

Implementação da localização baseada em RSSI com padrão IEEE 802.11

Implementation of the location based on RSSI with IEEE 802.11 standard

RESUMO

Alexandre de Souza Sampaio
Filho
xandeebr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Cornélio Procopio,
Paraná, Brasil.

Natássya B. F. Silva
natassvasilva@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Cornélio Procopio,
Paraná, Brasil

O objetivo do projeto de pesquisa é o aprimoramento de estimativas de posição e velocidade para Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) por meio da inclusão de informação de localização provenientes do sistema de comunicação em algoritmos de fusão de dados sensoriais. A tecnologia escolhida é baseada em redes sem fio IEEE 802.11, utilizando-se da técnica de Indicador de intensidade do sinal recebido (RSSI) para fornecer estimativas de localização. O cenário é desenvolvido em um ambiente de simulação de redes com um emissor fixo, com posição desconhecida, e receptores uniformemente distribuídos com posições conhecidas, sendo realizado posteriormente a estimativa de posição, a fim de encontrar a posição do nó desconhecido. Avalia-se a precisão em relação à técnica *Time of Arrival* e compreende que a técnica RSSI fornece uma maior precisão na estimativa de posição.

PALAVRAS-CHAVE: Triangulação. Sistemas de comunicação sem fio. Veículo Aéreo Não Tripulado.

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



The objective of the research project is the improvement of position and speed estimates for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) by including location information from the communication system in sensory data fusion algorithms. The chosen technology is based on IEEE 802.11 wireless networks, using the Received Signal Intensity Indicator (RSSI) technique to provide location estimates. The scenario is developed in a network simulation environment with a fixed emitter, with unknown position, and uniformly distributed receivers with known positions, later being performed the position estimation in order to find the position of the unknown node. The accuracy of the Time of Arrival technique is evaluated and it is understood that the RSSI technique provides greater precision in the estimation of position.

KEYWORDS: Triangulation. Wireless Communication Systems. Unmanned Aerial Vehicle.

INTRODUÇÃO

Hoje em dia é possível que qualquer cidadão compre ou monte em casa equipamentos conhecidos como *drones*, termo genérico em inglês utilizado pela imprensa e difundido pelo mundo. Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) são duas categorias regulamentadas, aeromodelos no âmbito civil recreativo e VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) de uso profissional, pesquisa e militar (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL ANAC, 2019). São usados em reconhecimento de solo (CHAVES e LA SCALEA, 2015), resgates em catástrofes (QUAN, HERRMANN e SOLIMAN, 2019) e atualmente no mercado de entregas/envios (HAWKINS, 2019). Fazendo-se necessário estudos para tornar-se autônomo, seguro e preciso.

A comunicação abordada nesse artigo referente à conexão do VANT é a rede sem fio IEEE 802.11n, conhecida comercialmente como Wi-Fi. Nessa troca de informação, dados como localização, altitude e velocidade são trocadas entre veículo e piloto ou entre aeronaves.

Há diferentes soluções de localização aplicadas para VANTs, GPS (*Global Positioning System*) sendo a ideal para ambientes externos. Pode-se aprimorar a precisão utilizando-se de técnicas baseadas em tempo, como *Time of Arrival* (TOA) e *Round Trip Time* (RTT) (CHEONG, RABBACHIN, *et al.*, 2005). Apesar dos métodos baseados em tempo serem bem difundidos e utilizados, ainda o problema de sincronização persiste (VASSEUR e DUNKELS, 2010).

GOLDONI *et al.* (2010) utilizam-se da técnica RSSI para o padrão IEEE 802.15.4, baseado em baixo custo energético e em comunicações de curta distância. O algoritmo de Trilateração e *Min-Max* apresenta-se com uma precisão maior em relação ao *Maximum Likelihood algorithm* desenvolvido no presente trabalho de pesquisa. Ao utilizar 2 antenas por nó, houve um ganho de 20% na precisão.

LAU *et al.* (2008) tratam de um algoritmo de suavização para o sinal RSSI utilizando-se da análise de rastreamento em tempo real de usuários internos e externos de um ambiente. O algoritmo apresenta uma melhora na média de precisão sem afetar a performance.

O presente trabalho tem como objetivo a implementação da técnica baseada em RSSI por conta da independência de haver sincronização e pela disponibilidade na maioria dos nós receptores (AAMODT, 2006). Com objetivo de fornecer estimativas de localização para VANTs, que posteriormente serão integradas aos algoritmos de fusão de dados sensoriais, possibilitando o aprimoramento dessas soluções.

MATERIAL E MÉTODOS

O valor utilizado comercialmente para expressar a potência absoluta de um sinal encontra-se em escala logarítmica representada por decibéis em relação ao nível de referência de um 1 mW (BARDWELL, 2002).

RSSI, conhecido como *Received Signal Strength Indicator*, é uma medida de energia que indica a qualidade do sinal recebido entre dois nós. RSSI é um *index* que afere a qualidade do sinal recebido e utiliza-se do dBm como unidade

representativa de potência, fornecido pelo sistema em forma de mW (miliwatt) (BARDWELL, 2002) (AAMODT, 2006).

Deve-se converter a unidade de potência para dBm de acordo com a Eq. (1) (LAU, LEE, *et al.*, 2008).

$$P[\text{dBm}] = 10 \log_{10}(P[W] 10^3) \quad (1)$$

A Eq. (2) onde A representa potência em dBm referente a 1 metro de distância entre o emissor e receptor e n representado como parâmetro de perda do sistema, sendo utilizado valor 2 como ideal (GOLDONI, SAVIOLI, *et al.*, 2010).

$$d = 10^{\left(\frac{A-RSSI}{10n}\right)} \quad (2)$$

A partir das distâncias obtidas de pelo menos 3 nós, é possível estimar a posição desconhecida do nó emissor. O assunto principal desenvolvido na pesquisa é abordado na estimativa de posição, onde leva em conta os dados coletados (distâncias) de cada nó em relação a outro, representado por coordenadas no plano cartesiano. Utiliza-se do método *Maximum Likelihood Estimation por ser* não iterativo, por conta disso, mais simples de ser implementado.

Conforme o algoritmo *Maximum Likelihood algorithm* o objetivo é encontrar a coordenada desconhecida $b = (x_0, y_0)$ utilizando-se do erro quadrático médio, tendo i nós com posições (x_i, y_i) conhecidas (ZHANG, XIA, *et al.*, 2010). Com a Eq. (4) encontra-se o erro, sendo d_i o valor estimado desenvolvido na Eq. (2).

$$e_i(x_0, y_0) = d_i - \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (3)$$

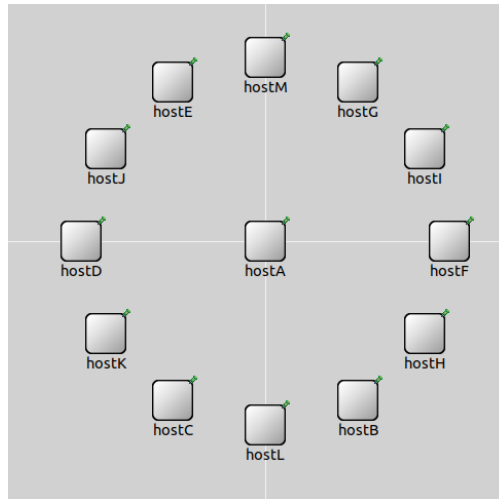
O algoritmo para estimativa de posição minimiza o erro e_i . Ao aplicar a minimização, a coordenada (x_0, y_0) desejada é encontrada através da Eq. (4) sendo X e y representados por matrizes (ZHANG, XIA, *et al.*, 2010).

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (4)$$

O programa modular baseado em C++ voltado para simulação de rede, chamado Omnet++, foi utilizado (VARGA, 2010). Sendo desenvolvido com *framework INET* (OPENSIM LTD), detêm de inúmeros modelos de protocolo cabeado e sem-fio. Para o presente trabalho, utiliza-se do padrão IEEE 802.11 contendo interface própria para comunicação entre os nós, implementado através de submódulos. O protocolo *Carrier sense multiple access with collision avoidance* (CSMA/CA) baseado em protocolo MAC é utilizado para evitar colisões. Logo que o emissor inicia sua transmissão, verifica-se o canal por um determinado período de tempo para que evite colisões e assim que o receptor recebe a mensagem envia-se uma resposta ACK, confirmando o pacote recebido, contendo o valor de potência do receptor. Utiliza-se do método de *broadcasting* para que as mensagens cheguem a todos os nós conhecidos, a fim de conhecer seus respectivos sinais de potência para o cálculo de estimação de posição.

Os experimentos construídos utilizam-se de nós, definidos como *Hosts*, com comunicação sem fio IEEE 802.11. Para os experimentos foram definidos que, o emissor sempre é fixo em uma posição desconhecida, receptores são distribuídos uniformemente ao redor do emissor em forma de figuras geométricas regulares (triângulo, hexágono e dodecágono), há uma variação no número de receptores e utiliza-se de medida de 1m, 5m e 10m. Sendo assim, são 9 experimentos analisados com 3, 6 e 12 nós em cada configuração, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Disposição dos nós em forma de dodecágono



Fonte: Autoria própria (2020).

Para que o experimento fosse verossímil, foi adicionado ruído aos valores de potência recebidos sendo um valor aleatório entre 0 e $8,3 \times 10^{-9}$.

A simulação do cenário foi executada no sistema operacional Ubuntu 18.01 LTS em um notebook Acer Predator G3-572, com Intel(R) Core (TM) i7-7700HQ CPU @ 2.8 GHz e 16384 MB de RAM.

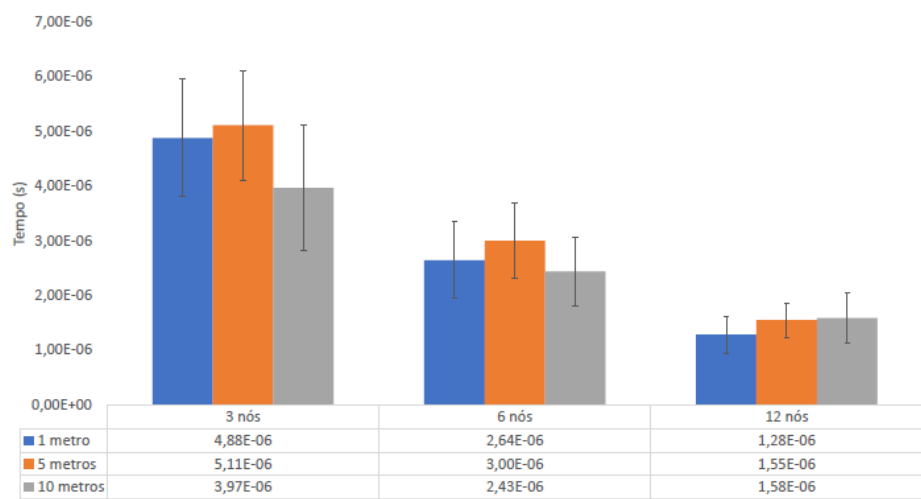
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito na Eq. (2) utiliza-se o índice A com valor -37,007 em dBm para o cálculo das distâncias, esse valor é utilizado durante todo o desenvolvimento pois refere-se ao comportamento do simulador. Os experimentos são replicados 30 vezes a fim de conseguir comparações baseadas em estatísticas.

Os dados gerados pela simulação foram exportados para o programa Microsoft Excel para uso de ferramentas estatísticas. Foi usado um nível de confiança de 95%, ou seja, para 100 experimentos feitos, 95 deles estão dentro das amostras de confiança (JAIN, 2008). Para cada configuração, calcula-se as médias, desvios padrões e os intervalos de confiança, gerando-se os gráficos de colunas com intervalo de confiança.

Analisando a Figura 2 constata-se que, a quantidade de nós influencia no tempo do cálculo de distância. Pode-se observar esse fenômeno a partir do tempo entre 3 e 6 nós para 1 metro de distância, tendo um decréscimo de 54,1%. O gráfico é inconclusivo em relação diferença entre às distâncias dentro do próprio nó pois, os intervalos de confiança se sobrepõem. Essa sobreposição é causada por resultados fora da média, que podem ser causadas pela flutuação no processamento do hardware utilizado.

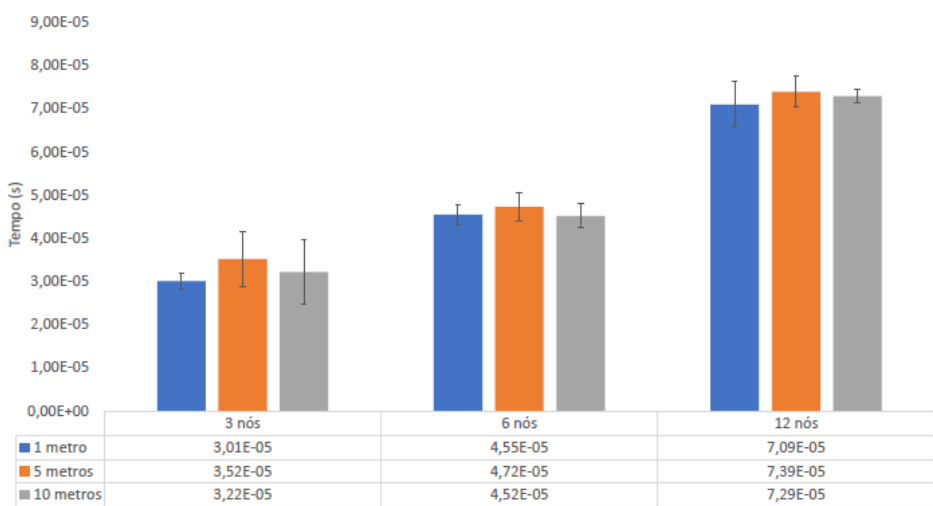
Figura 2 – Tempo de execução do cálculo de distância



Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se observar na Figura 3, que o tempo de execução aumenta conforme a quantidade de nós é maior, por conta do aumento de informações recebidas a respeito da distância, consequentemente aumento da ordem matricial. Nota-se uma variação pequena em relação aos níveis de 1 m, 5 m e 10 m.

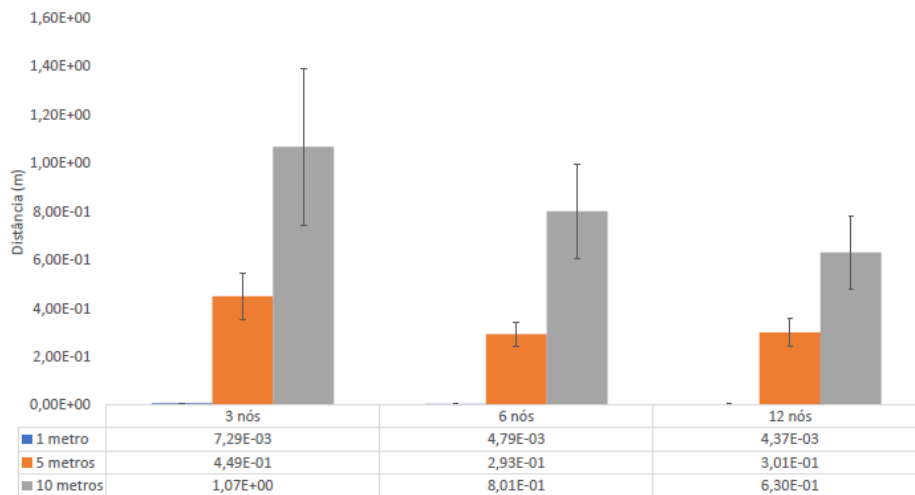
Figura 3 – Tempo de execução do cálculo de trilateração



Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 4 apresenta o erro euclidiano, sendo a diferença entre a posição encontrada a partir do cálculo da trilateração e a posição esperada previamente definida. Pode-se notar um decréscimo no tempo em relação à quantidade de nó. Quanto maior o número de nós, maior a precisão do RSSI. Em relação ao nível, nota-se que quanto mais próximo os nós se encontram, maior a precisão.

Figura 4 – Erro Euclidiano em relação a posição esperada

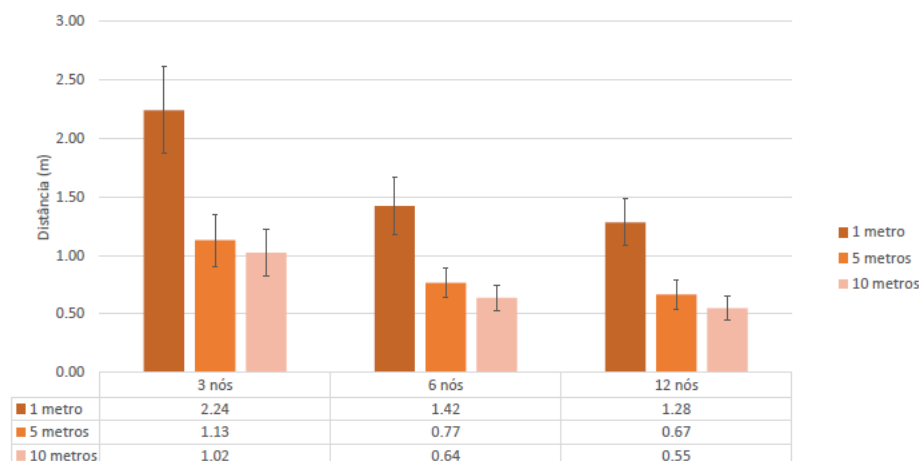


Fonte: Autoria própria (2020).

O resultado apresentado nessa seção, foi desenvolvido em parceria com Ângelo Spinardi Netto, sendo a técnica TOA aplicada aos mesmos cenários da pesquisa atual apresentada.

Na Figura 5 é apresentado o erro euclidiano da técnica *Time of Arrival* (TOA). Pode-se observar que a precisão do RSSI na Figura 4 é maior pois o distúrbio é acrescido nos valores medidos de potência enquanto que no TOA o distúrbio está presente nos tempos de recepção de cada pacote. Nota-se comportamentos opostos em relação às distâncias menores (níveis de cada fator).

Figura 5 – Erro Euclidiano em relação a posição esperada aplicado à técnica TOA



Fonte: Ângelo Spinardi Netto (2020).

CONCLUSÃO

Diante das discussões e comparações apresentada nesse trabalho, pode-se notar que a técnica de localização baseada em RSSI tem uma maior precisão da posição desconhecida comparada à técnica TOA para as configurações desses experimentos. Lembrando-se que o atual trabalho foi inteiro desenvolvido em ambiente de simulação Omnet++ com *framework* INET. Nota-se que o tempo para o cálculo de distância e o cálculo da trilateração é significativamente baixo, fazendo deles métodos passíveis de serem implementados e usados.

Recomenda-se para trabalhos futuros a análise do comportamento quando há movimento entre os nós e também considerando as interferências do ambiente utilizando-se de protótipos físicos e com avaliação dos seus respectivos custos computacionais já que se trabalha com equipamentos com limitação de processamento.

REFERÊNCIAS

AAMODT, K. CC2431 location engine, p. 1-19, 2006. Disponível em:
<http://application-notes.digchip.com/001/1-2091.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL ANAC. Drones: Perguntas frequentes, 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/drones>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BARDWELL, J. Converting Signal Strength Percentage to dBm Values. **WildPackets, Inc**, p. 1-12, 2002.

CHAVES, A. A.; LA SCALEA, R. A. Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Joao Pessoa-PB, Brasil, n. 25, 2015. Disponível em:
<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.16.00.42/doc/p1143.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

CHEONG, P. et al. Synchronization, TOA and position estimation for low-complexity LDR UWB devices. **2005 IEEE International Conference on Ultra-Wideband**, Switzerland, 2005. 480-484. Disponível em:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1570035>. Acesso em: 25 ago. 2020.

GOLDONI, E. et al. Experimental analysis of RSSI-based indoor localization with IEEE 802.15.4. **2010 European Wireless Conference (EW)**, Lucca, 12 abr. 2010. 71-77. Disponível em:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5483396/authors#authors>. Acesso em: 23 ago. 2020.

HAWKINS, A. TheVerge. **Uber unveils a new look for its food delivery drones**, 28 out. 2019. Disponível em:
<https://www.theverge.com/2019/10/28/20936410/uber-eats-food-delivery-drone-design>. Acesso em: 24 ago. 2020.

JAIN, R. **The Art Of Computer Systems Performance Analysis: Techniques For Experimental Measurement, Simulation, And Modeling**. [S.l.]: Wiley India Pvt. Limited, 2008. 716 p. ISBN 9788126519057.

LAU, E.-E.-L. et al. Enhanced Rssi-Based High Accuracy Real-Time User Location Tracking System for Indoor and Outdoor Environments. **2007 International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007)**, Gyeongju,

2008. 534-548. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4420422>. Acesso em: 23 ago. 2020.

OPENSIM LTD. **INET Framework Developer's Guide**. Disponível em: <https://inet.omnetpp.org/docs/developers-guide/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

QUAN, ; HERRMANN, ; SOLIMAN,. Project Vulture: A Prototype for Using Drones in Search and Rescue Operations. **2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)**, Santorini Island, 2019. 619-624. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8804846>. Acesso em: 18 ago. 2020.

VARGA, A. OMNeT++. In: WEHRLE, ; GÜNEŞ, ; GROSS, J. **Modeling and Tools for Network Simulation**. Heidelberg: Springer, 2010. Cap. 3, p. 35-59. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-12331-3_3#citeas. Acesso em: 28 jul. 2020.

VASSEUR, J.-P.; DUNKELS, A. **Interconnecting smart objects with ip**: The next internet. Burlington: Morgan Kaufmann, 2010. 432 p.

ZHANG, et al. Localization Technologies for Indoor Human Tracking. **2010 5th International Conference on Future Information Technology**, Busan, 2010. 1-6. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5482731/>. Acesso em: 20 ago. 2020.