



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação

A Home Mobile Healthcare System for Wheelchair Users

Disciplina: Sistemas Ciber-Físicos e Ubíquos

Pedro Tavares

Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin

Pelotas, 05 de outubro de 2019



Artigos: Wheelchair + IoT

- ***Development of a modular smart wheelchair*** - IEEE CANDO-EPE 2018 • IEEE International Conference and Workshop
- ***Design and Implementation of Smart Wheelchair for Quadriplegia patients using IOT*** - 2018 First International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)
- ***PLC-based Wheelchair Control with Integration of the Internet of Things*** - 2018 Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan
- ***An Approach to develop a smart and intelligent wheelchair*** - 9th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (2018)
- ***A Home Mobile Healthcare System for Wheelchair Users*** - IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design

Objetivo

- Apresentar um sistema residencial de monitoramento de assistência médica (mHealth) para usuários de cadeiras de rodas, com base nas tecnologias IoT emergentes, e que apresente um alto grau de **interatividade**, **funcionalidade** e **mobilidade**, visto que as soluções atuais são incompletas/insuficientes.



Introdução

- Usuários de cadeiras de rodas (idosos ou com alto grau de limitação de movimento) possuem muita dificuldade durante suas tarefas cotidianas;
- Cadeirantes que moram ou passam longos períodos de tempo sozinhos, necessitam de monitoramento constante;
- Visto que melhorar a qualidade de vida das pessoas é o grande objetivo do conceito de Cidades Inteligentes;
- É possível utilizar os recursos da IoT para melhorar a saúde, o bem-estar e a integração dos usuários de cadeiras de rodas com o ambiente ao redor.

Trabalhos Relacionados

- ***Independent Lifestyle Assistant***

O que é: Ambiente completo de automação residencial. Utiliza sensores corporais e internet para perceber o ambiente. Detecta situações de perigo e pode ativar eventos.

Desenvolvedor: *Honeywell*

Desvantagens: Pouca interação com o ambiente e não tem mobilidade.

- ***AwareHome***

O que é: Sistema para monitorar comportamento de idosos que moram sozinhos. Sensores de ambiente gravam as atividades e detectam anomalias. Médicos e parentes podem monitorar as atividades via *browser*.

Desenvolvedor: *Georgia Institute of Technology*

Desvantagens: Não possui mobilidade (sensores fixos no ambiente) e não é em tempo real.

Trabalhos Relacionados

- ***OpenHealth***

O que é: Aplicativo de monitoramento de saúde pessoal através do celular.

Desenvolvedor: *Cornell University*

Desvantagens: Não possui interação com o ambiente e não mede sinais fisiológicos em tempo-real.

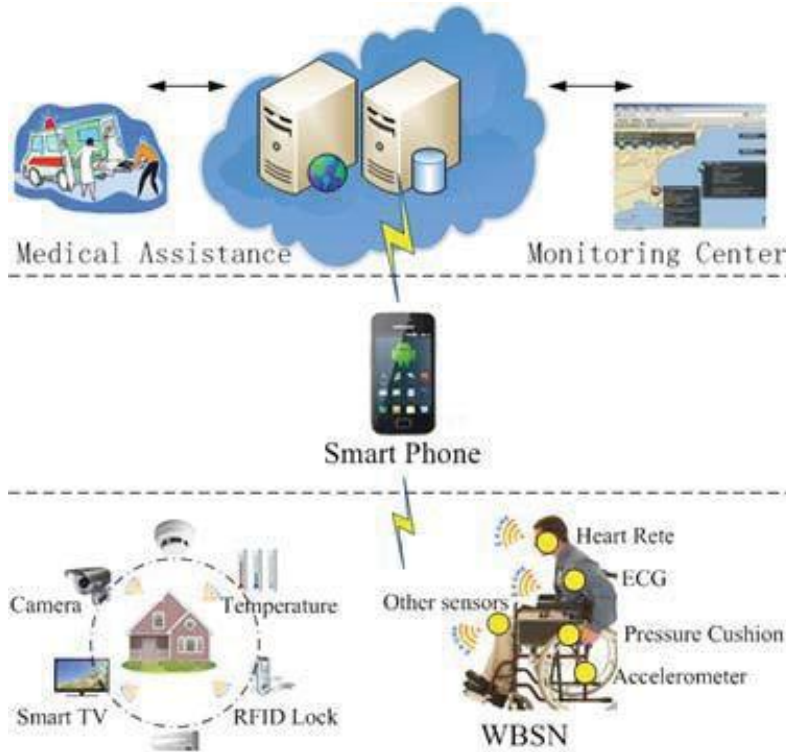
- ***Smart wheelchairs***

O que é: Foco maior é no controle (integração paciente-cadeira). Algumas¹ possuem sensores integrados: frequência cardíaca, frequência respiratória, acelerômetro para checar deslocamento da cadeira. Outras² utilizam os próprios sensores do celular para capturar atividades do cadeirante.

Desenvolvedor: *Vários*

Desvantagens: Falta de mobilidade¹ (limitado a zonas de WiFi). Não mede sinais fisiológicos em tempo-real².

Proposta de Arquitetura do Sistema

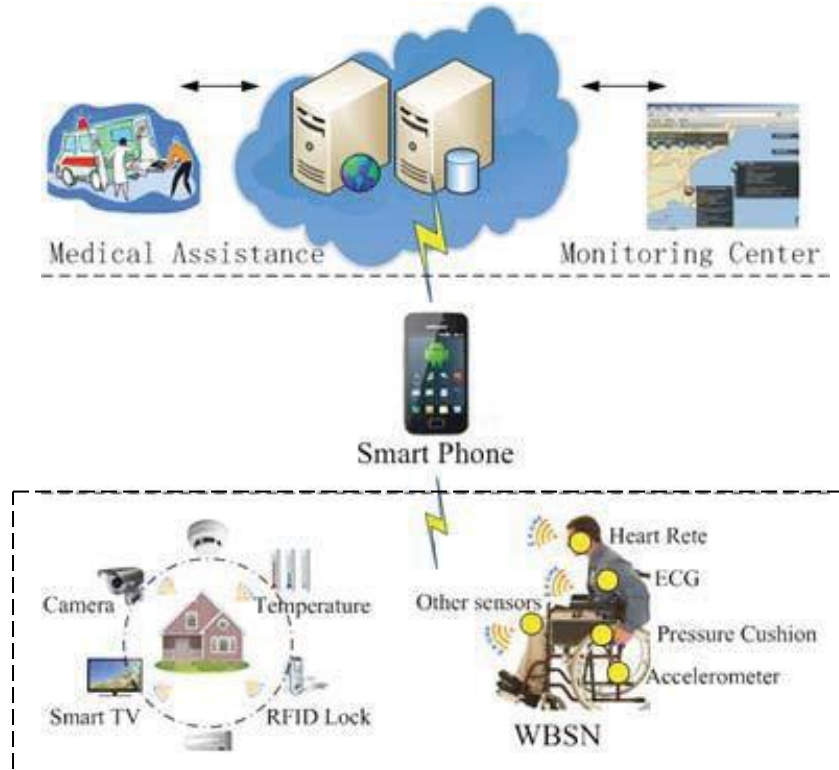


Camada #3
Cloud Data Center

Camada #2
Mobile App

Camada #1
WBAN + IoT

Proposta de Arquitetura do Sistema



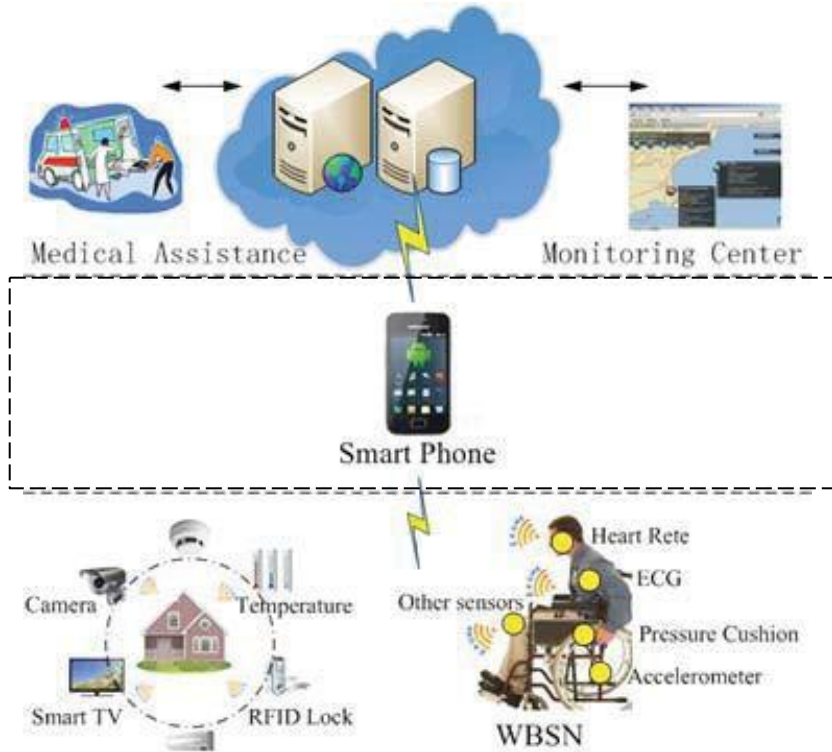
Camada #1 - WBAN + IoT

A WSN vai monitorar dados fisiológicos do cadeirante e dados relativos à integração do mesmo com a cadeira.

Os dispositivos inteligentes do ambiente vão monitorar o comportamento do cadeirante visando situações de emergência.

Todos os dados são enviados para um *sink node* para então serem encaminhados para o gateway (camada 2).

Proposta de Arquitetura do Sistema

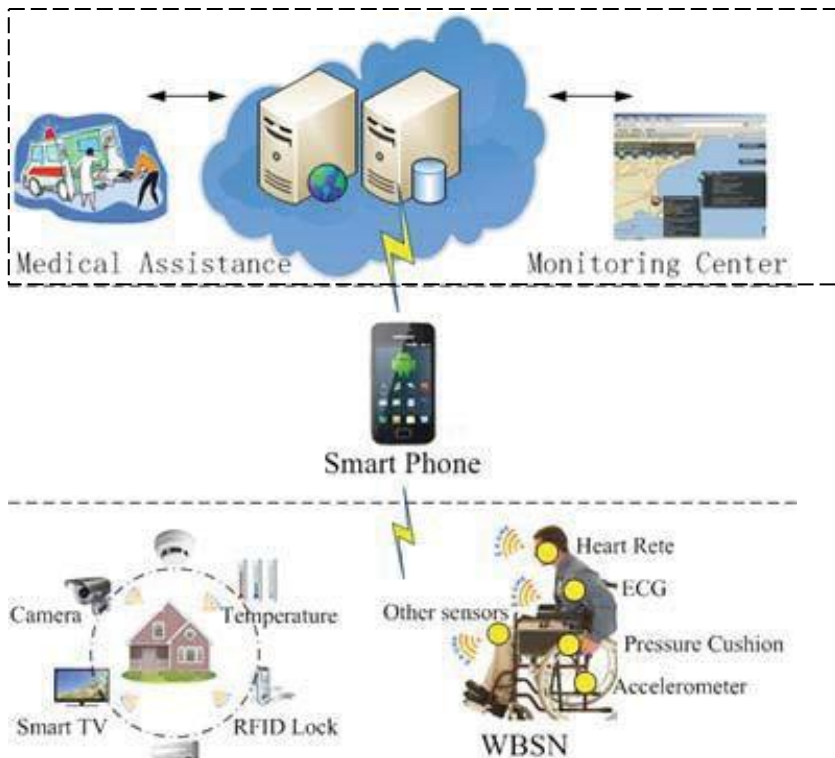


Camada #2 - Smart phone

Além de servir de gateway para enviar os dados da camada 1 para a 3 através da internet, o app servirá para ativar smart devices como luzes, switches, RFID locks, etc.

Também servirá para perceber o ambiente externo através dos sensores do smartphone (GPS, câmera, acelerômetro, magnetômetro, etc)

Proposta de Arquitetura do Sistema



Camada #3 - Cloud Data Center

Recebe, armazena e disponibiliza os dados da WBSN e dos dispositivos inteligentes, em tempo-real.

Pode disparar alarmes caso haja anomalia dos dados recebidos em qualquer das duas redes.

Através da confirmação manual desses alarmes, os dados são atualizados e utilizados para treinar o software para melhorar sua capacidade de predição.

Hardware Design

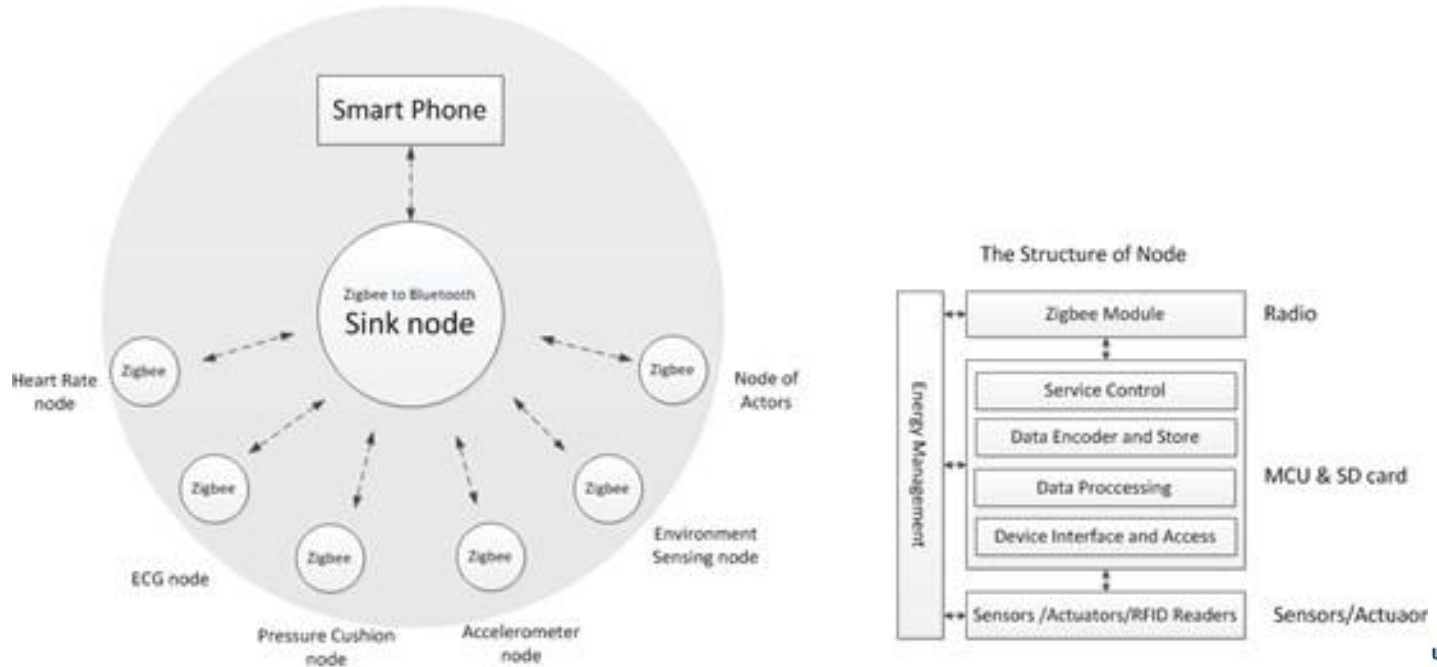
O sistema proposto *mHealth* possui 5 componentes de HW:

1. ***Wireless Body Area Networks***
2. ***Physiological Parameters***
3. ***Wheelchair Perception***
4. ***Living Environment Perception***
5. ***Intelligent Actuators***



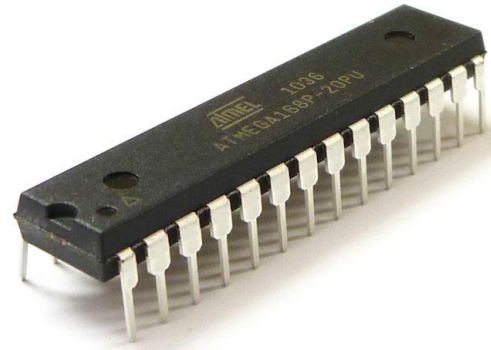
Hardware Design - 1. Wireless Body Area Networks

- Comunicação dos sensores com o *sink node* se dá via *ZigBee* e do *sink node* com o smartphone via *Bluetooth*



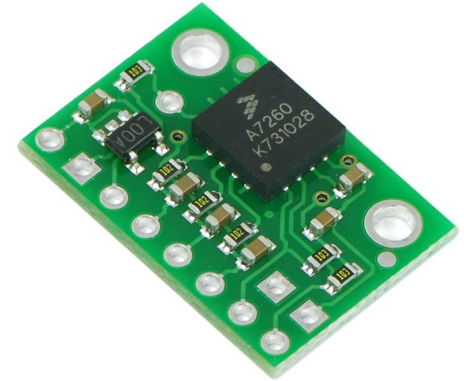
Hardware Design - 2. *Physiological Parameters*

- Parâmetros fisiológicos monitorados: monitor de frequência cardíaca, sensor ECG, etc (expansível)
- Intelligent actuators: IR, RFID, Bluetooth etc.
- CC2520 chip para comunicação via rádio (barato e baixo consumo)
- ATmega168p microcontrolador para aquisição dos dados (14 I/O pins e baixo consumo)



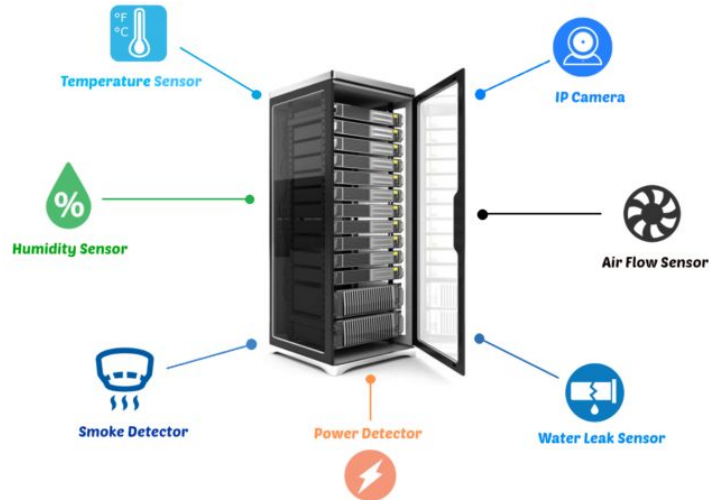
Hardware Design - 3. *Wheelchair Perception*

- Almofada com sensor resistivo de pressão (inteligente): algoritmo detecta presença do cadeirante. Utilizado para prever se o mesmo caiu da cadeira.
- Acelerômetro MMA-7260 da Freescale para medir o deslocamento da cadeira em tempo-real. Utilizado para detectar tombamento.



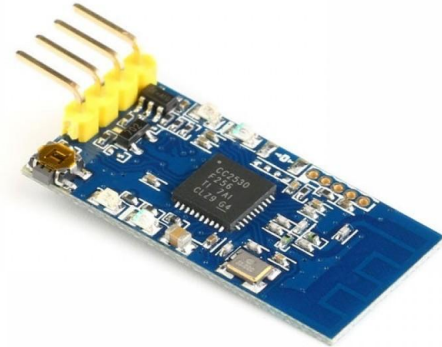
Hardware Design - 4. *Living Environment Perception*

- Diversos sensores podem ser utilizados para percepção do ambiente(umidade, temperatura, monóxido de carbono, câmera, etc);
- A comunicação entre os sensores é feita diretamente com o Smartphone;



Hardware Design - 5. *Intelligent Actuators*

- Atuadores instalados no ambiente são controlados através do Smartphone.
- Um módulo é responsável por transformar as instruções transmitidas pelo App em comandos para os atuadores na rede Zigbee.
- Para esses módulos foi utilizado um microcontrolador ATmega168p com o módulo CC2530 para converter comandos seriais para a rede Zigbee.



Software Design

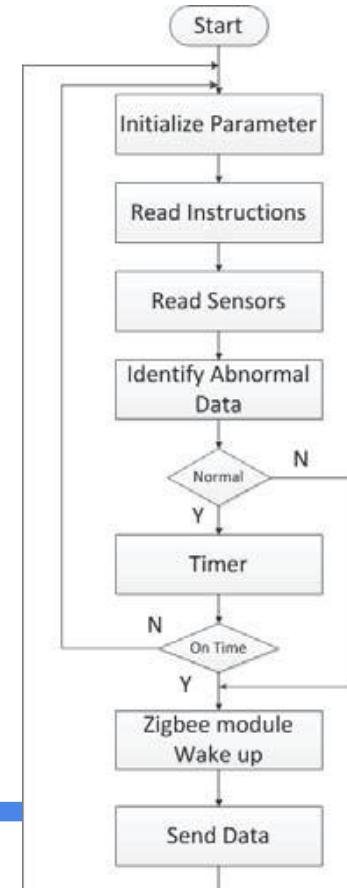
O sistema proposto *mHealth* possui 3 camadas de software:

1. ***Firmware para aquisição de dados e comunicação entre os smart devices***
2. ***Smartphone App***
3. ***mHealth Data Center***



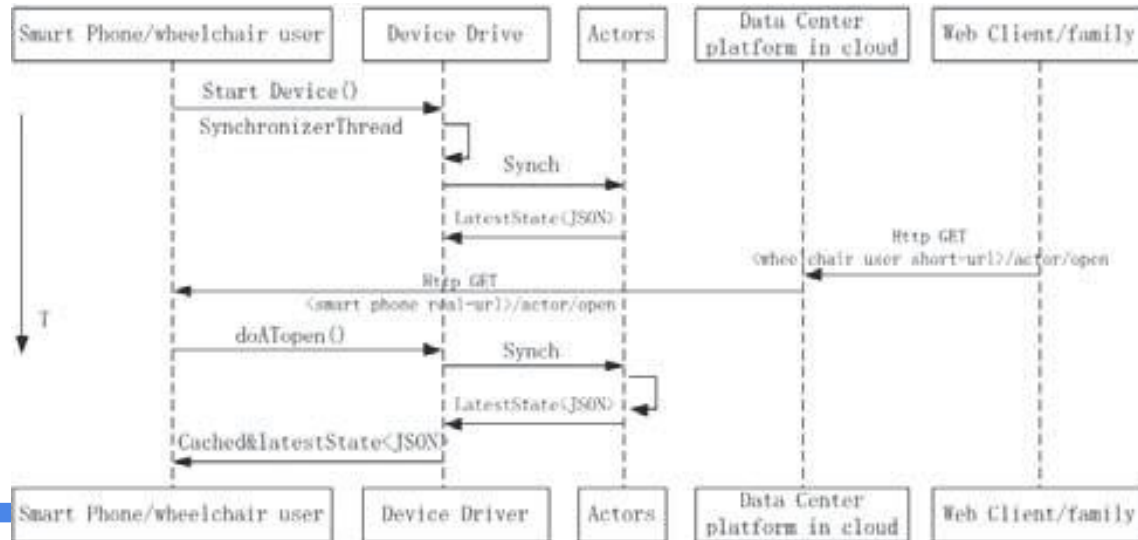
Software Design - 1. IoT firmware

- Os nodos que compõem a rede de sensores e smart devices ficam aguardando instruções do gateway para enviar os dados.
- Caso ocorram anomalias, os próprios devices acordam o módulo de rádio e enviam os dados para o gateway.
- É possível também enviar os dados com uma frequência pré-determinada (timer);



Software Design - 2. *Smartphone App*

- O cadeirante se comunica diretamente com os smart devices através do Bluetooth podendo ativar atuadores ou ler sensores (JSON);
- Quando o data center quer interagir com os smart devices, o smartphone servirá como um gateway. A comunicação entre o smartphone e o data center se dá por HTTP (Internet);



Software Design - 3. *mHealth Data Center*

- O mHealth data center é um software que roda na nuvem, no qual familiares e profissionais da saúde podem observar em tempo-real as condições do cadeirante e do ambiente que o cerca;
- Armazena o histórico em base de dados;
- Possui widgets para mostrar a localização dos clientes;
- Possui módulo de envio de SMS (alarmes);



Implementação do Protótipo do Sistema

- Validação do sistema mHealth foi feita através da plataforma SmartLobot IoT (comunicação, aquisição dos dados, alarmes)
- SmartLobot é uma plataforma de IoT completa fornecendo software para comunicação, compartilhamento de dados e controle de dispositivos inteligentes (desenvolvido pela própria *Wuhan University of Technology*).
- O sistema foi implementado em uma laboratório da universidade. Na sala (6 x 6m) foram instalados sensores fixos: IR, sensor de fumaça, sensor de umidade, termômetro, luxímetro e câmeras. Também foram instalados relés inteligentes para acionamento de luzes e ar-condicionado.
- O cadeirante estava portando: um sensor de frequência cardíaca no pulso (relógio), sensores ECG na cintura e o *sink node* do *mHealth* no cinto.
- A almofada com sensor de pressão e o módulo de acelerômetro foram fixados na cadeira de rodas.



Implementação do Protótipo do Sistema

- O controle dos relés foi testado através do aplicativo móvel, rodando em um Android Cortex A9 1.2 GHz com Bluetooth 2.0;
- A troca de dados entre o data center e os sensores foram implementados através do JAX-WS (API java para webservices) e os dados enviados para um servidor Apache Tomcat.



ECG em tempo-real

Controle do ambiente

Implementação do Protótipo do Sistema

- Gestão dos usuários com localização e envio de alertas (alarmes) via SMS (3rd party app).

Profile do usuário

Msgs SMS



Localização e filtro

Usuários naquela localidade

Implementação do Protótipo do Sistema

- **Validação do Sistema**

O estudo de caso confirmou a eficácia do sistema *mHealth*, demonstrando que ele é capaz de beneficiar um alto número de cadeirantes inseridos em ambientes de cidade inteligente.



Conclusão

- Comparando com os métodos tradicionais, a coleta móvel de dados melhora a flexibilidade e a portabilidade do sistema de medição;
- Através do sistema de monitoramento remoto através do data center, familiares, médicos e o próprio cadeirante podem perceber e interagir com o ambiente.
- O monitoramento indireto da cadeira de rodas e do ambiente que a cerca é crucial para a percepção de situações perigosas para os cadeirantes. Sistemas que só monitoram o usuário não são capazes de prever tais situações.



Trabalhos Futuros

- Integrar o WBAN com aplicativos de redes sociais
- Melhorar questões de segurança e precisão dos dados



Referências

- L. Yang, Y. Ge, W. Li, W. Rao, W. Shen, "A home mobile healthcare system for wheelchair users", *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Supported Cooperat. Work Design (CSCWD)*, pp. 609-614, May 2014.
- Fausset, C. B., Harley, L., Farmer, S., Fain, B., "Older adults' perceptions and use of technology: A novel approach," *Proceedings of the 15th International Conference on Human-Computer Interaction, Computer Science*, 2013, Volume 8010, pp 51-58
- Estrin, D., Sim, I., "Open mHealth Architecture: An Engine for Health Care Innovation," *Science Magazine, AAAS*, November 5, 2010.vol. 330, no. 6005, pp. 759-760.
- A. Almudevar, A. Leibovici, C. Horwitz, "Electronic Motion Monitoring in the Assessment of Non-Cognitive Symptoms of Dementia," *Proceedings of 12th International Congress of the International Psychogeriatric Association*, 2005.
- S. Hedat, W. Mann, H., El-Zabadani, J. King, Y. Kaddoura, E. Jansen, *The Gator Tech Smart House: A Programmable Pervasive Space*, IEEE Computer, 2005, 38(3), pp.50-60.