

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### UMA ARQUITETURA PARA GERENCIAMENTO DE ESTAÇÕES GNSS

PEDRO H. A. ALONSO<sup>1</sup>, CÉSAR A. SILVA<sup>2</sup>, BRUNO C. VANI<sup>3</sup>, ALISON O. MORAES<sup>4</sup>,  
MOISES J. S. FREITAS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso Bacharelado em Ciências da Computação, IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, phaalonso@gmail.com

<sup>2</sup> Docente da área de informática do IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, cesar@ifsp.edu.br

<sup>3</sup> Docente da área de informática do IFSP, Câmpus Presidente Epitácio, brunovani@ifsp.edu.br

<sup>4</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE e Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, aom@ita.br

<sup>5</sup> Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, freitas@ita.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.04.02-9 Arquiteturas de Sistemas de Computação

**RESUMO:** O Sistema Global de Navegação via Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System) é formado por um conjunto de satélites que permitem que os dispositivos na superfície terrestre obtenham sua posição quase em qualquer parte da Terra. Embora esse sistema esteja em constante expansão, existem algumas regiões que possuem problemas de sinal que são causados pelos efeitos atmosféricos. As estações GNSS são usadas para monitorar os sinais dos satélites a fim de identificar regiões onde estão ocorrendo degradação do sinal. As estações comerciais chegam a custar vinte mil dólares. Já existem trabalhos que desenvolveram estações GNSS de baixo custo, porém pouco tem se falado no sistema para gerenciamento dessas estações. Neste trabalho é proposta uma arquitetura de software para gerenciamento de uma estação GNSS de baixo custo, permitindo controlar e armazenar os dados coletados, controlar o acesso, gerenciamento remoto e disponibilizar os dados em um servidor com alta capacidade de armazenamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** monitoramento de sinais de satélites, estação de baixo custo, degradação do sinal.

### AN ARCHITECTURE FOR MANAGEMENT OF GNSS STATIONS

**ABSTRACT:** The Global Navigation Satellite System (GNSS) is made up of a set of satellites that allow devices on the Earth's surface to obtain their position almost anywhere on Earth. Although this system is constantly expanding, there are some regions where signal problems are caused by atmospheric effects. GNSS stations are used to monitor satellite signals in order to identify regions where signal degradation is occurring. Commercial stations can cost twenty thousand dollars. There are already works about developing low-cost GNSS stations, but little has been said about the system for managing these stations. This work proposes an architecture for managing a low-cost GNSS station, allowing the control and storage of data collected on the station, controlling access, allowing remote management and making the data available on a server with high storage capacity.

**KEYWORDS:** satellite signal monitoring, low cost station, signal degradation.

## **INTRODUÇÃO**

O Sistema Global de Navegação via Satélite (GNSS) é composto por um conjunto de satélites geostacionários pertencentes a diversas nações, os quais realizam a comunicação com dispositivos pertencentes na superfície terrestre através de sinais de rádio. Embora seja um dos melhores métodos de comunicação, existem alguns fenômenos responsáveis pela perda do sincronismo entre a estação e o satélite e com isso pode causar imprecisões ou impedir o cálculo de uma geolocalização (VANI, 2014).

Uma das principais causas da interferência de sinal no território brasileiro é a cintilação ionosférica, fenômeno conhecido pelas suas rápidas variações na amplitude e/ou fase de sinal de rádio, enquanto esse se propaga por irregularidades na densidade de elétrons e bolhas de plasmas presentes na ionosfera (VANI, 2014).

Segundo Caldeira et al. (2020) o efeito fonte (Fountain Effect) é uma das principais causas da presença de bolhas de plasma no território brasileiro, as bolhas chegam no território devido a um deslocamento que inicia-se no equador magnético, região com maior radiação solar e portanto grande variações na densidade de elétrons, onde as bolhas de plasmas ganham altitude e iniciam um movimento de descida seguindo o efeito do campo magnético em conjunto as ações da gravidade e do gradiente de pressão, e dessa forma indo para as regiões aos redores do equador magnético.

As causas da interferência do sinal pode variar de acordo com diversos fatores, sendo importante monitorar uma grande área para a aquisição de dados utilizados em estudos futuros, entretanto, uma estação de monitoramento possuem custos elevados e como alternativa, buscamos fornecer suas funcionalidades em um protótipo de baixo custo.

Muitos trabalhos científicos tem explorado o monitoramento de sinais de satélites para identificar regiões com cintilações ionosféricas, porém, nota-se que o desenvolvimento de soluções para gerenciamento e controle de estações GNSS de baixo custo é incipiente. Este trabalho vem contribuir para o avanço de soluções para a área de monitoramento de sinais de satélites a fim de melhorar e facilitar a administração das estações GNSS.

Portanto, sendo necessário elaborar uma arquitetura de software para uma solução que possua a capacidade de lidar com o alto volume de informações geradas por um receptor GNSS, ao mesmo tempo que possua a capacidade de calcular os índices de cintilações ionosféricas, armazenar as informações obtidas localmente em um ambiente com restrições computacionais (memória, processamento e espaço de armazenamento de dados).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização do trabalho foi utilizado o protótipo Ionik (segunda versão). A primeira versão do protótipo, desenvolvida por Bragaia e Moraes (2017), era composta por um microcontrolador Arduino, um módulo e uma antena GPS (Global Position System). Embora este cumpria com as funções projetadas, apresentava restrições na utilização de serviços de internet e meios de comunicação, além do que era composto por um processador bem restrito. Buscando aliviar estes problemas, Freitas (2019) desenvolveu a segunda versão do protótipo, substituindo o microcontrolador Arduino pelo Raspberry Pi.

A utilização do Raspberry Pi, trouxe diversas vantagens ao protótipo devido a possibilidade de utilizar um sistema operacional baseado em Linux, diversas linguagens de programação, assim como a instalação de bancos de dados e vários outros programas e/ou bibliotecas de desenvolvimento.

O desenvolvimento da arquitetura para gerenciamento e monitoramento da estação GNSS foi iniciado através de um levantamento bibliográfico sobre estações GNSS, arquiteturas e sistemas de monitoramento. Em seguida, foi feito o levantamento de requisitos com dois membros do grupo de pesquisa GNSS-NavAer da Unesp de Presidente Prudente-SP sobre as funcionalidades que a estação de monitoramento deve fornecer, e então iniciou-se análise do sistema atual, especificação do projeto, implementação e testes. Uns dos requisitos não funcionais levantados, é a necessidade de lidar com alta taxa de amostragem dos sinais recebidos pelo módulo GPS (10Hz) e que os dados coletados e processados necessitam ser armazenados no dispositivo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do levantamento bibliográfico não foram encontrados trabalhos sobre arquitetura ou sistemas de monitoramento de estações GNSS, as informações mais próximas ao assunto encontradas se tratavam de protocolos de comunicação ou arquiteturas relacionadas a outros tipos de sistemas de monitoramento.

Na Figura 1, pode ser observado a visão arquitetural da estrutura de monitoramento e gerenciamento da estação, podendo observar que é composta por três módulos principais os quais estão destacados na cor laranja. Respectivamente da esquerda para a direita, temos o módulo GNSS, responsável pelo recebimento de informações GNSS e fornece as informações para o sistema através de uma porta USB. As informações recebidas pelo sistema são lidas pelo módulo *DataProvider*, através do arquivo disponibilizado pelo sistema operacional Linux, este módulo é responsável por filtrar e distribuir os dados para outras partes do sistema, sendo então, consumido por um ou mais clientes (internos ou externos) que através das informações recebidas, realizam o cálculo do índice de cintilação ionosférica e armazenam as informações na base de dados. Por fim, temos o Express (*backend*) fornecendo uma *Application Programming Interface* (API) para possibilitar o controle e monitoramento remoto dos módulos do sistema.

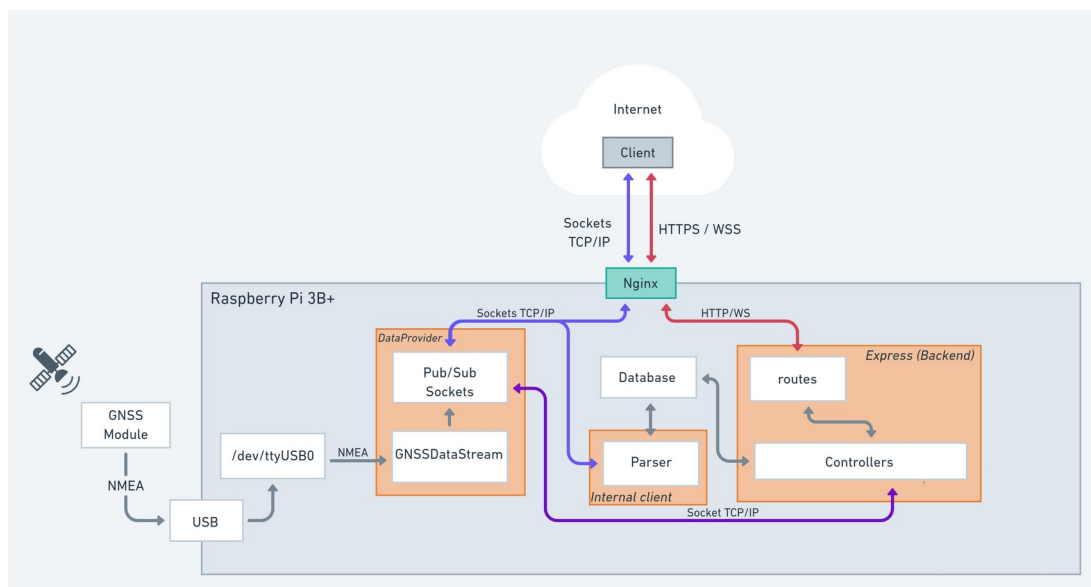


FIGURA 1. Visão arquitetural da estrutura de uma solução para gerenciamento e controle da estação GNSS.

O sistema utiliza-se de Sockets TCP/IP para transmissão de mensagens entre módulos do sistema, ou para dispositivos da rede externa que estejam conectados a estes. Sendo utilizado do protocolo HTTP para a comunicação entre a API fornecida pelo Express (Backend) para dispositivos que buscam monitorar e gerenciar a estação, uma conexão HTTP pode sofrer um “aprimoramento” e se transformar em um Websockets (WS), o qual é utilizado para transferir informações sobre o uso da CPU, e RAM em tempo real.

O controle das mensagens do módulo *DataProvider* foi implementado com base no modelo de troca de mensagens *Publish/Subscribe*. Assim, permitindo ao consumidor escolher qual tipo de dados possui interesse, e a partir desse momento pode receber apenas os dados escolhidos. Nota-se que o uso de Socket não substitui o uso de Websockets devido a restrições de quais protocolos uma página web possui acesso.

O Internal Client é um módulo interno de consumo de informações disponibilizadas pelo *DataProvider*, responsável por receber as dados através do Socket TCP/IP e realizar o armazenamento dos dados tanto na sua forma “pura”, quando a informações sobre o índice de cintilação ionosférica.

Na estrutura da solução está sendo utilizado o *web server* Nginx como uma proxy reversa para intermediar os pacotes de dados trocados durante a comunicação dos serviços internos e seus consumidores presentes na rede externa. Facilitando oferta de diversos serviços em endereços

customizados, assim como a possibilidade de utilizar *Secure Socket Layer* (SSL) com menores impactos na performance.

As restrições computacionais do Raspberry Pi são um dos principais problemas durante o desenvolvimento, devido a necessidade de lidar com cerca de 300 mensagens recebidas por segundo através do módulo GPS, calcular alguns índices e armazenar as informações no banco de dados. Por esse motivo foi escolhido o interpretador JavaScript Node.js como base do projeto, o que permite lidar nativamente com tarefas assíncronas.

## CONCLUSÕES

A arquitetura está sendo implementada e durante os testes iniciais comprovou-se que a arquitetura possui a capacidade de lidar com o alto fluxo de mensagens recebidas, no entanto, há necessidade de realizar mais testes em relação à comunicação com os clientes internos e externos. Como trabalho futuro pretende-se avaliar a arquitetura desenvolvida na estação GNSS localizada no IFSP – Câmpus Presidente Epitácio, de modo a analisar o desempenho dos módulos projetados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSP – Câmpus Presidente Epitácio pela infraestrutura e suporte fornecidos. Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Tecnologia GNSS no Suporte à Navegação Aérea (INCT GNSS - NavAer), financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte à realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BRAGAIA, I.; MORAES, A.O. Desenvolvimento de um monitor de cintilação ionosférica de baixo custo e seu uso em uma rede de larga escala para aprimoramento na modelagem do território brasileiro. Instituto de Aeronáutica e Espaço. 2017. Disponível em <<https://www.iae.cta.br/index.php/anais/category/24-xiii-enic?download=402:igor-bragaia&start=30>>. Acesso em 4 de set. de 2021.

CALDEIRA, M.C.O.; CALDEIRA, C.R.T.; CEREJA, S.S.A.; ALVES, D.B.M.; AGUIAR, C.R. Evaluation of the GNSS positioning performance under the influence of the ionospheric scintillation. 2020. Bol. Ciênc. Geod., 26 (03), 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1982-21702020000300014>>. Acesso em 1 de set. de 2021.

FREITAS, M.J.S. Contribuições no desenvolvimento e validação de monitores de cintilação GPS: uma abordagem alternativa de baixo custo para uso em larga escala. 2019. 87 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

VANI, B.C. Análise da cintilação ionosférica no Brasil empregando GNSS e técnicas de mineração e visualização de dados. 2014. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014. Disponível em <[http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d\\_vani\\_bc.pdf](http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d_vani_bc.pdf)>. Acesso em 8 de set de 2021.