

Sistema de Monitoramento em Tempo Real para Cadeiras Motorizadas Freedom Connect

Pedro A. Tavares

Universidade Católica de Pelotas (UCPEL)

Gonçalves Chaves, 373 – 96015-560

Pelotas – RS – Brasil

E-mail: pedro.tavares@sou.ucpel.edu.br

Resumo—O objetivo deste estudo era construir um instrumento ubíquo que aproveitasse os dados de sensoriamento e status já coletados pelas cadeiras de rodas Freedom Connect e retransmitisse essas informações remotamente para aplicações de monitoramento. Desta maneira, terceiros interessados (parentes, médicos, cuidadores) poderiam acompanhar em tempo-real o status da cadeira de rodas motorizada e configurar alarmes no caso do surgimento de anomalias. Os dados coletados também serviriam de histórico para traçar o comportamento do cadeirante bem como servir de base para sugestões ativas de manutenção.

Index Terms—embedded systems, iot, wheelchair, gprs, mqtt

I. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, aproximadamente 15% da população tem algum tipo de problema de mobilidade [1] [2] e estudos de pesquisa de mercado preveem um crescimento nos gastos com cadeiras de rodas manuais de US\$ 1,8 bilhão em 2011 para US\$ 2,9 bilhões em 2018 [3]. Usuários de cadeiras de rodas sofrem de alguma deficiência física, mental e/ou sensorial que limita suas atividades diárias. Muitas dessas pessoas vivem sozinhas e podem se colocar em posição de risco tentando executar tarefas que normalmente parecem simples. Por isso é cada vez mais importante o uso da tecnologia para criar sistemas de monitoramento para cadeirantes [4].

Uma das premissas para o desenvolvimento desse projeto é a de que o cadeirante não estará confinado em um ambiente controlado, sendo de crucial importância manter o monitoramento ativo em qualquer lugar que a cadeira esteja. Essa característica, por si só, já exclui a utilização de um sistema que utilize somente comunicação em zonas de Wi-Fi. Optou-se então pela utilização de um modem GPRS, visto que esta é uma tecnologia que possui ampla cobertura de sinal no país.

Para otimizar o uso de dados, já que para o monitoramento via GPRS seria necessário um plano de dados de operadora de telefonia, optou-se por utilizar o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), cuja simplicidade e versatilidade, o torna ideal para o uso desse projeto.

II. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto foi dividido em quatro etapas: hardware, firmware, comunicação e aplicação.

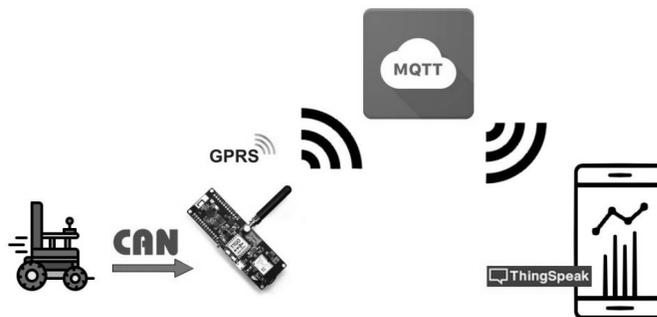


Figura 1. Sistema proposto no artigo

A. Hardware

Para simplificar o tempo de desenvolvimento, foi utilizado um módulo *TTGO T-CALL v1.3*, composto por um microcontrolador ESP-32 da *Espressif* e um modem GPRS controlado por I2C, *SIM800L*. Esse módulo já inclui saída para antena e entrada para cartão *nano-SIM*.

Além disso, o dispositivo deveria incluir um transceiver CAN para capturar os dados diretamente do barramento de comunicação entre os módulos inteligentes da cadeira *Freedom Connect* e uma fonte chaveada para rebaixar os 24V de tensão das baterias da cadeira para os 3.3V do módulo *TTGO*. Ademais, uma antena cerâmica foi anexada ao sistema para melhorar a qualidade e alcance da comunicação. Para os testes deste estudo foi utilizado um chip pós-pago com plano de dados da operadora de telefonia Vivo.

B. Firmware

O firmware foi desenvolvido pensando em otimizar o uso de dados e consumo de bateria do sistema mas sem comprometer o conceito de monitoramento em tempo-real da cadeira.

A máquina de estados da Figura 3 mostra o funcionamento básico do firmware. A ESP-32 possui um modo de *sleep* onde o consumo do microcontrolador cai drasticamente para 0.8 mA e este é o status no qual o dispositivo ficará enquanto a cadeira de rodas estiver desligada. Um optoacoplador foi inserido entre o transceiver CAN e um pino de interrupção

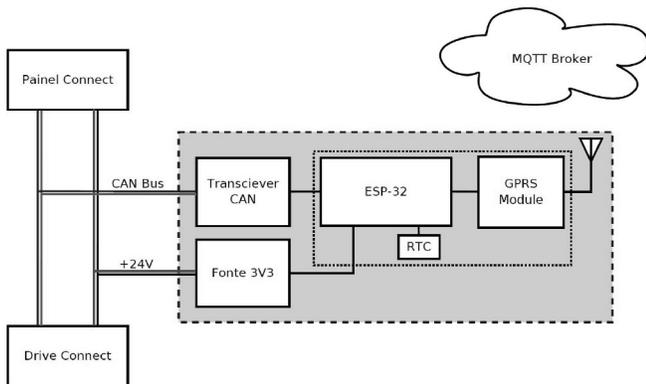


Figura 2. Projeto do Hardware

externa do microcontrolador com o objetivo de acordar o dispositivo quando houver qualquer atividade no barramento de comunicação entre o Painel e o Drive da cadeira. Assim que a ESP-32 sai do modo de *sleep*, ela inicializa o módulo GPRS e, enquanto houver dados válidos sendo capturadas no barramento CAN, as mensagens serão enviadas para o *broker* MQTT a cada 5 segundos. Quando a cadeira é desligada, a conexão GPRS é encerrada e o sistema volta a dormir.

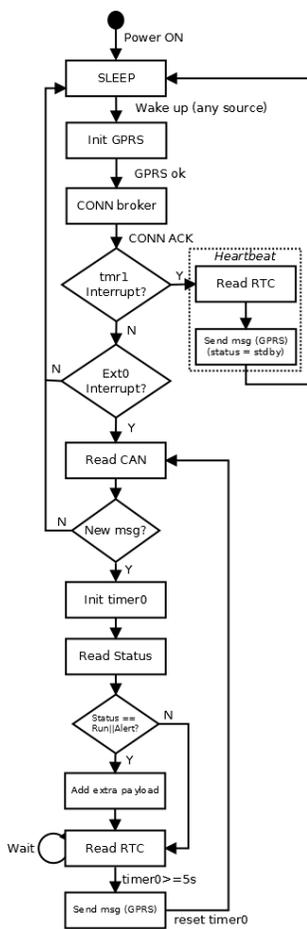
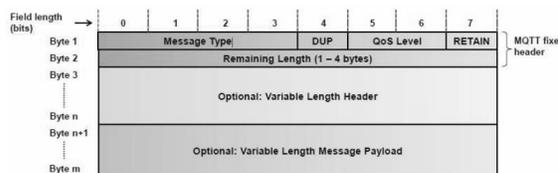


Figura 3. Máquina de estados do firmware

Também foi implementado um *heartbeat* para informar que a cadeira de rodas está desligada mas o sistema continua em funcionamento. A cada hora, um timer acorda o microcontrolador para enviar uma mensagem de status. O recebimento do status de *shutdown* é importante para indicar que o sistema não teve sua fonte de alimentação comprometida (eg. baterias removidas ou totalmente esgotadas).

C. Comunicação

Para a comunicação GPRS, foi utilizada a biblioteca open-source *TinyGSM*. Uma vez que a comunicação GPRS é estabelecida, as mensagens são enviadas para o *broker* MQTT do *ThingSpeak*. Uma conexão com o *broker* é estabelecida através da troca de mensagens *CONNECT* e *CONNACK*, com QoS nível 0. Então o dispositivo envia um comando de *PUBLISH* cujo *payload* varia de tamanho conforme o status da cadeira. O tópico para o qual o comando de publicação é enviado está assinado pela aplicação, que receberá a atualização imediatamente.



Status	Extra payload	Message size (Bytes)
All	-	5+(4)* = 9
Alert	Error_code	5+(4)*=9
Running	PWM _{esq} , PWM _{dir} , Corr _{esq} , Corr _{dir} , Vbat, Temp	15+(4)*=19

*timestamp (4 bytes)

Figura 4. Mensagens MQTT

A Figura 5 mostra o diagrama de sequência de uma publicação de dados para a aplicação do cliente:

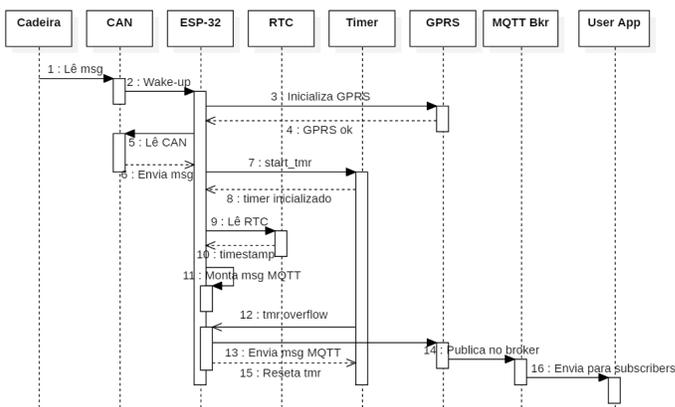


Figura 5. Diagrama de Sequência

Se não houver nenhuma nova mensagem no barramento CAN, um comando de *DISCONNECT* é enviado para o *broker* logo antes de encerrar a comunicação GPRS.

D. Aplicação

A aplicação do cliente foi desenvolvida utilizando a ferramenta de apresentação de dados web do *ThingSpeak*. Um *token* é configurado para garantir a identificação da cadeira e os gráficos de status são apresentados na tela e atualizados a cada 5 segundos. A figura 6 mostra o *layout* dos gráficos desejados para a aplicação no cliente.

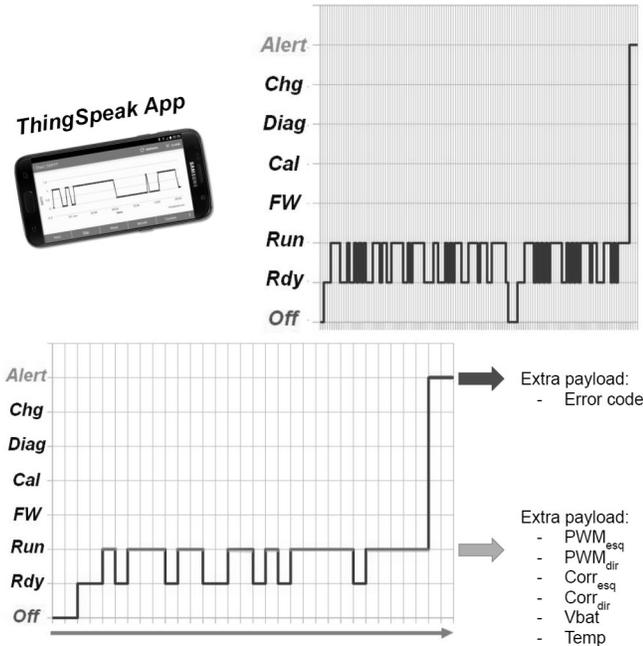


Figura 6. Layout dos gráficos da aplicação do cliente

III. RESULTADO

Para fins de teste foram feitas simulações de trocas de mensagens entre os módulos da cadeira de rodas, com a mesma frequência e com os mesmos parâmetros utilizados em uma situação real. As mensagens foram transmitidas através do módulo inteligente *I-7565-H2 High Performance Intelligent USB to 2-port CAN Converter*. O protótipo utilizado para os testes está mostrado na figura 7.

O sistema se mostrou confiável em zonas onde o modem conseguia detectar a rede GPRS. Uma vez estabelecida a conexão com a rede celular e com o *broker* MQTT, os dados eram publicados na frequência correta. O fato da frequência de envio ser alta (1 mensagem a cada 5 segundos) deixa o sistema mais tolerável à falhas, visto que a perda de alguma mensagem não é considerado como algo crítico. As primeiras trocas de mensagens são as mais lentas, visto que a inicialização do modem, o estabelecimento de comunicação com a rede GPRS e com o *broker* podem demorar alguns segundos e algumas falhas podem gerar diversas tentativas até o estabelecimento da comunicação. A apresentação dos dados em um gráfico temporal é intuitiva e de fácil compreensão.

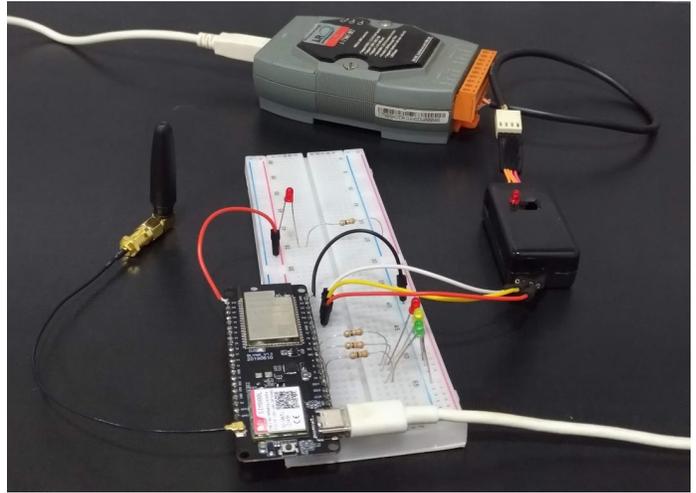


Figura 7. Protótipo do sistema embarcado

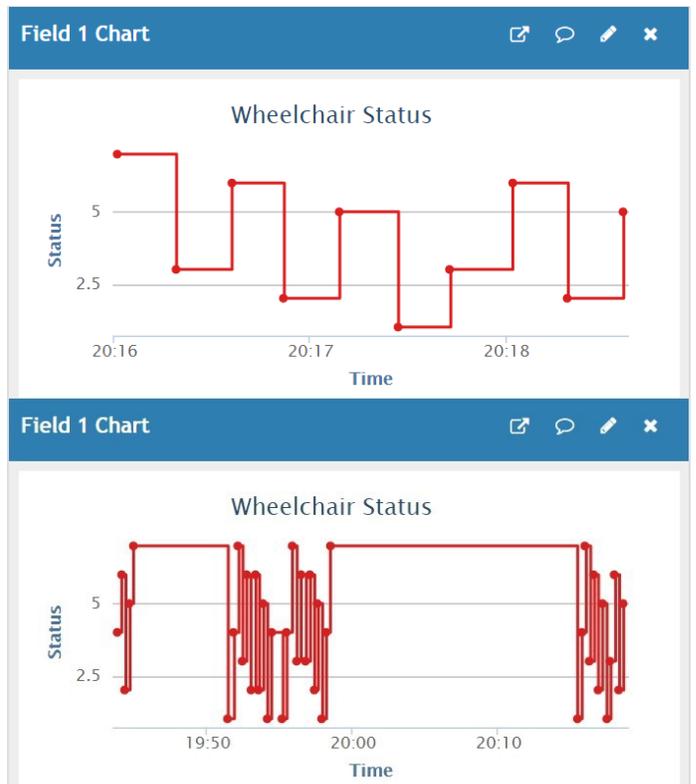


Figura 8. Gráficos reais do ThingSpeak

IV. CONCLUSÃO

O dispositivo ubíquo desenvolvido aproveita os dados já coletados pelas cadeiras inteligentes *Freedom Connect* e disponibiliza-os em tempo-real para uma aplicação web remota, permitindo um monitoramento constante da cadeira de rodas. O fato de usar um modem GPRS garante a mobilidade do sistema, visto que não necessita de redes Wi-Fi para garantir a disponibilidade das informações para os clientes. Como melhorias, poderia-se sugerir (1) desenvolver a aplicação web

em servidor próprio visto que os gráficos do *ThingSpeak* são limitados e inflexíveis, e (2) fazer o dispositivo conectar-se a algum servidor com o objetivo de atualizar automaticamente o RTC interno, visto que o mesmo é desconfigurado toda vez que perde sua fonte de energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Y. R. Huang and X. F. Ouyang, *Sitting posture detection and recognition using force sensor*, in 2012 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics, Oct 2012, pp. 1117–1121.
- [2] H. Ishimatsu and R. Ueoka, *Bitaiika: Development of self posture adjustment system*, in Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference. New York, NY, USA: ACM, 2014, pp. 30:1– 30:2.
- [3] W. Research, *Manual Wheelchair Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2012 to 2018*, WinterGreen Research, 2012, vol. REPORT SH24912312.
- [4] GhaffarianHoseini A H, Dahlan N D, Berardi U, *The essence of future smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, vol. 24, pp.593-607.