



Um algoritmo de identificação de mudança de direção para rastreador LoRaWAN

A directional change detection algorithm applied to a LoRaWAN tracker

Jamerson Alves Muniz¹,

Edson Tavares de Camargo²

RESUMO

Acompanhar o trajeto de um veículo em tempo real exige enviar coordenadas geográficas do seu percurso para a Internet periodicamente ou perante a mudança de sua direção. Através de uma parceria entre a UTFPR e o Município de Toledo, um sistema de rastreamento da coleta seletiva de lixo foi prototipado e avaliado. O algoritmo registra as coordenadas do veículo a cada 30 segundos, o que pode levar ao envio de coordenadas desnecessárias e a sobrecarregar a rede de comunicação. O objetivo deste trabalho é desenvolver um algoritmo capaz de registrar a localização de um objeto móvel a partir da sua mudança da medição angular no plano horizontal. Ou seja, caso o objeto se mantenha em uma reta, as únicas coordenadas salvas seriam a entrada e saída da reta. O algoritmo proposto faz uso de um giroscópio para determinar a mudança de direção. Resultados mostram o número de coordenadas registradas ao comparar a abordagem periódica com a baseada em mudança de direção em um trajeto de um ônibus coletivo da cidade de Toledo.

PALAVRAS-CHAVE: Cidades Inteligentes; Giroscópio; Internet das Coisas; LoRaWAN; Rastreador.

ABSTRACT

Tracking a vehicle's path in real time requires sending geographic coordinates of its route to the Internet periodically or when its direction changes. Through a partnership between UTFPR and the Municipality of Toledo, a selective waste collection tracking system was prototyped and evaluated. The algorithm records the vehicle's coordinates every 30 seconds, which can lead to sending unnecessary coordinates and overloading the communication network. The objective of this work is to develop an algorithm capable of recording the location of a moving object based on its change in angular measurement in the horizontal plane. That is, if the object keep it on a straight line, the only coordinates saved would be the entry and exit of the straight line. The proposed algorithm makes use of a gyroscope to determine the change in direction. Results show the number of coordinates recorded when comparing the periodic approach with the one based on changing direction on a route of a public bus in the city of Toledo.

KEYWORDS: Smart cities; Gyroscope; Internet of Things; LoRaWAN; Tracker.

INTRODUÇÃO

O conceito de Cidades Inteligentes está fortemente alicerçado em Tecnologias de Informação e Comunicação, requerendo a integração de tecnologias de sensoriamento, redes de comunicação e infraestrutura computacional para trazer soluções para os grandes problemas da vida urbana seja em segurança, transporte ou meio ambiente (BELLINI; NESI; PANTALEO, 2022). Se tratando de

¹ Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: jamersonm@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1942270534640148.

² Docente no Curso de Tecnologia em Sistemas para a Internet. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: edson@utfpr.edu.br. ID Lattes: 3434910548756014.



meio ambiente, o município de Toledo possui o projeto TooReciclando¹ que, entre outros, incentiva moradores a separarem corretamente seu lixo reciclável para disponibilizá-los para coleta através de caminhões coletores.

Através de uma parceria entre a UTFPR e o Município de Toledo, um sistema de rastreamento da coleta seletiva de lixo foi prototipado e avaliado. A posição geográfica do caminhão coletor é enviada através de uma rede de longo alcance e baixa potência com a tecnologia LoRaWAN, instalada no município também como fruto da parceria (CAMARGO; SPANHOL; CASTRO E SOUZA, 2021). Ocorre que o algoritmo responsável por registrar o trajeto realiza o envio das coordenadas a cada 30 segundos, o que leva ao envio desnecessário da geolocalização e impacta negativamente no tráfego da rede de comunicação. Por exemplo, há o envio de coordenadas mesmo quando o veículo está parado em um semáforo ou permanece em uma reta.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um algoritmo capaz de registrar a geolocalização de um objeto móvel a partir da sua mudança da medição angular no plano horizontal. A medição angular no plano horizontal, em relação ao norte verdadeiro significa uma mudança angular para a esquerda ou direita (WALKER; RESNICK; HALLIDAY, 2016). Ou seja, caso o objeto se mantenha em uma reta, as únicas coordenadas salvas seriam a entrada e saída da reta. Tal algoritmo também evita registrar a coordenada caso o objeto se mantenha parado, seja em um semáforo, engarrafamento ou aguardando passageiros no caso de um veículo. Os resultados apresentados comparam a abordagem periódica com a abordagem de detecção de mudança angular no plano horizontal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido baseia-se em três tecnologias essenciais: o sistema de navegação *Global Position System* (GPS), protocolo de comunicação de rede LoRaWAN e sistema inercial *Inertial Measurement Unit* (IMU). A seguir, cada uma dessas tecnologias será descrita. O GPS consiste em um sistema de posicionamento global que retorna a latitude e longitude de um dispositivo via satélites. A rede LoRaWAN é um protocolo de rede que opera em topologia estrela e visa garantir, através da modulação LoRa, comunicação em grandes distâncias, baixo custo, baixo consumo e pouco tráfego de dados (LORA ALLIANCE, 2017).

O IMU é definido como um sistema de sensores usados em conjunto para medir velocidade e orientação (AHMAD et al., 2013), sendo composto de sensor acelerômetro e giroscópio. O acelerômetro é utilizado para medir velocidade inercial enquanto o giroscópio mede ângulos de rotação. Os sensores IMU são manufaturados baseado em MEMS (Micro Eletro Mechanical Systems), que consiste em circuitos integrados atuando juntamente com partes mecânicas móveis. Em (ZHANSHE et al., 2015), uma revisão acerca do desenvolvimento de pesquisa de giroscópios em MEMS de silício é feita. Em poucas palavras, o sistema é constituído por uma massa de prova inercial que, em condições de trabalho externa, reage ao longo das direções e um elemento sensorial para determinar tais situações.

Neste trabalho será utilizado o módulo MPU-6050, (MPU-6000..., 2013), um dispositivo que combina acelerômetro e giroscópio. Também possui um Digital Motion Processor™(DMP) com

¹ <https://www.toledo.pr.gov.br/tooreciclando/>

firmware que atua em tempo de execução e visa garantir os dados ideais, atuando como um *SoC* (*System on Chip*).

Os componentes utilizados no protótipo são apresentados na Figura 1. A placa de prototipagem Lillygo Tbeam v1.1, Figura 2, possui microcontrolador ESP32, módulo GPS NEO-6M e SX1276 LoRa integrados. Externamente, é associado ao microcontrolador um módulo para cartão micro SD e o módulo acelerômetro e giroscópio MPU-6050. Os protocolos de comunicação entre o ESP32 e periféricos são explicitados na Figura 1, sendo eles TX/RX, SPI e I2C. Há ainda a alimentação do dispositivo por uma bateria Li-ion 18650 e antenas para comunicação LoRaWAN e GPS.

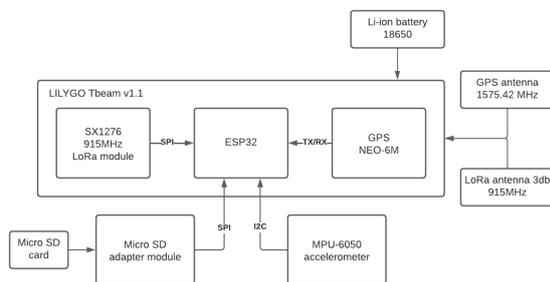


Figura 1 – Gráfico de hardware



Figura 2 – Lillygo Tbeam V1.1 com antena LoRa e GPS

ALGORITMO

O algoritmo geral da aplicação é explicitado ao ramo esquerdo do fluxograma na Figura 3. Já o ramo da direita apresenta a detecção da curva. Ao iniciar o dispositivo, há a tentativa de estabelecer comunicação com a rede LoRaWAN. O método de conexão utilizado é o *Over The Air Activation* (OTAA) e só após a requisição de comunicação ser confirmada o algoritmo prossegue. Primeiramente, é obtido através do módulo GPS a latitude e longitude do dispositivo. Em seguida, as informações do GPS são embutidas em um pacote e enviados à rede LoRaWAN. O mesmo pacote também é registrado em um cartão SD local no dispositivo. O algoritmo de detecção de curva entra em ação e sua função é indicar quando um novo pacote de informações do GPS deve ser obtido, enviado e registrado.

No algoritmo de detecção de curvas é definido inicialmente o ângulo de 22,5 graus em módulo, que corresponde a divisão de uma circunferência em oito partes, para ser usado de referência ao determinar uma mudança de direção. Também é definido a posição angular inicial como 0 para a primeira comparação.

O dado fornecido pelo sensor refere-se a velocidade angular do eixo vertical Z. A velocidade angular define a variação de posição no próprio eixo do objeto em um determinado intervalo de tempo (WALKER; RESNICK; HALLIDAY, 2016). Portanto, para se obter a posição angular é necessário integrar a velocidade angular. Então, a partir da posição angular, são realizadas comparações com a posição angular de referência ou inicial para determinar se houve uma mudança de direção. Caso a posição angular do dispositivo, em módulo, for maior que o ângulo configurado anteriormente,

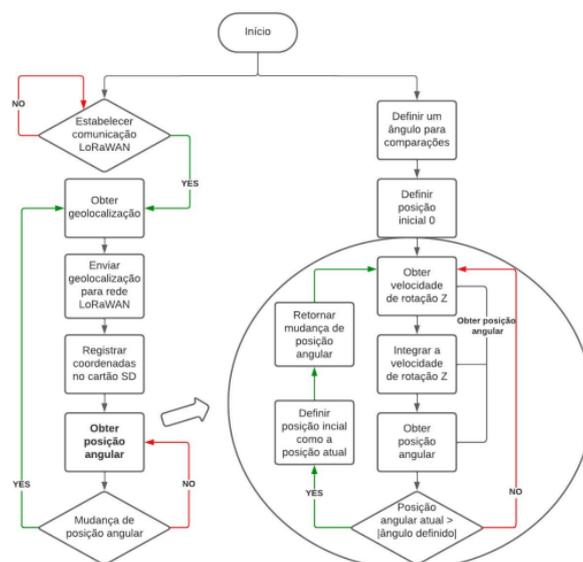


Figura 3 – Fluxograma do algoritmo

é caracterizado uma mudança de direção. Do contrário, o processo de obtenção da posição angular é repetido.

Uma vez que a mudança de direção é detectada, a posição de referência é alterada e passa a assumir o valor da posição no instante em que foi detectado a mudança. Assim, para a próxima detecção de mudança de direção é necessário que haja novamente um deslocamento angular maior, em módulo, que o pré configurado para a continuidade do algoritmo.

Por fim, é retornado ao algoritmo geral a informação que houve a mudança de direção para que ocorra as demais operações da aplicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento a seguir discutido foi realizado sobre a rota de ônibus Santa Clara II na cidade de Toledo, Paraná. Dois dispositivos foram configurados, um com o algoritmo baseado no envio periódico de 30 segundos e o outro com o algoritmo baseado em posição angular, e ambos operaram concomitantemente.

Na Figura 4 são explicitados todos os pontos em que coordenadas geográficas foram registradas. Os pontos em verde, Figura 4a, indicam o algoritmo de registro a cada 30 segundos. Os pontos em azul e vermelho, Figura 4b, indicam o algoritmo de registro com base em posição angular, sendo os destaques em vermelho para pontos de possíveis falhas no algoritmo, uma vez que não necessariamente indicam uma mudança de direção ou curva, como por exemplo, inclinações na mesma rua, rotatórias e pontos de ônibus.

Em um primeiro momento de comparação entre os resultados, obtém-se um decréscimo de aproximadamente 30% no registro de coordenadas pelo algoritmo proposto, visto que no experimento referente à Figura 4a houve um registro de 91 coordenadas enquanto o referente à Figura 4b registrou 66 coordenadas.

Ademais, os recortes ilustrados na Figura 5 trazem outros tópicos à discussão.



(a) Algoritmo baseado em tempo



(b) Algoritmo baseado em posição angular

Figura 4 – Resultados experimentais

Na Figura 5a vê-se que a partir dos resultados do algoritmo proposto é possível reconstruir a rota efetuada pelo veículo uma vez que se tem a informação de suas mudanças de direção. Em contraste, os pontos referentes ao envio periódico, em verde, não possibilitam a reconstrução da rota. Nota-se, a partir dos dois pontos verdes mais inferiores na Figura 5a, uma dificuldade expressiva na tentativa de identificação da rota realizada, pois há mais de uma possível rota que liga tais pontos.

Em adição, na Figura 5b observa-se as diferenças de operação dos dois dispositivos em situação de paradas, neste caso, em semáforos. O algoritmo de registro periódico apresentou pontos supérfluos em tais situações, que poderiam ser extrapoladas para engarrafamentos de horas e envios redundantes. Já o algoritmo com base em posição angular apresentou possíveis falhas indicadas em vermelho, que referem-se estritamente, neste caso, a pontos de ônibus em que, para serem acessados, demandaram do veículo uma mudança de direção maior do que a estabelecida na aplicação. Salvo tal situação, o algoritmo proposto visa não obter esses registros desnecessários.

Por fim, na Figura 5c explicita o desempenho dos dispositivos em retas. Em uma mesma reta, foram registrados oito pontos em verde, enquanto apenas dois em azul, o ponto de entrada e saída da reta. Nota-se que, quanto mais longa for a reta, maior será a economia de registros.

CONCLUSÃO

O algoritmo proposto foi capaz de diminuir a quantidade de coordenadas registradas em 30% em comparação à abordagem periódica, ao mesmo tempo em que aumentou a confiabilidade na identificação do percurso. A utilização do giroscópio apresentou desafios como a implementação da integração para se obter a posição angular, corroborando para os erros visualizados nos resultados. Trabalhos futuros visam corrigir as falhas detectadas otimizando algoritmo e *hardware*. Um módulo magnetômetro, por exemplo, pode ser usado em conjunto com o giroscópio para trazer maior precisão na obtenção da posição angular ao comparar com o norte magnético terrestre. Já em termos de *software*, podem ser implementadas melhorias para corrigir as falhas que ocorreram em rotatórias e em trechos inclinados.

XIII Seminário de Extensão e Inovação XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR



SEI-SICITE
2023

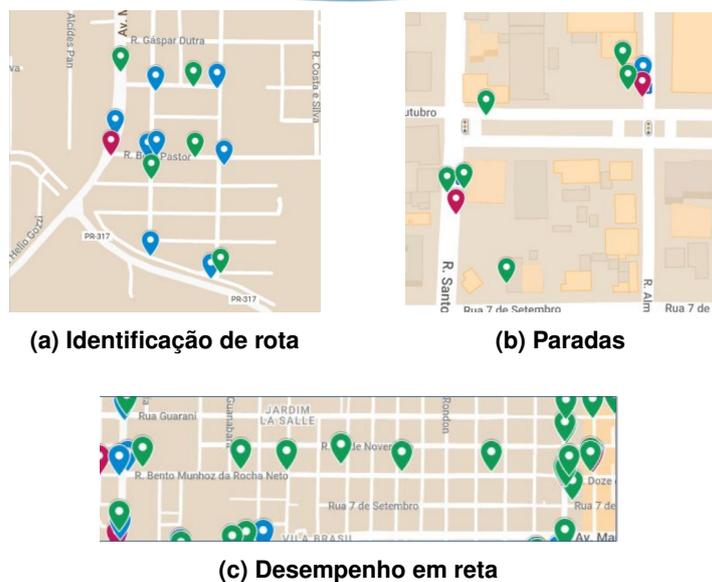


Figura 5 – Recortes do experimento

AGRADECIMENTOS

A esta universidade pelo ambiente criativo e pela janela de oportunidade nesse evento. Ao professor Dr. Edson Tavares de Camargo pelo incentivo e cooperação no desenvolvimento deste trabalho. Ao CNPq pelo apoio financeiro em bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, Norhafizan et al. Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. **International Journal of Signal Processing Systems**, EJournal Publishing, v. 1, n. 2, p. 256–262, 2013.
- BELLINI, Pierfrancesco; NESI, Paolo; PANTALEO, Gianni. IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. **Applied Sciences**, MDPI, v. 12, n. 3, p. 1607, 2022.
- CAMARGO, Edson Tavares de; SPANHOL, Fabio Alexandre; CASTRO E SOUZA, Álvaro Ricieri. Deployment of a LoRaWAN network and evaluation of tracking devices in the context of smart cities. **Journal of Internet Services and Applications**, SpringerOpen, v. 12, n. 1, p. 1–24, 2021.
- LORA ALLIANCE. **LoRaWAN™ 1.1 specification**. Beaverton, Oregon, USA, out. 2017. P. 101. Disponível em: [↗](#).
- TDK INVENSENSE. **MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification**. [S.l.], 2013. Rev. 3.4.
- WALKER, Jearl; RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**. 10. ed. [S.l.]: Grupo GEN, 2016. v. 1, cap. 10.
- ZHANSHE, Guo et al. Research development of silicon MEMS gyroscopes: A review. **Microsystem Technologies**, Springer, v. 21, p. 2053–2066, 2015.