

# Implementação de um sistema ADS-B através de técnicas de Rádio Definido por Software

RESUMO EXPANDIDO - Disciplina de TCC290009

**Lucas Lucindo Vieira**

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

**Roberto Wanderley da Nóbrega**

Professor orientador

Semestre 2018-1

**Resumo-** Os atuais sistemas de tráfego aéreo operam através de sistemas de radares primários e secundários. Dentre os secundários, uma das tecnologias mais utilizadas na aviação civil mundial é o Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B). Esse sistema é capaz de enviar informações sobre a aeronave através do seu envio em broadcast. Este trabalho pretende desenvolver um receptor e um transmissor ADS-B através de técnicas de rádio definido por software (SDR), utilizando ferramentas como GNU Radio, além de periféricos específicos para aplicações de SDR. Atualmente foi desenvolvido um transmissor ADS-B na plataforma GNU Radio, com suporte de códigos externos em Python. O módulo foi testado utilizando um periférico SDR chamado HackRF, um dongle RTL-SDR, além de uma ferramenta open source chamada dump1090. Pretende-se, portanto, desenvolver um receptor ADS-B na plataforma GNU Radio, testar a comunicação entre transmissor e receptor e disponibilizar o sistema completo na plataforma GitHub.

**Palavras-chave:** SDR. Sistemas de Radares. Processamento de sinais digitais.

## 1 Introdução

Antes da popularização dos radares na década de 50, o mapeamento das aeronaves no espaço aéreo era feito pela tripulação de cada aeronave e transmitido para os controladores de tráfego aéreo (*Air Traffic Controllers*, ATCs) (ELOFSON et al., 2018). Com o aperfeiçoamento dos radares, o mapeamento deixou de ser feito pelas aeronaves e se concentrou nos ATCs.

Os primeiros radares empregados com essa finalidade nos ATCs foram chamados de radares de vigilância primários (*Primary Surveillance Radars*, PSRs) (ELOFSON et al., 2018). De modo geral, um PSR indica a posição de um objeto através

da diferença dos tempos de propagação de ida e volta de uma onda eletromagnética nele refletida (ICAO, 2007). Esse tipo de radar fornece aos ATCs uma imagem do espaço aéreo ao redor, onde os aviões são representados através de pontos em uma tela (AMERICAN; NACC, 2014).

A evolução do controle de tráfego aéreo ocorreu com o uso conjunto dos PSR com os radares de vigilância secundários (*Secondary Surveillance Radars*, SSRs). Diferentemente dos sistemas PSR, os SSR não identificam aeronaves através de ondas eletromagnéticas refletidas, mas sim de mensagens enviadas por um transmissor, chamado de interrogador, para alvos equipados com *transponders*<sup>1</sup> com capacidade de responder através de dados codificados (ICAO, 2007). Os transmissores SSR podem requisitar informações das aeronaves alvo de diversas formas, chamadas de modos de interrogação. Os modos de interrogação mais comuns são os Mode A, Mode C e Mode S. Cada um destes gera uma resposta diferente da aeronave. O Mode A requisita a identificação da aeronave, o Mode C solicita a altitude e o Mode S requisita inúmeras informações, inclusive identificação e altitude, portanto, pode substituir os Modos A e C. Com a adoção de *transponders* Mode S, além das aeronaves serem diferenciadas através de identificações únicas, atreladas ao seu registro, também foi possível identificar a altitude de cada uma delas (ICAO, 2007).

Antes dos anos 2000, as tecnologias de controle de tráfego aéreo tiveram progresso apenas do ponto de vista dos controladores. Essa abordagem, ainda que bem sucedida, servia apenas para locais onde existiam controladores aéreos (ELOFSON et al., 2018). Portanto, a necessidade de alguma tecnologia que pudesse ser implantada em ambas as pontas (controlador e aeronave) se tornou cada vez maior, principalmente considerando-se que com o desenvolvimento da aviação mundial, o tráfego aéreo se tornou mais intenso em áreas que eram cobertas por ATCs. Para resolver esse problema, a FAA (*Federal Aviation Administration*) lançou em 2002 a primeira versão do ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance - Broadcast*), através do padrão DO-242<sup>2</sup>. Adicionalmente, lançou um padrão para *transponders* que suportariam o ADS-B (Mode S 1090 MHz ES [*Extended Squitter*]). Vale ressaltar que “[...] Nesse contexto, enquanto tecnologia, o ADS-B é uma atualização do SSR, o qual se espera ser inutilizado e dar lugar ao ADS-B como tecnologia principal, já em termos de mensagens, o ADS-B é uma extensão do Mode S” (ELOFSON et al., 2018, p. 2, tradução nossa).

O ADS-B é um sistema que utiliza os meios de comunicação das aeronaves para transmitir informações precisas de posição geográfica, altitude, identificação de voo, registro do avião, velocidade e outras informações que possam ser retiradas da aviônica<sup>3</sup> da aeronave (ICAO, 2007). Além disso, o ADS-B utiliza quadros Mode S para encapsular suas informações, porém, não é necessário nenhum tipo de interrogação

---

<sup>1</sup>É um dispositivo de uma aeronave que possui a capacidade de transmitir e receber sinais de rádio. (CROCKER, 2005)

<sup>2</sup>O DO-242 é um padrão que define a performance mínima de um sistema ADS-B. Disponível em: <<https://standards.globalspec.com/std/1011388/rtca-do-242>>

<sup>3</sup>É a junção das palavras avião e eletrônica. Essa palavra se refere aos sistemas eletrônicos de uma aeronave. (CROCKER, 2005)

para que ocorra o *broadcast* das informações.

Os componentes de um sistema ADS-B podem ser divididos em duas partes: ADS-B *out* e ADS-B *in*. Os dispositivos ADS-B *out* transmitem informações para as estações terrestres ATC e para outras aeronaves equipadas com dispositivos ADS-B *in*. Já os dispositivos ADS-B *in* possuem a capacidade de receber informações enviadas por componentes ADS-B *out*, sejam elas provenientes de aeronaves ou de estações terrestres. Em suma, o ADS-B *out* tem função de transmissor e o ADS-B *in* de receptor.

Segundo (ELOFSON et al., 2018), as informações transmitidas pelo ADS-B podem ser retransmitidas por torres ATC. O tráfego gerado por esse tipo de serviço é chamado de *Traffic Information Services - Broadcast* (TIS-B). As aeronaves podem receber essa informação de forma indireta (TIS-B) ou diretamente e utilizá-las para diversos fins, como por exemplo reduzir a distância entre as aeronaves. Outro serviço oferecido pelo ADS-B, chamado de *Flight Information Services - Broadcast* (FIS-B), provê à aeronave informações relativas ao tempo ou outras informações como *Air Travel Information Service* (ATIS)<sup>4</sup> e *Notes to Airmen* (NOTAMS)<sup>5</sup> (FAA, 2010).

Segundo (COSTIN; FRANCILLON, 2014), dado o grande impacto do ADS-B no tráfego aéreo, faltam ao sistema ADS-B alguns mecanismos de segurança, como autenticação de entidades para prevenir injeção de dados por terceiros não autorizados, assinatura de mensagem para impedir adulteração de mensagens, além de criptografia nas mensagens para evitar *eavesdropping*<sup>6</sup>.

A FAA possui um planejamento de modernização da aviação civil americana chamado de *NextGen*, cujo objetivo é “[...] aumentar a segurança, eficiência, capacidade, previsibilidade e resiliência da aviação americana.” (FAA, 2018b, s.p., tradução nossa). Uma das diretivas do *NextGen* é que as aeronaves que operam no espaço aéreo norte americano possuam equipamentos com suporte ao ADS-B *out* até 1º de janeiro de 2020 (FAA, 2018a). Além disso, “[...] A FAA (EUA) estima que a implementação ocorrerá durante o período 2006–2035. Em termos financeiros, os gastos totais projetados para o momento excedem USD \$1176M e estima-se um custo multibilionário até o final da implantação. Apesar de falta de dados públicos da EUROCONTROL (UE) e CASA (Austrália) relacionados aos custos de implementação do ADS-B, assume-se que os investimentos em tempo e dinheiro devam ser semelhantes.” (COSTIN; FRANCILLON, 2014, p.3, tradução nossa). No Brasil, em 2013, a ANAC publicou uma emenda definindo a obrigatoriedade no uso de *transponders* Mode S nas aeronaves que operam exclusivamente no Brasil (ANAC, 2018). Em 2015, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) anunciou a finalização da infraestrutura para operação do ADS-B na Baía de Campos. Foram instaladas seis estações receptoras dos sinais ADS-B, sendo quatro sobre plataformas marítimas, no oceano Atlântico, e duas em

<sup>4</sup>ATIS é um serviço de *broadcast* contínuo de informações essenciais para as aeronaves. Essas informações podem ser informações sobre aeroportos próximo a aeronave, como temperatura, condição de voo, neblina, entre outros (FAA, 2009).

<sup>5</sup>NOTAMS são informações enviadas aos pilotos sobre acontecimentos que possam oferecer risco à segurança da aeronave.

<sup>6</sup>Termo utilizado para a escuta uma conversa privada sem autorização (KUROSE; ROSS, 2013).

terra firme (DECEA, 2018).

Apesar da importância do sistema ADS-B e sua evidente expansão no mundo, os dispositivos com suporte ADS-B vendidos para aplicações menores, sejam elas comerciais ou para propósitos científicos, costumam ser caros. Um exemplo de dispositivo comercial é o SkyBeacon<sup>7</sup> que tem um preço médio de USD \$1500. Ademais, uma plataforma muito utilizada para desenvolvimento de sistemas de telecomunicações, o GNU Radio, possui apenas projetos esparsos de receptores ou transmissores ADS-B, sem unir os módulos em um único projeto. Tendo em vista o custo elevado dos produtos comerciais que dão suporte ao ADS-B e a falta de projetos *open source* que poderiam facilitar o acesso para estudo dessa tecnologia, propõe-se o desenvolvimento de um sistema ADS-B (transmissor e receptor) através da plataforma GNU Radio.<sup>8</sup>

Este trabalho objetiva, portanto, o estudo do sistema ADS-B em nível de implementação, o desenvolvimento de blocos no GNU Radio para um transmissor e receptor que possam trabalhar em *hosts* diferentes, além de testes unitários e de integração de cada entidade do sistema.

## 2 Metodologia

Apesar da importância do sistema ADS-B e sua evidente expansão no mundo, algumas ferramentas *open source* utilizadas no meio tecnológico possuem implementações avulsas desse sistema, onde ora implementam módulos de um transmissor ADS-B, ora implementam apenas módulos de um receptor. Sabendo da carência de projetos *open source* que dão suporte ao ADS-B, propõe-se o desenvolvimento de um sistema de transmissão e recepção ADS-B através da plataforma GNU Radio. Em suma, esse sistema deverá ser implementado utilizando técnicas de rádio definido por software (SDR) através de códigos em Python, abstraídos em blocos na plataforma GNU Radio. Além do mais, o transmissor e receptor devem trabalhar em *hosts* diferentes e serem completamente integrados.

Para alcançar os objetivos propostos por este trabalho, as metas foram divididas em 5 etapas e devem ser cumpridas de acordo com o cronograma da Tabela 1:

- M1 - Implementação de um transmissor ADS-B em Python, abstraído em blocos do GNU Radio. Esse transmissor deverá ser capaz de enviar as mensagens ADS-B definidas no Anexo ??, através de um periférico chamado HackRF.
- M2 - Implementação de um receptor ADS-B através de blocos do GNU Radio, que seja capaz de receber mensagens ADS-B através de um *dongle* RTL-SDR.
- M3 - Testes de integração entre os módulos de recepção e transmissão desenvolvidos.

---

<sup>7</sup>Disponível em: <<https://www.uavionix.com/products/skybeacon/>>.

<sup>8</sup>Disponível em: <<https://www.gnuradio.org/>>.

- M4 - Disponibilizar ambos os módulos em uma único repositório utilizando a plataforma GitHub.
- M5 - Elaboração de um documento final.

**Tabela 1 - Cronograma**

Meta	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M1	X	X					
M2		X	X	X			
M3				X	X		
M4					X		
M5						X	X

### 3 Resultados e Discussão

#### 4 Considerações Parciais/Finais

#### Referências

AMERICAN, T. N. A. C.; NACC, C. D. O. C. A. Air traffic management: A guide to global surveillance. In: NACC. [S.I.]: THE NORTH AMERICAN CENTRAL AMERICAN AND CARIBBEAN DIRECTORS OF CIVIL AVIATION, 2014.

ANAC, A. N. de A. C. *Regulamento brasileiro da aviação civil*. 2018. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2013/aud06/anexo.pdf>>.

COSTIN, A.; FRANCILLON, A. Ghost in the Air(Traffic): On insecurity of ADS-B protocol and practical attacks on ADS-B devices. 2014.

CROCKER, D. *Dictionary of Aviation*. 2. ed. [S.I.]: Bloomsbury Publishing Plc, 2005. ISBN 9781408102268.

DECEA, D. de controle do espaço aéreo. *Entenda os benefícios do ADS-B, sistema de vigilância aérea a ser utilizado em breve no País*. 2018. Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/blog/?tag=ads-b>>.

ELOFSON, S. et al. *Straight Talk About ADS-B*. [S.I.]: Duncan Aviation, 2018.

FAA, F. A. A. *Federal Aviation Regulations/Aeronautical Information Manual 2009*. [S.I.]: Skyhorse Publishing, 2009.

FAA, F. A. A. *AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE— BROADCAST (ADS-B) OUT PERFORMANCE REQUIREMENTS TO SUPPORT AIR TRAFFIC CONTROL (ATC) SERVICE*. Final rule. [S.I.], 2010.

FAA, F. A. A. *New Technology*. 2018. Disponível em: <[https://www.faa.gov/nextgen/how\\_nextgen\\_works/new\\_technology/](https://www.faa.gov/nextgen/how_nextgen_works/new_technology/)>.

FAA, F. A. A. *What is NextGen?* 2018. Disponível em: <[https://www.faa.gov/nextgen/what\\_is\\_nextgen/](https://www.faa.gov/nextgen/what_is_nextgen/)>.

ICAO, I. C. A. O. Guidance material on comparison of surveillance technologies (gmst). 2007.

KUROSE, J.; ROSS, K. *Computer Networking: A Top-Down approach*. 6. ed. [S.l.]: Pearson, 2013. ISBN 9788582603727.