessoas estão começando a repensar o uso do protocolo IP recentemente e o embarcaram no desenvolvimento e padronização do 6LoWPAN, definindo a camada IPv6 sob baixa taxa de dados e baixo consumo.

A utilização do protocolo IP, além de simplificar o modelo de conectividade, permite que seus usuários utilizem ferramentas de configuração, gerenciamento e debugging já desenvolvidas, não sendo necessário o desenvolvimento de um novo conjunto de ferramentas e nem o aprendizado de um novo paradigma. Além disso, o protocolo IP traz a vantagem de sensores e protocolos de controle legados já estarem adaptados para funcionarem sob IP.

O protocolo IP não é complexo e não é pesado em termos de tamanho de código, sendo a implementação do 6LoWPAN facilmente carregada em memórias flash de 32KB. Em sua arquitetura, o cabeçalho do protocolo 6LoWPAN se divide em 3 partes, formando uma pilha de cabeçalhos. São eles: Dispatch Header, Mesh Header e Fragmentation Header. Esse tipo de arquitetura possibilita empilhar os cabeçalhos formando combinações para necessidades específicas de cada pacote e rede.

A especificação do 6LoWPAN não resolve todos os problemas das redes de sensores e aplicações de baixo consumo, entretanto possibilita a construção de protótipos, test-beds e dispositivos para explorar mais a fundo essas áreas.

[Islam et al. 2015] acreditam que o 6LoWPAN será a tecnologia base da rede IoThNet, permitindo que sensores e dispositivos médicos se comuniquem de maneira eficiente e com baixo consumo energético.

### 2.3. RFID

A tecnologia de comunicação RFID utiliza um campo eletromagnético para possibilitar a comunicação entre dispositivos para a transmissão de informação sem contato físico. Ela inclui duas tecnologias: HF RFID, que é utilizada nos campos de finanças e médico e controlada pelo NFC Forum, e UHF RFID, utilizada principalmente nos campos de logística, gerenciamento, rastreamento e verificação de autenticidade, sendo padronizada e controlada pelo EPCGlobal e ISO [Park 2018].

As tags utilizadas na tecnologia RFID são classificadas em 3 tipos: passivo, semi-ativo e ativo. Elas são formadas por um circuito integrado, um chip, uma antena e uma memória. Nos casos das tags ativas, uma bateria é adicionada para gerar energia da indução eletromagnética. A Figura 2 ilustra a arquitetura da comunicação de dispositivos que utilizam a tecnologia RFID.

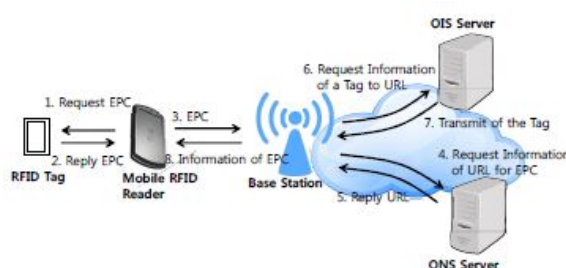


Figura 2. Arquitetura de comunicação da tecnologia RFID [Park 2018]

Estudos se preocupam com a segurança do canal wireless de conexão estabelecido entre o dispositivo leitor e a tag RFID. Para prover controle de segurança, as tags utilizam funções XOR baseadas em hash nas comunicações [Park 2018].

Uma rede móvel RFID é composta por uma rede móvel existente e uma rede RFID, contendo tags, leitores e hosts. Atualmente o seu foco tem sido prover aplicações e serviços para usuários individuais, fazendo uso dos dispositivos pessoais como smartphones e tablets. O trabalho de [Park 2018] implementa um pequeno leitor RFID utilizando um cartão microSD para smartphones e uma antena externa para melhorar o reconhecimento da tag à distância. Outro trabalho [Colella et al. 2016] desenvolve uma ferramenta de baixo custo para a análise de performance de tags UHF RFID passivas.

Dois exemplos das diversas possíveis aplicações da tecnologia RFID em dispositivos IoHT são: a identificação de pacientes que chegam em estado de saúde crítico aos prontos-socorros, onde muitas vezes não é possível entrar em contato com algum responsável pelo paciente, e a identificação de medicamentos para armazenamento. Nesse segundo exemplo, a tecnologia RFID é aplicada para fazer um histórico dos medicamentos para facilitar a compra dos mesmos, evitando confusões referentes a nomes semelhantes, dosagens e prazos de validade [Hu et al. 2013].

#### **2.4. Redes de Sensores sem Fio - *Wireless Sensor Networks***

Rede de sensores sem fio (WSN - *Wireless Sensor Network*) é um tipo de rede móvel com objetivo de monitorar uma região ou entidade de interesse através de sensores. No âmbito de serviços para a área da saúde, redes WSN têm sido utilizadas em diversas aplicações [Ko et al. 2010], como no monitoramento de sinais vitais de pacientes em hospitais.

Assim como as redes IoHT, redes WSN compartilham do propósito de coleta de dados através de sensores. Embora existam diversas abordagens para a conexão para a transmissão dos dados coletados de nós da rede de sensores à Internet [Christin et al. 2009], redes WSN voltadas à área da saúde divergem de redes IoHT por não proverem flexibilidade de aplicação e por geralmente utilizarem tecnologias proprietárias.

Apesar disso, redes WSN voltadas para a área da saúde podem ser consideradas como os esforços iniciais de monitoramento de pacientes através de uma rede de sensores sem fio e, portanto, uma tecnologia precursora de redes IoHT.

#### **2.5. Redes Corporais Sem Fio - *Wireless Body Area Networks***

Uma Rede Corporal Sem Fio (ou *Wireless Body Area Network* - WBAN) é um tipo de rede composta por pequenos dispositivos inteligentes que podem ser colocados ou até mesmo implantados no corpo humano [Movassaghi et al. 2014]. O objetivo dessa rede é a comunicação eficiente entre sensores e atuadores de baixo consumo que estão próximos ao usuário.

Os nós de uma rede WBAN podem ser divididos em três categorias. O Dispositivo Pessoal (Personal Device - PS) é o nó responsável por coletar as informações dos sensores e atuadores servindo como *sink* ou *gateway* da rede (e.g. *smartphone*). Nós sensores são aqueles que coletam informações corpóreas do usuário (e.g. termômetro, aferidor de pressão, acelerômetro). Um nó atuador realiza uma ação (e.g. aplica dose de um remédio no paciente) baseado nas informações dos sensores.

A comunicação em WBANs pode ser classificada entre *Intra-WBAN*, que seria a troca de informações dentro da própria rede em um raio de 2 metros do corpo humano, comunicação *Inter-WBAN*, referente a comunicação entre o gateway da rede e um ponto de acesso e *Beyond-WBAN* que refere-se a comunicação além da rede corporal, como o tráfego dos dados até uma base de dados ou até um centro de saúde.

Na área médica, WBANs possuem um grande potencial no monitoramento contínuo de pacientes e diagnóstico de doenças, uma vez que permitem a coleta, processamento e transmissão de sinais vitais sem causar desconforto e com baixo custo. Dentre as aplicações possíveis, dispositivos vestíveis permitem gerenciamento de performance de atletas, assistência a desordens do sono, controle de asma a partir do monitoramento do ar, entre outras. Além disso, dispositivos implantados podem ser utilizados para controle da diabetes, monitoramento de doenças cardiovasculares e de células cancerígenas. A conectividade de redes WBAN também permite a integração desse tipo de rede com serviços de Ambient Assisted Living e de telemedicina.

Em relação a IoHT, as redes de sensores corporais têm sido utilizadas em diversos projetos na área da saúde, como, por exemplo, o de monitoramento comunitário abordado na Seção 3.2.

### 3. Serviços

A coleta de dados médicos e a interconexão entre dispositivos IoHT permite o estabelecimento e melhoria de serviços na área da saúde. Nessa seção são abordados dois serviços relacionados a melhoria da qualidade de vida e saúde dos usuários através da utilização de dispositivos IoT. O primeiro está relacionado a um ambiente de casa inteligente, já o segundo abrange um escopo maior, englobando uma comunidade.

#### 3.1. *Ambient Assisted Living*

Um dispositivo IoHT ou até mesmo uma casa contendo diferentes tipos de dispositivos IoHT não oferece necessariamente os serviços necessários para indivíduos com idade mais avançada. O serviço *Ambient Assisted Living* (AAL) engloba sistemas de apoio a idosos e a pessoas com necessidades especiais a fim de fornecer auxílio em sua rotina diária, provendo independência, melhor qualidade de vida e ambientes mais seguros.

Para realizar o monitoramento de indivíduos, AAL utiliza a tecnologia *Keep In Touch* (KIT) [Dohr et al. 2010], que faz uso de dispositivos inteligentes e tecnologias como RFID e NFC (*Near Field Communication*). A tecnologia KIT tem o objetivo de coletar e encaminhar dados de saúde necessários ao monitoramento dos indivíduos e ao acompanhamento de seus tratamentos [Dohr et al. 2010].

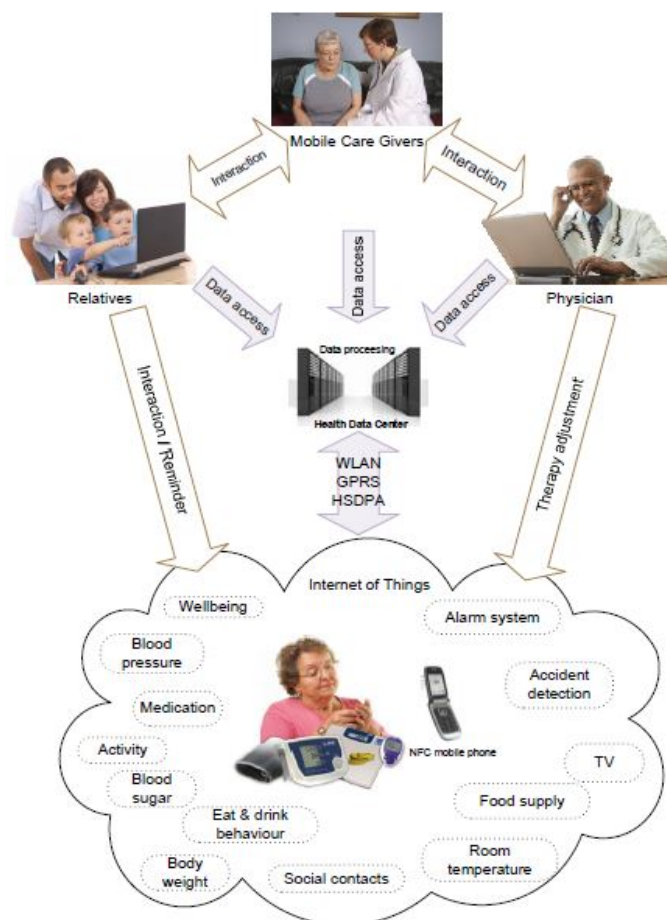
A coleta e armazenamento dos dados não é suficiente para o sucesso do tratamento. Sendo assim, é necessário constantemente enviar lembretes e feedbacks aos indivíduos (pacientes). Deste processo de coleta, armazenamento dos dados de saúde e envio de lembretes e feedbacks aos pacientes, na forma de um "loop", surge o conceito *Closed Loop Principle*, cujos serviços chamados de *Closed Loop Healthcare*, além de utilizarem a tecnologia KIT, são capazes de processar os dados de saúde dos indivíduos e de estabelecer canais de comunicação entre indivíduos, seu ambiente e médicos, centros de emergência (e.g. hospitais, prontos-socorros, clínicas) e familiares [Dohr et al. 2010].

Adicionalmente, os médicos acessam os dados e os analisam com alguma frequência, a fim de fornecer atendimento remoto e realizar intervenções quando necessárias. Algoritmos também estabelecem limiares, que podem ser ajustados pelos médicos ao longo do tratamento, para detectarem possíveis alterações que indiquem sinais de eventos críticos futuros, e.g. internação hospitalar e desenvolvimento de doenças ou transtornos.

A combinação da tecnologia KIT com os serviços *Closed Loop Healthcare* provê a infraestrutura IoHT adequada para os cenários AAL, estando estruturada em 3 níveis: hardware (sensores e redes sem fio), middleware (coleta e segurança dos dados) e serviços (processamento dos dados, serviços e aplicações). A infraestrutura para AAL atende aos seguintes conceitos:

- Comunicação Ubíqua: os dispositivos comunicam entre si a todo o momento e em qualquer lugar;
- Computação Pervasiva: os dispositivos possuem cada vez mais poder de processamento para executar as aplicações e processar os dados coletados;
- Inteligência do ambiente: os dispositivos são capazes de observar mudanças no ambiente e assim interagir ativamente.

Um sistema de vida assistida pode ser composto por dispositivos corporais (e.g. *wearables*), para monitoramento dos sinais vitais e reconhecimento de atividades do usuário, podendo fornecer lembretes de atividades como o uso regular de medicamentos, eletrodomésticos inteligentes, capazes de realizar tarefas básicas de forma autônoma e outros dispositivos de monitoramento, como câmeras e microfones. Um ambiente AAL também pode permitir a comunicação e envio de dados de saúde para familiares, enfermeiros e médicos. A Figura 3 ilustra uma arquitetura do serviço AAL.



**Figura 3. Arquitetura do serviço AAL [Dohr et al. 2010]**

[Rashidi and Mihailidis 2013] apresentam uma visão das tecnologias e algoritmos utilizados em um ambiente AAL, as aplicações desse tipo de serviço e os desafios da área, como questões éticas e de privacidade. Os autores também trazem uma variedade de projetos que propõem soluções para o monitoramento de habitantes e casos de uso de dispositivos inteligentes em ambientes assistidos.

### **3.2. Community Healthcare**

O conceito de *Community Healthcare* envolve o monitoramento de dados relacionados à saúde de habitantes de uma comunidade (e.g. vila, hospital, área rural). Esse conceito baseia-se no estabelecimento de uma rede de comunicação de dados relacionados à saúde que cobre um local de interesse.

[You et al. 2011] propõem uma arquitetura, chamada *Community Medical Network* (CMN), baseada na interligação de redes de sensores corporais sem fio (WBANs) e dispositivos móveis a servidores de centros de saúde através da infraestrutura de rede móvel 3G ou WiFi. Os autores argumentam que uma CMN poderia ser vista como a virtualização de um hospital, uma vez que estende os limites físicos de um hospital real, oferecendo serviços mais convenientes e de menor custo. A Figura 4 apresenta a arquitetura proposta pelos autores.

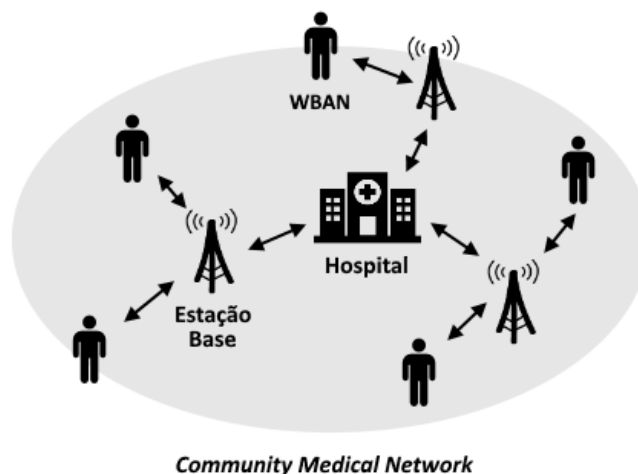


Figura 4. Arquitetura de uma *Community Medical Network*.

Além de expandir o alcance de um centro de saúde, a área de *Community Healthcare* também pode ajudar no monitoramento de indivíduos em locais de difícil acesso ou com infraestrutura limitada. Um outro projeto nessa área teve como objetivo melhorar o monitoramento e controle da saúde de moradores de áreas rurais com vulnerabilidade financeira [Rohokale et al. 2011]. Nesta abordagem, é proposto o uso de uma rede IoT cooperativa, onde dados de saúde de um paciente são transportados de maneira oportunística através de uma rede *ad hoc*, formada por sensores corporais carregados pelos indivíduos, até que alcancem um *gateway* conectado à Internet. Uma vez que os dados alcancem a Internet, profissionais da saúde autorizados passam a possuir acesso aos dados dos pacientes.

## 4. Aplicações

Conforme explicado na Seção 3, serviços possuem um conceito global em relação às aplicações, isto é, as aplicações são construídas para oferecer um determinado serviço. As aplicações estão presentes em diversos dispositivos como por exemplo *gadgets*, *wearables* e *smartphones*. Elas se dividem em 2 grupos: *single condition* e *clustered condition*.

### 4.1. *Single Condition*

As aplicações *single condition* são aquelas que têm como objetivo lidar com um problema de saúde específico. Nesta seção são abordados dois exemplos de aplicação *single condition*: o monitoramento do nível de glicose e da atividade cardíaca de um paciente.



#### **4.1.1. Monitoramento do Nível de Glicose**

Diferente dos equipamentos existentes para medir o nível de glicose no sangue, em que é necessária uma gota de sangue do indivíduo para que o equipamento realize a medição, aplicações IoHT não-intrusivas estão sendo desenvolvidas com a mesma finalidade. Tais aplicações realizam medidas contínuas em tempo real a fim de prover informações significativas acerca do nível de glicose em pacientes diagnosticados com diabetes, com o objetivo de intervir em tempo real em qualquer episódio de hiperglicemia.

Soluções desenvolvidas tais como [Istepanian et al. 2011] propõem a modelagem opto-fisiológica com o uso de sensores TelosB fixados à pele para realizar o monitoramento. Os sensores TelosB possuem um conversor analógico-digital para realizar a conversão do sinal coletado do indivíduo. Neste modelo, os sensores transmitem pacotes com os dados coletados através da conexão baseada em IPv6, fazendo uso do protocolo 6LoWPAN. A transmissão dos dados biomédicos é feita em tempo real para pontos de acesso centrais, onde serão coletados em seguida para análise clínica.

#### **4.1.2. Monitoramento da Atividade Cardíaca**

O eletrocardiograma (ECG) é um exame que avalia a atividade do coração de um indivíduo, permitindo a detecção de batimentos irregulares e prevenção de doenças cardíacas, como o infarto.

No âmbito de IoHT, alguns dispositivos inteligentes (e.g. *Apple Watch Series 4*) já oferecem o monitoramento da atividade cardíaca dos usuários através de sensores. A grande vantagem é evitar que o indivíduo tenha que se deslocar até uma clínica ou hospital para realização do exame. Além disso, esses dispositivos fazem um monitoramento contínuo, detectando problemas em potencial assim que eles acontecem.

Em relação aos desafios da área de monitoramento ECG utilizando *wearables* e dispositivos sem fio, [Baig et al. 2013] abordam questões de aceitação da tecnologia e confiabilidade desse tipo de sistema. Os autores também comparam as características de diversos sistemas de monitoramento cardíaco.

### **4.2. Clustered Condition**

Diferente das aplicações *single condition*, as aplicações *clustered condition* têm como objetivo lidar com múltiplos problemas de saúde ou doenças. São apresentadas as aplicações de gerenciamento de medicamentos e gerenciamento de cadeiras de rodas como exemplos de aplicações que abordam várias condições de saúde.

#### **4.2.1. Gerenciamento de Medicamentos**

A falta de atenção e precaução quanto ao uso de medicações por parte de pacientes causa ameaças sérias à saúde pública, além de grandes prejuízos financeiros. Soluções IoHT podem ser desenvolvidas para auxiliar pacientes no controle e uso de suas medicações. Tais soluções apresentam uma alternativa aos cuidados de profissionais ao oferecerem auxílio no gerenciamento de medicamentos através de interfaces simples e intuitivas.

Para garantir que os pacientes se mediquem de acordo com o que foi prescrito por seus médicos, [Pang et al. 2014] propõem uma maleta inteligente, chamada *Intelligent Medicine Box* (iMedBox), que é capaz de monitorar o uso dos medicamentos e prevenir que seus usuários deixem de consumir algum medicamento ou o façam de maneira incorreta. A Figura 5 ilustra a infraestrutura de coleta e transmissão de dados da iMedBox.

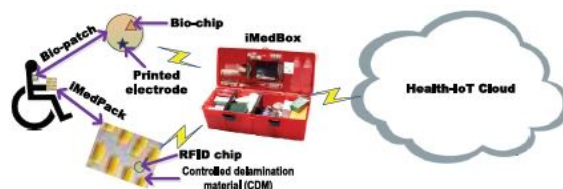


Figura 5. Infraestrutura da *iMedBox* [Pang et al. 2014]

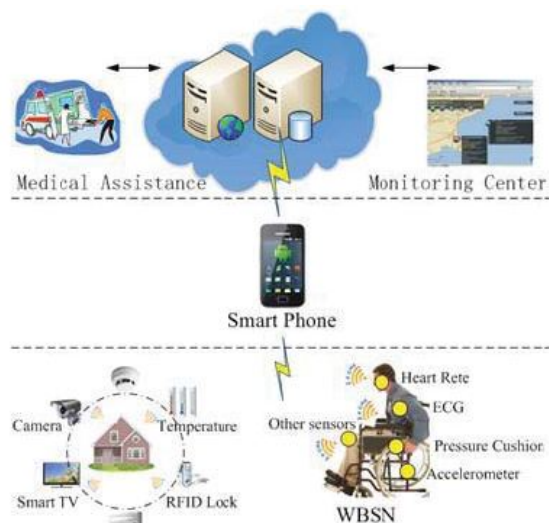
A iMedBox é capaz de rastrear as embalagens dos medicamentos e registrar a atividade de consumo do paciente por meio de sensores e de RFIDs. Além de exibir informações sobre os medicamentos aos pacientes, a maleta inteligente é capaz de se comunicar com outros sensores corporais utilizados pelo paciente para inspecionar dados referentes aos sinais fisiológicos (e.g. frequência cardíaca, temperatura, pressão sanguínea) e acionar centros de saúde (e.g. hospitais, prontos-socorros, médicos) via internet em casos de emergência.

#### 4.2.2. Gerenciamento de Cadeiras de Rodas

A construção e o desenvolvimento de cidades inteligentes (*smart cities*) se preocupam cada vez mais com a qualidade de vida de seus moradores. Com isso, serviços e aplicações móveis relativos aos cuidados com a saúde se tornam mais importantes para pessoas idosas ou deficientes físicos (e.g. usuários de cadeiras de rodas). Algumas doenças crônicas afetam o dia-a-dia de pessoas, comprometendo suas funções motoras, sensoriais e cognitivas. Sendo assim, dispositivos que monitoram essas pessoas com o uso de sensores, auxiliando-as e interagindo com os seus médicos, familiares e responsáveis, proporcionam uma melhor qualidade de vida.

Alguns projetos se preocupam com a qualidade de vida de cadeirantes, seja monitorando o ambiente doméstico em que vivem, seja equipando a cadeira de rodas com sensores para monitorar os sinais fisiológicos dos cadeirantes (e.g. batimentos cardíacos) ou até mesmo desenvolvendo assistentes de direção para automatizar as cadeiras de rodas, controlando-as por voz, gestos e movimentos dos olhos, por exemplo [Leishman et al. 2014] [Al-Rousan and Assaleh 2011].

O projeto [Yang et al. 2014] difere de alguns projetos existentes, pois além de monitorar o ambiente do cadeirante e seus batimentos cardíacos e sinais elétricos do coração (com o uso de sensores de eletrocardiograma ou ECG) em tempo real por meio de WBANs (redes corporais) e WSNs (redes de sensores), ele faz uso do smartphone para inserir a mobilidade e realizar a comunicação através de redes sem fio e LTE (4G) com o centro de monitoramento e a assistência médica. A Figura 6 ilustra a arquitetura deste projeto.



**Figura 6. Arquitetura da aplicação de monitoramento de cadeirantes [Yang et al. 2014]**

O smartphone não apenas faz a comunicação, como também visualiza e processa os dados recebidos pelos sensores da cadeira de rodas e do cadeirante, e interage com outros dispositivos inteligentes. O smartphone também estende o monitoramento do cadeirante, pois também contém sensores próprios, como GPS, acelerômetro, bússola e câmera.

A comunicação e transmissão dos sinais coletados pelos sensores instalados na cadeira de rodas e no cadeirante para o smartphone é feita via Bluetooth e Zigbee. Essa arquitetura possibilita o monitoramento em tempo real do cadeirante, auxiliando no contato com a assistência médica em casos de quedas do indivíduo, além de monitorar o ambiente doméstico, percebendo a temperatura, umidade e presença de monóxido de carbono, por exemplo.

### 4.3. Demais aplicações

Além dos exemplos abordados nas Seções 4.1 e 4.2, existem ainda aplicações *single condition* de monitoramento da pressão sanguínea, temperatura corporal, do nível de oxigênio no sangue (SpO2), entre outros.

Também são exemplos de aplicações *clustered condition*, os sistemas de reabilitação, que são voltados para a melhoria de vida de pacientes com deficiências físicas e limitações motoras, e soluções *healthcare* para *smartphones*, que abrangem aplicações para detecção de queda, monitoramento de sono e outros. Uma visão geral das aplicações apresentadas pode ser visualizada na Tabela 1.

## 5. Desafios

A rede de dispositivos IoHT possui um grande potencial para o desenvolvimento e melhoria de serviços na área da saúde. Porém, ainda existem diversos problemas em aberto que precisam ser solucionados. Esta seção aborda alguns dos principais desafios na área de IoHT.

<b>Tipo</b>	<b>Aplicação</b>
<i>Single Condition</i>	Monitoramento dos níveis de glicose sanguínea
	Monitoramento da atividade elétrica do coração
	Monitoramento da pressão sanguínea
	Monitoramento da temperatura corporal
	Monitoramento do nível de oxigênio no sangue
<i>Clustered Condition</i>	Gerenciamento de medicamentos
	Gerenciamento de cadeira de rodas
	Sistemas de reabilitação
	Soluções <i>Smartphone Healthcare</i>

**Tabela 1. Exemplos de aplicações *Single Condition* e *Clustered Condition* [Islam et al. 2015]**

### 5.1. Segurança e Privacidade

Dispositivos IoHT lidam com dados sensíveis relativos à saúde dos indivíduos e podem estar conectados tanto a redes internas e locais, quanto a redes globais. Com isso, estes dispositivos podem ser alvos de atacantes, sendo necessário identificar e analisar possíveis vulnerabilidades e cenários na segurança.

Com relação à segurança dos dados, é preciso garantir a confidencialidade, assegurando que os dados não sejam acessados por usuários não autorizados, e a integridade dos dados recebidos e armazenados, assegurando que estes não foram alterados.

Já com relação aos serviços e nós (i.e. dispositivos) da rede é necessário que a mesma seja tolerante a falhas e a ataques, de modo que se reestruture caso um ou mais dispositivos fiquem indisponíveis, a fim de manter a disponibilidade dos serviços. A rede não pode deixar de oferecer segurança, mesmo na presença de falhas e ataques e deve contar com mecanismos de autenticação dos dispositivos (i.e. nós) e de autorização, garantindo aos dispositivos determinadas permissões de acesso aos serviços.

### 5.2. Eficiência Energética

A eficiência energética é um grande desafio na área de IoHT, uma vez que muitos dos dispositivos de sensoriamento que compõem a rede IoThNet são alimentados por baterias (e.g. aferidores de temperatura corporal, medidores de batimentos cardíacos). Portanto, é necessária a aplicação de técnicas que visam a redução de consumo energético dos dispositivos.

Uma abordagem que poderia ser aplicada seria o desligamento temporário da interface de comunicação dos dispositivos, em períodos quando os dados medidos não precisassem ser reportados ou quando não houvesse grandes diferenças nos valores medidos.

### 5.3. Padronização

O grande potencial das redes IoThNet deu origem a diversos esforços que tiveram como objetivo o desenvolvimento de novas arquiteturas e tecnologias para a rede dispositivos IoHT. Devido à variedade de projetos na área, é preciso a criação de uma plataforma aberta que possibilite a interoperabilidade entre diferentes dispositivos, aplicações e serviços IoHT. Porém, por ser uma área recente, essa padronização ainda não está estabelecida.

Sem a padronização da IoThNet, fabricantes e provedores de serviços IoHT acabam recorrendo a protocolos e interfaces proprietárias, produzindo dispositivos incapazes de operar em conjunto com sensores de outros fabricantes. Portanto, é necessário a definição dos protocolos de comunicação, das camadas da arquitetura IoHT, das interfaces de aplicação e do dados gerados pelos sensores.

Diversas soluções e aplicações já foram desenvolvidas por diferentes fabricantes para o monitoramento de pacientes e para a coleta de dados de saúde de indivíduos, originando os chamados Dispositivos Pessoais de Saúde (DPS) ou Personal Health Devices (PHD), em inglês [Ferreira et al. 2018].

O surgimento destes dispositivos DPS na década de 1990 fez com que um grupo de trabalho do IEEE definisse uma família de normas denominadas ISO/IEEE 11073, com o objetivo de conectar dispositivos hospitalares utilizados por profissionais da saúde. Mais tarde os dispositivos de saúde utilizados por usuários domésticos também foram abrangidos por essa família de normas [Ferreira et al. 2018].

A ISO/IEEE 11073 é dividida em 3 grupos:

- ISO/IEEE 11073 Low Layer, que especifica protocolos e serviços de comunicação orientados à conexão;
- ISO/IEEE 11073 Point-of-Care-Devices, que especifica normas de comunicação exclusivamente para dispositivos hospitalares;
- ISO/IEEE 11073 Personal Health Devices, que especifica normas para dispositivos de saúde usados por usuários domésticos.

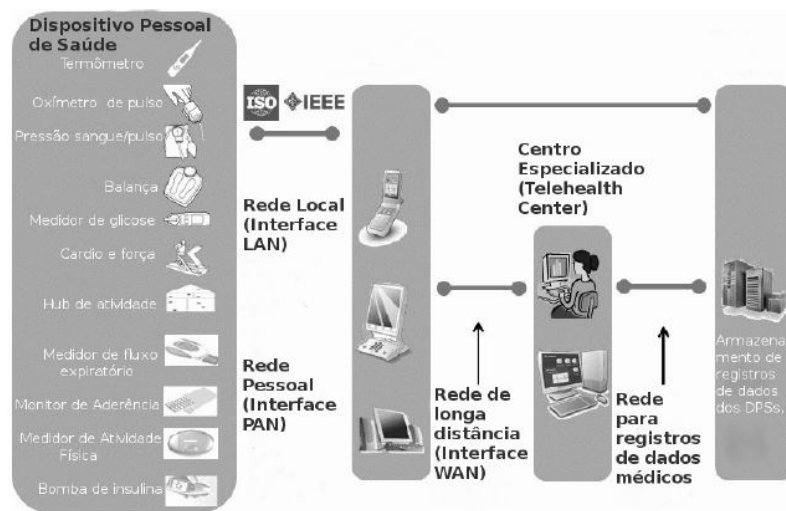
O objetivo da norma ISO/IEEE 11073 é prover um protocolo de comunicação de dados para que os dados antes de chegarem ao seu destino, passem por transformações por DPSs de baixa capacidade de processamento, ilustrado pela figura 7. A norma define 2 tipos de dispositivos: os agentes, que possuem baixa capacidade de processamento e baixa potência, sendo tipicamente sensores ou atuadores, e os gerenciadores, que possuem mais capacidade de processamento e podem estar conectados a uma fonte de alimentação. Smartphones e tablets são exemplos de dispositivos gerenciadores [Ferreira et al. 2018].

O padrão de comunicação ISO/IEEE 11073 cobre a transmissão dos dados dos agentes para os gerenciadores, provendo interoperabilidade entre dispositivos médicos de diferentes fabricantes quando implementada a família de normas do padrão.

#### **5.4. Transição de Tecnologia**

Tecnologias legadas de monitoramento e transmissão de dados, como as redes de sensores (WSN), já vem sendo utilizadas na área da saúde. Portanto, é necessário que redes IoHT suportem sistemas já existentes, uma vez que a substituição de equipamentos já existentes pode ser uma tarefa inviável economicamente.

Alguns projetos têm como alvo a interoperabilidade de dispositivos IoHT e sistemas legados. [Mainetti et al. 2011] propõem o uso de um solução para a integração de redes WSN voltadas à saúde, que utilizam tecnologias distintas (e.g. Zigbee e Z-WAVE), a tecnologias mais atuais como o 6LoWPAN e o IPv6. A integração de IoHT com sistemas legados permite uma transição gradual dos dispositivos.



**Figura 7. Arquitetura de comunicação do padrão ISO/IEEE 11073 [Ferreira et al. 2018]**

## 6. Futuro

Essa seção aborda tecnologias que pode ser introduzidas futuramente à área de IoHT para melhoria da comunicação e dos serviços oferecidos através da IoThNet.

### 6.1. Redes Definidas por Software

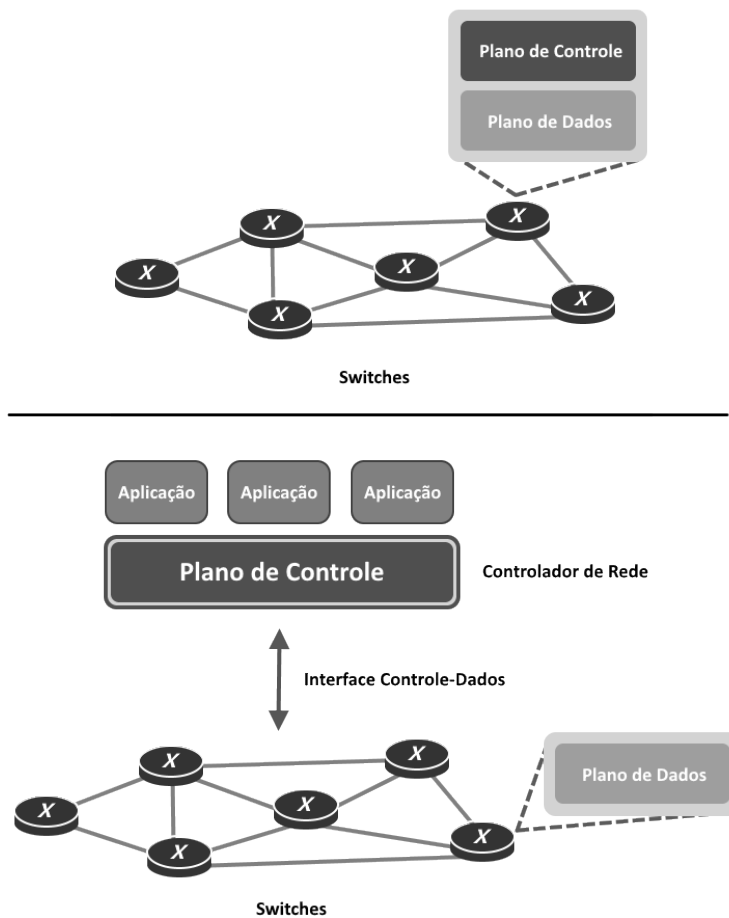
Rede Definida por Software (do inglês, Software Defined Network - SDN) é um paradigma recente que propõe a separação do plano de controle e do plano de dados em uma rede. Em uma arquitetura SDN, o controle da rede é desacoplado do switch e movido para uma entidade chamada controlador. Este controlador tem a responsabilidade de gerenciar o tráfego da rede através da instalação de regras de encaminhamento de fluxos nos switches controlados. A separação entre os planos de controle e tráfego traz como benefícios a visão geral da rede e a centralização do controle do tráfego, além de permitir que novos protocolos sejam implementados sem a alteração dos switches. A Figura 8 ilustra a diferença entre uma rede tradicional e uma rede definida por software.

No escopo de IoHT, o paradigma SDN pode ser utilizado para melhorar a gerência de recursos, através da visão e controle global da rede, aumentar a eficiência energética, ao programar o desligamento de nós, melhorar a qualidade de serviço, ao realizar uma priorização de tráfego de acordo com as necessidades da aplicação e permitir o uso de múltiplas redes virtuais em uma mesma rede física, através de técnicas de virtualização e separação de tráfego da rede.

Acredita-se que o paradigma das redes definidas por software possui um grande potencial na melhoria das redes IoHT, uma vez que essa nova arquitetura tem se mostrado benéfica em redes cabeadas. Porém ainda é necessário um amadurecimento da área em relação a cenários sem fio, onde a dinamicidade dos nós e o uso de meio compartilhado apresentam desafios consideráveis.

### 6.2. Rede 5G

Uma vez que redes IoT (incluindo dispositivos IoHT) são compostas de um grande número de sensores, é essencial que a futura infraestrutura das redes móveis seja capaz



**Figura 8. Rede tradicional versus Rede Definida por Software.**

de prover serviço de qualidade a todos os dispositivos conectados.

A quinta geração de redes móveis vêm sendo desenvolvida com foco em oferecer maiores taxas de transmissão e maior capacidade [A. Nordrum, K. Clark e IEEE Spectrum Staff 2017]. Embora a rede 5G ainda não tenha sido lançada em escala global, as tecnologias que vêm sendo implantadas na próxima geração de redes móveis, como o Massive MIMO, permitirão a conexão de um grande número de dispositivos, sem prejudicar a eficiência dos serviços oferecidos.

Devido ao seu grande potencial, a rede 5G se apresenta como uma tecnologia promissora para a infraestrutura de comunicação de dispositivos IoHT. Uma vez que permitirá o envio e recebimento de dados médicos *on-the-go*, abrindo novas possibilidades de serviços na área de saúde, como monitoramento de pacientes em ambientes externos.

## 7. Conclusão

A utilização de dispositivos IoHT no cotidiano das pessoas está crescendo, devido ao grande interesse das áreas de medicina e saúde no desenvolvimento de soluções que melhorem a qualidade de vida dos indivíduos ao proporcionar maior independência e autonomia.

Além de auxiliar no tratamento de pacientes através do monitoramento corporal, dispositivos IoHT se mostram úteis na prevenção e detecção de doenças a partir do processamento e análise de dados de saúde de indivíduos. Além disso, esse tipo de dispositivo age como um facilitador da comunicação entre pacientes e médicos ou entre pacientes e centrais de emergência (e.g. hospitais, clínicas e prontos-socorros).

Diversas soluções e aplicações já foram desenvolvidas utilizando dispositivos IoHT. Parte delas se preocupa com uma doença ou um transtorno específico (aplicações *single condition*). Uma outra parte lida com grupos de doenças ou transtornos (aplicações *clustered condition*).

Por tratar-se de um paradigma recente, a área de IoHT ainda possui desafios em aberto, como a segurança, proteção e privacidade dos dados relacionados à saúde dos usuários, a padronização objetivando uma integração entre as soluções e aplicações desenvolvidas e a eficiência energética, pois muitos sensores são alimentados por baterias de pequena capacidade. Como consequência, pesquisas e projetos são realizados a fim de propor e encontrar soluções para tais limitações, colaborando cada vez mais com a melhoria da área.

## Referências

- A. Nordrum, K. Clark e IEEE Spectrum Staff (2017). Everything You Need to Know About 5G. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/everything-you-need-to-know-about-5g>. Acessado em 04/12/2018.
- Al-Rousan, M. and Assaleh, K. (2011). A Wavelet-and Neural Network-Based Voice System for a Smart Wheelchair Control. *Journal of the Franklin Institute*, 348(1):90–100.
- Baig, M. M., Gholamhosseini, H., and Connolly, M. J. (2013). A comprehensive survey of wearable and wireless ecg monitoring systems for older adults. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 51(5):485–495.
- Christin, D., Reinhardt, A., Mogre, P. S., Steinmetz, R., et al. (2009). Wireless sensor networks and the internet of things: selected challenges. *Proceedings of the 8th GI/ITG KuVS Fachgespräch Drahtlose sensornetze*, pages 31–34.
- Colella, R., Catarinucci, L., and Tarricone, L. (2016). Improved RFID Tag Characterization System: Use Case in the IoT Arena. *2016 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA)*, pages 172–176.
- Dohr, A., Modre-Opsrian, R., Drobits, M., Hayn, D., and Schreier, G. (2010). The Internet of Things for Ambient Assisted Living. *Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference On*, pages 804–809.
- Ferreira, V. C., Caballero, E., Lima, R., Balbi, H., Seixas, F. L., Albuquerque, C. V. N. d., and Muchaluat-Saade, D. C. (2018). Redes Corporais Sem Fio e Suas Aplicações em Saúde. *Livro da 37a. Jornada de Atualização em Informática*, 1(1):1–53.
- Hu, F., Xie, D., and Shen, S. (2013). On the Application of the Internet of Things in the Field of Medical and Health Care. *2013 IEEE International Conference on Green*



*Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, pages 2053–2058.

- Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., and Kwak, K.-S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 3:678–708.
- Istepanian, R. S. H., Hu, S., Philip, N. Y., and Sungoor, A. (2011). The Potential of Internet of m-health Things ‘m-IoT’ for Non-Invasive Glucose level Sensing. *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pages 5264–5266.
- Ko, J., Lu, C., Srivastava, M. B., Stankovic, J. A., Terzis, A., and Welsh, M. (2010). Wireless Sensor Networks for Healthcare. *Proceedings of the IEEE*, 98(11):1947–1960.
- Leishman, F., Monfort, V., Horn, O., and Bourhis, G. (2014). Driving Assistance by Deictic Control for a Smart Wheelchair: The Assessment Issue. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 44(1):66–77.
- Mainetti, L., Patrono, L., and Vilei, A. (2011). Evolution of wireless sensor networks towards the Internet of Things: A survey. *2011 19th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*.
- Movassaghi, S., Abolhasan, M., Lipman, J., Smith, D., and Jamalipour, A. (2014). Wireless Body Area Networks: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(3):1658–1686.
- Mulligan, G. and Geoff (2007). The 6LoWPAN Architecture. *Proceedings of the 4th Workshop on Embedded Networked Sensors - EmNets '07*, pages 78–82.
- Pang, Z., Tian, J., and Chen, Q. (2014). Intelligent Packaging and Intelligent Medicine Box for Medication Management towards the Internet-of-Things. *16th International Conference on Advanced Communication Technology*, pages 352–360.
- Park, S. S. (2018). An IoT Application Service Using Mobile RFID Technology. *2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, pages 1–4.
- Rashidi, P. and Mihailidis, A. (2013). A survey on ambient-assisted living tools for older adults. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 17(3):579–590.
- Rohokale, V. M., Prasad, N. R., and Prasad, R. (2011). A cooperative internet of things (iot) for rural healthcare monitoring and control. In *2011 2nd International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace Electronic Systems Technology (Wireless VITAE)*, pages 1–6.
- Yang, L., Ge, Y., Li, W., Rao, W., and Shen, W. (2014). A Home Mobile Healthcare System for Wheelchair Users. *Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, pages 609–614.
- You, L., Liu, C., and Tong, S. (2011). Community medical network (cmn): Architecture and implementation. In *2011 Global Mobile Congress*, pages 1–6.

Ziegler, S., Skarmeta, A., Kirstein, P., and Ladid, L. (2015). Evaluation and Recommendations on IPv6 for the Internet of Things. *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pages 548–552.