



CONTROLE DE SISTEMAS EMBARCADOS POR SISTEMA OPERACIONAL MÓVEL ANDROID VIA BLUETOOTH

Daniel Mathias Silva dos Santos¹, Katielle Dantas Oliveira², Vinicius Carvalho Marques³, Jorge Fredericson de Macedo Costa da Silva⁴, Thiago Oliveira Rodrigues⁵, Jose Wally Mendonça Menezes⁶

^{1,2,3,4,5} Graduandos de Engenharia de Telecomunicações – IFCE.

⁶ Professor Doutor do IFCE, Departamento de Telemática.

¹ e-mail: danieljava6@gmail.com

² e-mail: katielledantas@gmail.com

³ e-mail: viniciuscarvalho789@gmail.com

⁴ e-mail: jf.engtelecom@gmail.com

⁵ e-mail: thiagoliveira08@gmail.com

⁶ e-mail: wally@ifce.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo para o Sistema Operacional *Android (Android OS)* com finalidade de controle de Sistemas Embarcados via *Bluetooth*. O sistema a ser controlado consiste Veículo Teleoperado voltado para sensoriamento remoto e detecção avarias em ambientes. Esse protótipo de veículo foi desenvolvido no ambiente da Plataforma de Desenvolvimento *Open Source Arduino*. Esse protótipo tem acoplado três módulos de comunicação sem fio, são eles: um módulo para comunicação via *Bluetooth*, um para comunicação via *Zigbee* e um receptor de sinal infravermelho. Com os resultados obtidos, tanto em laboratório quanto em campo de aplicação real, comprovou-se a eficácia do protótipo referente aos seus propósitos inicialmente apresentados, controle de locomoção do sistema e interface homem-máquina de alto nível.

Palavras-chave: android os, *bluetooth*, plataformas open source, sistemas embarcados, veículo teleoperado

1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos móveis com interfaces *Bluetooth* acessíveis aos consumidores já ocorre há algum tempo. No entanto, o desenvolvimento de aplicações que fazem uso dessas interfaces era dificultado tanto por parte das fabricantes dos aparelhos quanto pelo *firmware* contidos nestes dispositivos. No cenário atual encontra-se um embate entre grandes empresas no tocante ao desenvolvimento de aplicações para tais aparelhos eletrônicos. Neste trabalho será dado enfoque ao Sistema Operacional *Android*, ou *Android OS*, cujo desenvolvimento de aplicações desenrola-se de maneira livre.

Criando uma linha de raciocínio, a partir de pesquisas realizadas através de livros, artigos, revistas e trabalhos sobre sistemas embarcados, desenvolvimento de aplicativos e comunicações móveis, foi possível desenvolver um veículo terrestre teleoperado capaz de se locomover a partir de comandos enviados por um rádio transceptor usando a tecnologia *Bluetooth* conectado a um dispositivo móvel com *Android OS*.

Com isso, o aplicativo desenvolvido visa controlar um protótipo de robô móvel de maneira simples e direta, posto que esse protótipo tenha a finalidade de se deslocar entre os ambientes de difícil acesso e/ou nocivos a saúde humana fazendo uso da comunicação sem fio, *wireless*, entre o modelo teleoperado e um operador com um mapa virtualizado e/ou com conhecimento prévio do ambiente em questão.

O projeto, aplicativo e veículo terrestre teleoperado, possui várias aplicações devido à infinidade de materiais eletroeletrônicos disponíveis no mercado, aos módulos de comunicação acessíveis aos consumidores e desenvolvedores, à crescente busca por soluções de inovação tecnológica visando baixo custo no produto final, dentre outras.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para os teste de controle via *Bluetooth* por dispositivos móveis com *Android*, a equipe uso um modelo de veículo teleoprado contruído pela mesma. Esse modelo tem como controle central um Atmega 328 e três forma de comunicação, *Zigbee*, Infravermelho e *Bluetooth*, sendo esses recursos programados no ambiente de desenvolvimento da Plataforma de Desenvolvimento *Open Source Arduino*.

2.1. Bluetooth

O *Bluetooth* é um protocolo padrão de comunicação sem fio projetado para baixo consumo de energia com baixo alcance, baseado em microchips transmissores de baixo custo com o propósito de eliminar as conexões físicas entre dispositivos de diferentes fabricantes. Os principais serviços oferecidos por esta tecnologia são: transferência de arquivos entre computadores, transferência de dados entre computadores e impressoras e transferência de áudio entre telefones e fones de ouvidos sem fio.

Este protocolo tem como características base a faixa de operação ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) centrada em 2.4 GHz e com largura de banda de um MHz, modulação por chaveamento de frequência gaussiana (GFSK, em inglês), comunicação de dados *full-duplex*, interface aérea com base técnica de espalhamento espectral por saltos em frequência (FHSS, em inglês) e transferência de informações com restrições de tempo. Valendo ressaltar que o *Bluetooth* inicialmente foi desenvolvido por um consórcio de empresas denominado SIG (*Special Interest Group*) e pouco tempo depois foi adotado pelo IEEE dando origem ao padrão 802.15 para redes PAN (*Personal Area Network*).

A grande vantagem do *Bluetooth* sobre outros dispositivos sem fio é sua facilidade de conexão. Como a palavra de ordem é integração, o *Bluetooth* consegue se conectar de maneira ativa com até oito aparelhos ao mesmo tempo (um dispositivo *master* e sete *slaves*) e, em contraste, com o infravermelho e o NFC (*Near Field Communication*), os “bluetooths” não precisam estar fisicamente próximos ou alinhados para funcionar.

A comunicação é realizada através de ondas eletromagnéticas e não necessita de nenhum tipo de licença devido à faixa de operação ISM, além de estar disponível em quase todo o mundo. Em relação à sua velocidade pode chegar a 721 kbps no tipo de enlace ACL (*Asynchronous Connection-Less*), podendo possuir até três canais de voz. Uma das grandes vantagens presentes nesta tecnologia é que o seu raio de alcance, que dividido em três classes pode chegar até 100 metros. Os aparelhos que contem as interfaces *Bluetooth* se comunicam formando uma rede que é chamada de *Piconet* ou *Picorede* na qual é formada por até oito dispositivos conectados entre si. A associação entre duas ou mais *Piconets* formam uma rede maior chamada *Scatternet*, conforme a Figura 1.

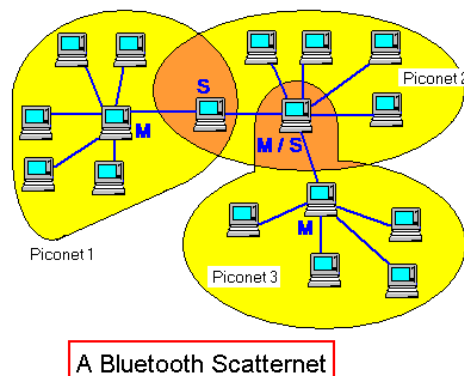


Figura 1 – Scatternet Bluetooth.



Dentre as várias aplicações do *Bluetooth*, deseja-se usá-lo para comunicação entre o sistema embarcado desenvolvido e o dispositivo móvel com finalidades de controle e proporcionar uma interface homem-máquina mais amigável para o usuário final.

2.2. SISTEMA OPERACIONAL ANDROID

O *Android OS* tem como ideia chave abranger não só celulares, mas sim diversos Sistemas Embarcados disponíveis no mercado como: *tablets*, *netbooks*, *televisões*, *set-top boxes* e alguns automóveis. Em meio a esse contexto, o *Android* consiste em uma nova plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis, baseado em um núcleo, *kernel*, do Sistema Operacional Linux, porém ele não é um Linux Embarcado. Com diversas aplicações já instaladas, esse sistema, possui um ambiente de desenvolvimento bastante completo e flexível, além de possuir uma interface visual rica, em um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso e inovador.

Outro fator de destaque é o uso da linguagem Java para o desenvolvimento das aplicações, logo se pode usufruir de todos os recursos dessa linguagem. Isso acaba beneficiando os fabricantes desses dispositivos, os usuários comuns e, principalmente, os desenvolvedores de aplicações.

O desenvolvimento de aplicativos para esse sistema operacional dá ao desenvolvedor a possibilidade de usar os recursos de *hardware* presente nos dispositivos embarcados que funcionam baseados nele. Então, recursos como sensores de posição, temperatura e de toque na tela, além de interfaces *Bluetooth* e *Wifi* podem ser usados por estes desenvolvedores de modo a adaptar o sistema embarcado a sua demanda atual.

2.3. SISTEMA EMBARCADO PARA TESTES

O Veículo Teleoperado consiste num carro controlado remotamente através dos protocolos de comunicação sem fio *Zigbee* e *Bluetooth* e por uma interface, ou um par de sensores, Infravermelho. Esse modelo tem a parte de controle, tanto dos motores quanto dos meios de comunicação sem fio para sua locomoção, feito por um *Atmega328*. Esse microcontrolador é usado devido ao fato dele está contido na Plataforma de Desenvolvimento *Open Source Arduino* e, por conseguinte, ter seu *firmaware* desenvolvido no ambiente dessa plataforma.

A parte física desse protótipo é composta basicamente em um driver para controle dos motores *L293D*, o controlador *Atmega328*, circuitos reguladores de tensão e as interfaces de comunicação em fio *Zigbee*, *Bluetooth* e Infravermelho. Tal montagem pode ser visualizada na Figura 2.

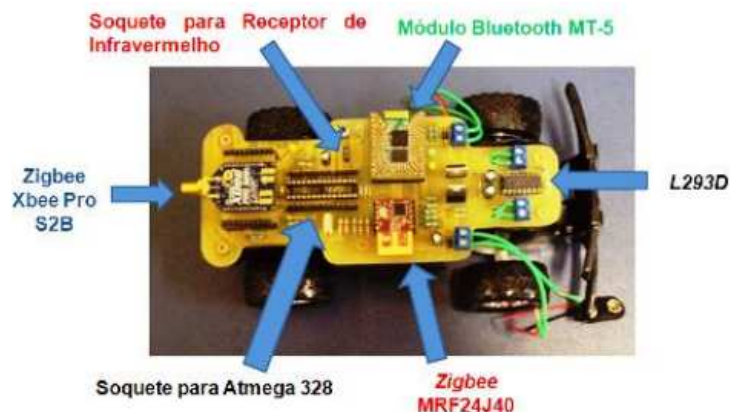


Figura 2 – Protótipo controlado pelo aplicativo desenvolvido.

O protótipo em questão apresenta como características funcionais: eficiência energética, comunicação em grandes distâncias, *software* de controle simples, dinâmico e baseado em plataformas



livre, possibilidade de interação com redes de sensores sem fio, flexibilidade para interação com outros dispositivos tanto comunicadores quanto periféricos e viabilidade comercial.

2.4. MÓDULO BLUETOOTH E DISPOSITIVO COM ANDROID OS

O módulo *Bluetooth* usado no desenvolvimento deste trabalho é o Transceptor *Bluetooth* MT-5 da E'go China. Ele é um módulo multifuncional, podendo ser usado de acordo com o *firmware* do dispositivo embarcado e é destinado especificamente para transferência de dados. A comunicação com o microcontrolador pode ser por meio de *Serial Peripheral Interface* (SPI) e *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART).

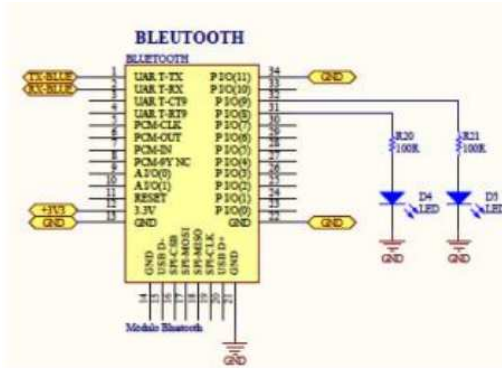


Figura 3 – Esquemático de ligação do módulo *Bluetooth* usado.

O dispositivo móvel usado para teste com o aplicativo desenvolvido foi o Galaxy 5 da Samsung. Este aparelho tem como características o *Android OS 2.2*, GPS assistido (A-GPS), uma interface *Bluetooth e Wifi*, sensores de posição e tela sensível ao toque.

2.5. APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA ANDROID OS

O desenvolvimento de aplicações para dispositivos que possuem o *Android OS* requer a instalação de uma ferramenta chamada *Software Development Kit* (SDK), que no caso do *Android* tem compatibilidade com uma série de ambientes de desenvolvimento já disponíveis e usados por muitos desenvolvedores de aplicações em linguagem Java e outras linguagens.

Após a instalação deste SDK o desenvolvedor tem todas as ferramentas necessárias para ele começar a aplicar seu conhecimento no desenvolvimento de aplicações. Essa aplicação desenvolvida tem dois cerne, a aplicação em Java e a parte gráfica desenvolvida em XML, podendo ainda esse desenvolvimento ser feito em *Javascript*.

Para o uso do *Bluetooth* nas aplicações, é necessário procurar o dispositivo com o qual você deseja se conectar e depois estabelecer a comunicação dentro o alcance permitido, sendo a troca de dados feita através de *socket* entre os dispositivos. O *Android* disponibiliza, a partir de sua versão 2.1, uma comunicação via *Bluetooth* criptografado do tipo ponto a ponto entre os dispositivos. O sistema trata o *Bluetooth* por meio de quatro classes (*BluetoothAdapter*, *BluetoothDevice*, *BluetoothSocket* e *BluetoothServerSocket*).

O *BluetoothAdapter* representa o dispositivo no qual a aplicação está rodando e o *BluetoothDevice* representa o dispositivo com o qual você deseja se comunicar. Já o *BluetoothSocket* permite que você faça uma solicitação de conexão com outros dispositivos para iniciar a comunicação. Por último, o *BluetoothServerSocket* faz com que seu dispositivo possa receber solicitações de conexão de outros dispositivos. Após o entendimento dessas quatro classes tem-se o conhecimento necessário para o desenvolvimento de aplicativos com essas interfaces.

Diante disso, o aplicativo desenvolvido faz uso desses recursos para controlar o Veículo Teleoperado. O visual gráfico do aplicativo remete à um *joystick* tradicional, Figura 4, com cinco comandos. Esses comandos servem para movimentar o protótipo nas quatro direções e o botão do meio serve para centralizar as rodas. O funcionamento pauta-se primeiro na habilitação da interface *Bluetooth* do dispositivo móvel. Em seguida, tem-se a etapa de busca por dispositivos para estabelecer conexões dentro do alcance do dispositivo e estabelecer a comunicação. Com a comunicação estabelecida, o aplicativo encontra-se pronto para controlar o Sistema Embarcado com o qual ele está pareado.



Figura 4 – Aparelho executando o aplicativo desenvolvido.

A recepção dos comandos é interpretada pelo microcontrolador como um *byte* sensibilizador dos pinos de UART entre e o módulo *Bluetooth* e do Atmega 328.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo mostra-se bastante objetivo e dinâmico do ponto de vista das interfaces homem-máquina. Em comparação com as outras formas de comunicação sem fio usadas, o *Zigbee* e o Infravermelho, esse fator é o de maior destaque aliado ao fato do grande número de aparelhos de mercado possuírem suporte a comunicação via *Bluetooth*. Além disso, o *Bluetooth* da uma capacidade maior para a transferência de dados.

	<i>Zigbee</i>	<i>Bluetooth</i>	Infravermelho
Dispositivos em Rede	~65.000	7	0
Transmissão de Dados (kbps)	250	1000	10
Alcance (m)	100	10-100	5
Características de Aplicação	Monitoramento e Controle	Transmissão de dados sem Fio	Transmissão de dados sem Fio
Consumo (dias)	100 - 1000	1-7	100 -1000

Tabela 1. Comparativo entre as Tecnologias sem Fio *Zigbee*, *Bluetooth* e Infravermelho.

De acordo com a Tabela 1, notam-se alguns pontos de destaque entre o *Zigbee* o *Bluetooth*, sobretudo no tocante ao número de dispositivos em rede e em relação ao consumo de bateria. Entretanto, o *Zigbee* não traz essa interface com usuário objetiva. Há ainda, no mercado uma carência de dispositivos móveis com interface *Zigbee* e isso entram em contraste com a realidade dos aparelhos com módulo *Bluetooth*. No Brasil, o *tablet* IMXT é o mais conhecido e que contém essa interface, mas seu conhecimento é difundido, principalmente, em ambientes industriais.

Já o Infravermelho está escalado, porque na montagem inicial do veículo mostrou-se como a solução sem fio mais viável para o controle da locomoção do modelo. Assim como o *Zigbee*, a solução



com sensores infravermelho carece de uma interface homem-máquina, além de ser pouco flexível, restringindo o potencial desta solução.

5. CONCLUSÕES

Do ponto de vista experimental, o sistema desenvolvido atende as metas estabelecidas e agrega valor funcional ao aplicativo e ao Veículo Teleoperado. Ressaltamos que o modelo desenvolvido mostra o potencial da solução baseada em controle, monitoramento e integração de Sistemas Embarcados com dispositivos móveis, sobretudo, em ambientes de desenvolvimento *Open Source*. Além disso, a pesquisa e inovação tecnológica abrem caminho para a melhoria da interação entre esses sistemas e os usuários alheios ao desenvolvimento da tecnologia.

Como perspectivas para o trabalho iremos realizar testes com *Wifi* para avaliar o potencial dessa solução e compará-la a esses meios de comunicação sem fio já testados e verificar qual solução é mais viável para uma aplicação de navegação assistida. Por outro lado, mais sensores serão agregados ao veículo de modo a melhorar o seu controle pelo aplicativo em *Android OS* num projeto piloto.

REFERÊNCIAS

Bonatto, Aurélio; Canto, D.O. **Bluetooth Technology (IEEE 802.15)**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2007.

Desenvolvimento Android. **Android Developer**. Disponível em:

<<http://developer.android.com/index.html>> Acessado em 15 de janeiro de 2012.

Lee, W. M. **Beginning Android 4 Application Development**. Indiana: John Wiley & Sons, Inc, 2012.

Meier, Reto. **Professional Android 2 Application Development**. Indiana: Wiley Publishing, Inc, 2010.

Samsung. **Especificações do Galaxy 5**. Disponível em:

<<http://www.samsung.com/br/consumer/cellular-phone/cellular-phone-tablets/smartphones/GT-I5500YKBZTO-spec>> Acessado em 10 de julho de 2012.

Steele, James; To, Nelson. **The Android Developer's Cookbook Building Applications with the Android SDK**. New York: Addison-Wesley, 2011.

Sverzut, J.U. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Evolução a Caminho da Terceira Geração (3G)**. 1ed. São Paulo: Érica, 2005.

Webtrônico. **Documentação do Módulo Bluetooth MT-5**. Disponível em:

<http://www.webtronico.com/documentos/BlueTooth_Module_Datasheet.pdf> Acessado em 18 de novembro de 2011.