

Child Presence Detection and Alerting System using Bluetooth

Submitted on 04/02/2025

authored by

Fábio Rocha 30240 (fabiorocha@ipvc.pt), Tomás Pereira 30358 (tomaspereira@ipvc.pt)

supervised by

Prof. Carlos Abreu (cabreu@estg.ipvc.pt)

Index Terms—Sistema de deteção de crianças BLE, sistema deteção BLE, sistema deteção criança, sistema BLE.

Abstract—Atualmente, o número de casos de crianças desaparecidas tem aumentado significativamente, tornando-se um problema cada vez mais grave e recorrente. Estes casos geralmente ocorrem devido à falta de atenção, seja em casa, escola ou em espaços públicos. O projeto proposto procura reduzir este tipo de problema, utilizando micro controladores e a tecnologia BLE (Bluetooth Low Energy). Esta deteta se a criança saiu do alcance, enviando os dados para um Raspberry Pi 3 e alertando via SMS, caso o sinal da criança seja perdido.

I. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas dos anos atuais, é o desaparecimento de crianças. Com o aumento da dependência das pessoas na tecnologia, é fácil perder o foco e a concentração nas tarefas que são necessárias. Segundo um estudo efetuado pela Microsoft, o foco de atenção tem diminuído, estando atualmente em cerca de 8 segundos[1], nem sempre as atividades podem ser colocadas de lado, como neste caso o cuidado e vigia de crianças. Segundo a Missing Children Europe [2], cerca de 250.000 crianças desaparecem todos os anos na Europa, sejam estes incidentes ocorridos em casa, locais públicos ou até mesmo nas instituições de educação, números estes bastante preocupantes. Em oposição a estes dados, surgem os sistemas de deteção de crianças, que por norma utilizam tag's mantidas com a(s) criança(s) a ser supervisionadas. O sistema em discussão neste artigo, será desenvolvido com o objetivo de detetar a saída da(s) criança(s) do alcance do local de referência.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Para iniciar este estudo de projeto, tivemos em análise dois exemplos de Sistemas de Deteção de Crianças utilizando o Bluetooth, sendo esses o “Child Detector Android Application using Bluetooth Low Energy (BLE) Beacon Technology de Steven Valentino E. Arellano, Kierven R. de Mesa, Lawrence Alexis P. Desuasido”[3] e “Child Presence Detection and Alerting System in an Unmanned Car de Srivathsa Bharadwaj K S, Raashi A S, Prajwala A N, Shrihari Bhat, Sandeep K V”.[4]

A. Análise 1

Neste primeiro exemplo foi elaborado um Sistema de Deteção de Crianças dentro de um carro desocupado, utilizando métodos de machine learning no seu sistema, composto por um Microcontrolador ARM7 e um Modem GSM para o envio de mensagens. É usado também um “ignition motor” para confirmação de presença de condutor e um sensor de temperatura.[3] Eles desenvolveram o seguinte sistema:

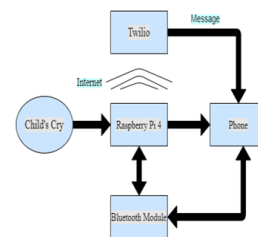


Fig. 1. Diagrama Sistema 1 [3]

Este sistema verifica se o parente ou condutor do veículo está presente, para isso o bluetooth do Raspberry Pi é verificado e se a conexão não existir significa que o parente não está perto do carro. Durante este período em que não existe ligação Bluetooth do parente, se o sistema detectar o choro do bebê, significa que a criança está sozinha, então este irá mandar uma mensagem para o telefone do parente como aviso, utilizando a aplicação web Twilio[3].

1) *Vantagens*: Como pontos fortes este apresenta a utilização de machine learning, que permite a evolução constante do sistema, a comunicação remota operável independente da proximidade do utilizador e a integração de sensores de temperatura para segurança extra.

2) *Limitações*: Como limitações apresenta possíveis falsos negativos, dependendo da fiabilidade do reconhecimento de choro e a dependência da ligação Bluetooth do utilizador, podendo falhar ou ser esquecido dentro da viatura.

B. Análise 2

Para uma segunda análise, temos uma Aplicação Android de Detecção de crianças utilizando a tecnologia do Bluetooth Low Energy(BLE) Beacon[4]. Este Sistema utiliza o Bluetooth do telemóvel do utilizador para usar a aplicação Android desenvolvida, utilizando um BLE beacon para deteção da criança, este é utilizado pela criança juntamente com o seu cartão escolar, a aplicação desenvolvida vai informar o utilizador da distância e a localização a que a criança se encontra do telemóvel utilizado[4].

1) *Vantagens*: Baixo consumo energético, com autonomia prolongada, facilidade de integração com dispositivos móveis na aplicação Android e o armazenamento das informações numa base de dados.

2) *Limitações*: Ligação Bluetooth com alcance máximo de aproximadamente 30 metros, limitação do número de beacons ligados em simultâneo (máximo de dois) e dependência do dispositivo móvel para estar sempre ligado com a aplicação ativa.

A aplicação contém também uma base de dados que guarda, procura e apaga as informações recebidas de cada beacon.

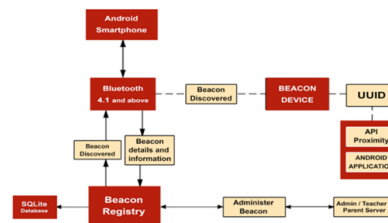


Fig. 2. Diagrama Sistema 2 [4]

III. PROPOSTA

Com base na análise dos artigos, identificámos conceitos e ideias para a implementação das mesmas no nosso projeto, pois ambos os projetos apresentam semelhanças técnicas ao pretendido. O nosso objetivo é a criação de um sistema de monitorização da presença de crianças dentro de uma sala (ou local controlado). A criança terá um dispositivo que emite sinais Bluetooth, permitindo a monitorização da sua presença. Se esse sinal deixar de ser recebido, o sistema irá interpretar isso como a saída da criança da sala e o mesmo irá enviar um alerta via SMS. Além disso, os dados obtidos pelo sistema, como o horário de entrada e saída serão armazenados na plataforma papertrail. O projeto será implementado com base na tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE) utilizando um beacon (BLE) e uma tag (BLE).

A. Especificações Técnicas

Requisitos	Descrição
nRF52840 DK	Microcontrolador com suporte Bluetooth Low Energy (BLE).[5]
nRF52840 Dongle	Dispositivo USB, utilizado como tag BLE.[6]
Zephyr RTOS	Sistema operacional em tempo real (RTOS), para microcontroladores e sistemas embebidos.[7]
Raspberry Pi 3	PC placa única baseada em ARM.[8]
Papertrail	Ferramenta de gestão de logs, em tempo real.[9]
Twilio	Plataforma de comunicação na nuvem que permite automatizar SMS.[10]

TABLE I
TABELA REQUISITOS

• MicroControlador nRF52840 DK

O nRF52840 é um microcontrolador focado em aplicações sem fio[5], que suporta vários protocolos. No nosso projeto iremos utilizar o Bluetooth 5.0 (BLE). Este possui o processador ARM Cortex-M4 (FPU até 64Mhz), contendo 256Kb de RAM e 1Mb

de Flash[5]. Em termos de interface e periféricos, este tem 48 GPIOs configuráveis e suporte para SPI, UART, I2C, PWM, ADC e USB 2.0. Na segurança e criptografia usa o AES, TRNG e suporte a ARM TrustZone[5]. Também contém um baixo consumo de energia utilizando o PMU (Power Management Unit)[5] para otimização energética. Este servirá

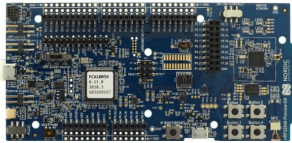


Fig. 3. nRF52840 DK

de Beacon do sistema, enviando os seus sinais Bluetooth para futura conexão.

- nRF52840 Dongle

O nRF52840 Dongle é um dispositivo compacto baseado no microcontrolador nRF52840, este tem como principal aplicação a conectividade sem fios[6], mais precisamente o Bluetooth Low Energy (BLE). O Dongle possui um chip de 32 bits ARM Cortex-M4[6] e suporta comunicação de longo alcance e baixo consumo.

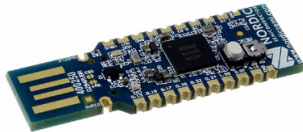


Fig. 4. nRF52840 Dongle

- Sistema Zephyr RTOS

O Zephyr RTOS é um sistema operativo em tempo real de código aberto[7], desenvolvido para atender às necessidades de dispositivos embebidos e aplicações IoT. Com um kernel leve e modular, o Zephyr é projetado para operar em ambientes com recursos limitados, suportando uma vasta gama de arquiteturas de hardware, como ARM, x86 e RISC-V[7]. Este sistema destaca-se pela sua capacidade de personalização, permitindo que os desenvolvedores escolham apenas os componentes necessários para as suas aplicações.

- Raspberry Pi 3

O Raspberry Pi 3 é um dos computadores de placa única mais populares, equipado com um processador ARM Cortex-A53 de 1,2Ghz, 1GB de RAM e suporte para Wi-fi e Bluetooth integrados[8], este é amplamente utilizado em diversos projetos de programação, automação e IoT.

- Papertrail

O Papertrail é um sistema de gestão e análise de logs em tempo real baseado na nuvem[9]. Este simplifica a monitorização dos sistemas e aplicações desejadas. É possível analisar, armazenar e enviar os logs captados de diferentes fontes.

- Twilio

O Twilio é uma plataforma online de comunicações na nuvem[10]. Facilita a integração de canais de SMS, voz, e-mail, chamadas em aplicações e sites[10]. Pode ser utilizado por desenvolvedores para criar fluxos automatizados de comunicação personalizada, sem precisar de uma estrutura complexa.

IV. DESENVOLVIMENTO

Para desenvolver este começamos por organizar todas as ideias e recursos necessários para conceber este sistema. Este terá no centro um microcontrolador, que servirá de beacon¹, ligado a este dispositivo estará uma tag, esta tag procura pelo endereço do microcontrolador, quando encontrado conecta-se a ele. Os dados da ligação são posteriormente passados para um raspberry pi 3 ligado via USB ao microcontrolador, que comunica com a aplicação web Twilio, que envia um alerta via SMS quando a conexão é perdida e com o Papertrail, que guarda as informações da conexão.

A. Disposição do sistema

Como demonstrado na imagem, o sistema contém o nRF52840 DK ligado à fonte, o nRF52840 Dongle ligado ao portátil (para simulação), e o Raspberry Pi ligado via USB ao nRF52840 DK.

¹Beacon são dispositivos que servem de "farol", enviando sinais para dispositivos próximos ao sistema

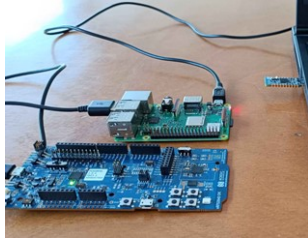


Fig. 5. Disposição do sistema

B. Diagrama do sistema

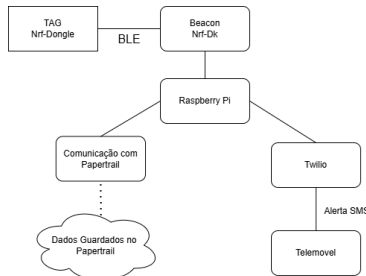


Fig. 6. Diagrama Sistema de detecção de crianças

C. Projeto

Para a configuração do sistema, utilizamos o Zephyr RTOS como base, um sistema operativo em tempo real leve e otimizado para dispositivos embebidos. Este foi instalado na nossa máquina juntamente com todas as dependências necessárias para o seu funcionamento. No contexto do nosso projeto, o Zephyr permitiu-nos a implementação da ligação Bluetooth entre o nRF52840 DK e Dongle, e a comunicação do DK para o Raspberry Pi via UART.

D. DK e Dongle

Cada dispositivo possui o seu código fonte (em C), com os códigos necessários para existir conexão, um CMakeList com configurações e especificações do projeto, e um proj.conf que contém as configurações das funcionalidades do projeto (como UART e Bluetooth).

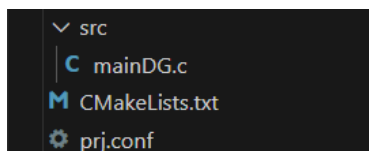


Fig. 7. Estrutura do projeto

Neste sistema, o DK opera como um beacon, transmitindo informações de conexão para dispositivos próximos, neste caso o seu endereço. Este aguarda pela conexão da TAG (nRF Dongle), quando conectado, envia o estado da conexão (ligado:desligado) via UART para o Raspberry Pi. A cada 5 segundos a conexão é verificada, se a conexão for perdida, este volta a publicitar os dados.

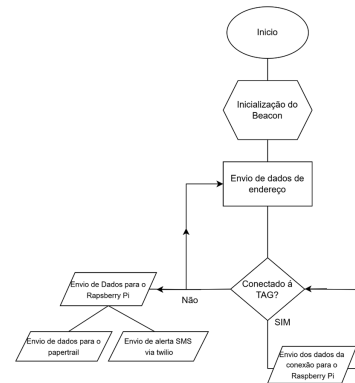


Fig. 8. Fluxograma nRF DK

O Dongle funciona como uma TAG Bluetooth, com o propósito de procurar ativamente dispositivos próximos que estejam a transmitir dados de publicidade para conexão, neste caso procura pelo endereço do DK. Este opera como scanner BLE, procurando pelo dispositivo, com o endereço MAC correspondente. Quando encontrado, este tenta estabelecer uma conexão. Se a conexão for perdida, volta a iniciar a procura.

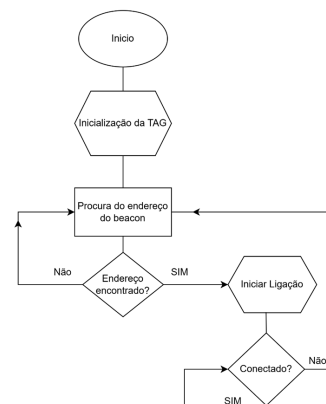


Fig. 9. Fluxograma nRF Dongle

E. Raspberry Pi

Neste sistema o Raspberry Pi serve como ponte entre o nRF52840 e a web, pois os nRF's não possuem conexão

Wi-fi, logo para estabelecer ligação com as aplicações web é necessário a implementação do Raspberry Pi no sistema. Neste caso, o Raspeberry Pi possui um script em python que recebe via comunicação serial (UART) os dados da ligação Bluetooth entre o Beacon e a TAG, criando logs com o estado da ligação e enviando os mesmos para o Papertrail. No mesmo script quando se perde a ligação (estado=desligado), envia o pedido de alerta para a plataforma Twilio.

```
#!/usr/bin/env python3
# Mensagem.py
def main():
    timestamp = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
    log_message = f"[{timestamp}] Status: desconhecido"
    syslog.syslog(syslog.LOG_INFO, log_message)
    print(log_message)

    # Conexão porta serial
    ser = serial.Serial('/dev/ttyS0', 9600, timeout=1)
    print(f"Conectado ao dispositivo na porta {ser.name}")

    # Loop para ler dados da porta serial
    while True:
        # Leitura linha de dados
        linha = ser.readline().decode('utf-8').strip()

        if linha:
            print(f"Recebido: {linha}")

            # Verifica se a mensagem indica o estado
            if "ligado" in linha.lower():
                print("Estado: ligado")
                estado_atual = "ligado"
                criar_log("ligado")
            elif "desligado" in linha.lower():
                print("Estado: desligado")
                estado_atual = "desligado"
                criar_log("desligado")

            # Envia mensagem
            try:
                message = client.messages.create(
                    to=phone,
                    from_=from_phone,
                    body=f"Alerta: dispositivo desligado"
                )
                print(f"Mensagem enviada com sucesso: {message}")
            except Exception as e:
                print(f"Erro ao enviar mensagem: {e}")

            # Atualiza o estado
            elif "ligado" in linha.lower():
                print(f"Estado: desconhecido")
                estado_atual = "desconhecido"
                criar_log("desconhecido")

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Fig. 10. Script Raspberry Pi

F. PaperTrail

O Papertrail tem como objetivo receber e guardar os logs do nosso sistema. Guarda os logs enviados pelo Raspberry Pi, filtrando-os pelos que contém "projeto1", sendo assim possível monitorizar os eventos e alertas em tempo real.

```
Jan 25 22:51:37Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 25 22:58:35Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: desligado
Jan 25 22:58:40Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 25 22:59:51Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: desligado
Jan 25 22:59:56Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 27 16:08:29Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 27 16:09:32Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: desligado
Jan 27 16:09:41Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 27 16:23:00Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
Jan 27 16:23:24Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: desligado
Jan 27 16:23:31Z raspberrypi mensagem.py projeto1 - Status: ligado
```

Fig. 11. Dados no Papertrail

G. Twilio

Dentro do nosso sistema, o Twilio tem a função de enviar alertas de forma automatizada, sendo estes provocados pela receção do pedido recebido do raspberry Pi, quando possui o estado de ligação desligado. O alerta é enviado via SMS para o número de telefone previamente configurado.

Sent from your Twilio trial account - Alerta: dispositivo desligado

Sent from your Twilio trial account - Alerta: dispositivo desligado

Fig. 12. Mensagem alerta via Twilio

H. Resultados

Métrica	Valor Obtido
Número total de eventos registrados	22 eventos
Número de mudanças para estado ligado	11 transições
Número de mudanças para estado desligado	11 transições
Número de alertas SMS enviados (Twilio)	11 mensagens
Percentagem de sucesso no envio de alertas (Twilio)	100% (11/11)
Tempo médio de registro no Papertrail	3,4 seg
Tempo médio de envio do alerta (Twilio)	< 1seg

Fig. 13. Resultados

V. CONCLUSÕES

O projeto de Sistema de Detecção e Alerta de Presença de Crianças demonstrou ser uma solução prática e eficaz para reduzir os riscos associados ao desaparecimento de crianças em ambientes controlados. Utilizando tecnologias como Bluetooth Low Energy (BLE), micro-controladores e plataformas como Twilio e Papertrail, o sistema permite monitorizar em tempo real a presença de crianças, emitir alertas via SMS e registrar eventos importantes de conexão. Com uma implementação bem estruturada e dispositivos otimizados para IoT, o sistema tem potencial para ser aplicado nas escolas, em lares e outros ambientes que necessitem de maior segurança para pessoas vulneráveis.

REFERENCES

- [1] B. Brasil, *Tecnologia deixa humanos com atenção mais curta que a de peixinho dourado, diz pesquisa*, Accessed: 2025-01-27, 2015. [Online]. Available: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/05/150515_atencao_peixinho_tecnologia_fm?utm_source=chatgpt.com.
- [2] Missing Children Europe, *Missing children europe*, Accessed: 2025-01-27, 2025. [Online]. Available: <https://missingchildreneurope.eu/>.
- [3] S. Bharadwaj K S, R. A S, P. A N, S. Bhat, and S. K V, "Child presence detection and alerting system in an unmanned car," *Perspectives in Communication, Embedded-systems and Signal-processing - PiCES*, vol. 4, no. 11, Mar. 2021. DOI: 10.5281/zenodo.4592826. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4592826>.
- [4] S. V. Arellano, K. Mesa, and L. Desuasido, "Child detector android application using bluetooth low energy (ble) beacon technology," *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 8, pp. 7–12, Jan. 2018.
- [5] Nordic Semiconductor, *nRF52840 Development Kit*, <https://www.nordicsemi.com/Products/Development-hardware/nRF52840-DK>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.
- [6] Nordic Semiconductor, *nRF52840 Dongle*, <https://www.nordicsemi.com/Products/Development-hardware/nRF52840-Dongle>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.
- [7] The Zephyr Project, *Zephyr Project*, <https://www.zephyrproject.org/>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.
- [8] Raspberry Pi Foundation, *Raspberry Pi 3 Model B*, <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.

- [9] Papertrail by SolarWinds, *Papertrail: Hosted Log Management*, <https://www.papertrail.com/>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.
- [10] Twilio Inc., *Twilio: Communication APIs for SMS, Voice, Video, and Authentication*, <https://www.twilio.com/en-us>, Acesso em: 28 jan. 2025, 2025.