

Grupo 3 – trabalho experimental envolvendo o processamento e análise de dados

OBJETIVO

Pretende-se familiarizar os alunos com o processamento e análise de dados, gerados por sistemas de instrumentação vulgarmente utilizados em ensaios em voo.

DESCRIÇÃO DO TRABALHO

A cada grupo são entregues três ficheiros, diferentes para cada grupo, que devem ser processados de acordo com o indicado neste enunciado. O relatório final deverá conter: as listagens dos programas desenvolvidos e utilizados no processamento e na análise dos dados; os resultados obtidos, sua análise e conclusões.

O ficheiro **EV_2019.1_3** contém dados recolhidos num voo de calibração de um sistema de navegação convencional.

A recolha de dados da constelação GPS e do sistema EGNOS foi realizada por intermédio de um recetor embarcado SEPTENTRIO POLARX2, ligado a uma antena NOVATEL L1/L2 GPSAANTENNA MODEL 512 REV. 2. Os dados foram recolhidos ao ritmo de 1 Hz e foram gravados na memória interna do recetor. Para obtenção da trajetória de referência, ou trajetória “verdadeira” da aeronave, foi utilizado o programa TOTAL TRIMBLE CONTROL, da TRIMBLE, e dados obtidos em estações de referência GNSS. A solução de navegação EGNOS foi gerada após a realização do voo e utilizando o pacote de programas PEGASUS do EUROCONTROL.

O ficheiro de dados é um ficheiro de texto, utiliza como separador decimal o ponto (.), utiliza como separador entre os diversos valores o ponto-e-vírgula (;) e é constituído pelos seguintes campos:

RX_TOM – tempo da semana, em segundos

RX_WEEK – número da semana GPS

NSV_LOCK – número de satélites, incluindo geoestacionários, observados pelo recetor embarcado na aeronave

NSV_USED – número de satélites utilizados na determinação da solução de navegação EGNOS

NS_HPL – nível de proteção horizontal, expresso em metros e associado à solução de navegação EGNOS

NS_VPL – nível de proteção vertical, expresso em metros e associado à solução de navegação EGNOS

NS_LAT – latitude da solução de navegação EGNOS, expressa em graus e medida no sistema de coordenadas WGS84

NS_LON – longitude da solução de navegação EGNOS, expressa em graus e medida no sistema de coordenadas WGS84

NS_ALT – altitude da solução de navegação EGNOS, expressa em metros e medida relativamente ao elipsoide WGS84

NS_VE – componente horizontal da velocidade na direção Este, expressa em metros por segundo

NS_VN – componente horizontal da velocidade na direção Norte, expressa em metros por segundo

NS_VU – velocidade vertical, expressa em metros por segundo

REF_LAT – latitude da posição “verdadeira” da aeronave, expressa em graus e medida no sistema de coordenadas WGS84

REF_LON – longitude da posição “verdadeira” da aeronave, expressa em graus e medida no sistema de coordenadas WGS84

REF_ALT – altitude da posição “verdadeira” da aeronave, expressa em metros e medida relativamente ao elipsoide WGS84.

Utilizando estes dados, pretende-se que efetuem a avaliação do desempenho do sistema de navegação EGNOS, de acordo com os requisitos impostos pelo ICAO e definidos no documento *Standards and Recommended Practices* (SARPs). De acordo com este documento, são definidos três modos de operação para um sistema de aumento por satélite (*Satellite Based Augmentation System* - SBAS):

- *Precision Approach Flight Phase Category I* (CAT-I);
- *Flight Non-Precision Approach with Vertical Guidance II* (APV-II);
- *Flight Non-Precision Approach with Vertical Guidance I* (APV-I).

Para cada um destes modos de operação são definidos os correspondentes limites de desempenho.

Exatidão (*accuracy*) - A exatidão é quantificada pelos erros de navegação horizontal (*Horizontal Navigation Error* – HNE) e vertical (*Vertical Navigation Error* - VNE). Os correspondentes percentil 95 das amostras obtidas devem verificar os seguintes limites:

Modo de operação	HPE (95%)	VPE (95%)
APV-I	16 m	20 m
APV-II	16 m	8 m
CAT-I	16 m	5 m

Integridade (*integrity*) - A integridade é quantificada pelos níveis de proteção horizontal (*Horizontal Protection Level* – HPL), vertical (*Vertical Protection Level* - VPL) e pela sua relação com os correspondentes erros de navegação. Os percentis 99 dos níveis de proteção das amostras obtidas devem verificar os seguintes limites, que são definidos como níveis de alerta horizontal (*Horizontal Alert Level* – HAL) e vertical (*Vertical Alert Level* – VAL):

Modo de operação	HAL	VAL
APV-I	40 m	50 m
APV-II	40 m	20 m
CAT-I	40 m	12 m

Há a ocorrência de um evento de integridade se, num determinado instante de tempo, o erro de navegação for superior ao correspondente nível de proteção. Estes eventos devem ser contabilizados e identificados, para posterior análise.

Disponibilidade (*availability*) – A disponibilidade é definida como a percentagem de tempo, relativamente ao período de análise, em que o sistema de navegação permite um determinado modo de operação. Para o efeito, considera-se que o sistema de navegação permite um determinado modo de operação sempre que os níveis de proteção forem inferiores aos correspondentes níveis de alerta, definidos anteriormente. De acordo com os requisitos impostos pelo ICAO, para cada modo de operação a disponibilidade deve ser superior a 99%.

Continuidade (*continuity*) – A validação da continuidade do serviço disponibilizado é feita pela contabilização dos eventos de continuidade, isto é, pela contagem dos períodos de tempo em que o sistema exibiu disponibilidade para cada um dos modos de operação. A título de exemplo, se o sistema nunca esteve disponível, o número de eventos de continuidade será zero. Caso tenha estado sempre disponível o número de eventos de continuidade será um.

Com base nestes dados e informação, devem efetuar as seguintes ações:

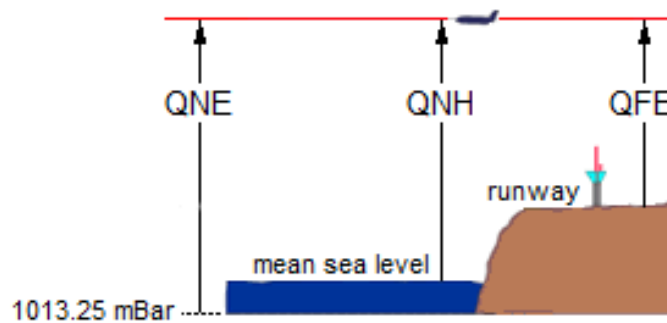
1. determinar os erros do sistema de navegação EGNOS, no plano horizontal (*Horizontal Position Error* – HPE) e no eixo vertical (*Vertical Position Error* – VPE);
2. representar graficamente, em função do tempo (RX_TOM) e para o plano horizontal e para o eixo vertical, os erros do sistema de navegação, os limites de proteção e o número de satélites utilizado na obtenção da solução de navegação EGNOS;
3. determinar os correspondentes parâmetros de desempenho (exatidão, integridade, disponibilidade e continuidade);
4. identificar eventuais eventos de integridade, indicando todas as suas características que considerem relevantes;
5. apresentar e comentar os resultados obtidos.

O ficheiro **EV_2019.2_3** é um ficheiro de texto, contendo dados obtidos em voo numa aeronave DORNIER/DASSAULT ALPHA-JET. Este ficheiro de dados utiliza como separador decimal o ponto (.), utiliza como separador entre os diversos valores o ponto-e-vírgula (;) e é constituído pelos seguintes campos:

t - tempo expresso em segundos

EAS - velocidade ar equivalente (*Equivalent Airspeed* - EAS) expressa em kts

QNE - altitude barométrica QNE expressa em ft - a seguinte figura ilustra diferentes altitudes barométricas utilizadas no domínio aeronáutico



a_z - aceleração vertical expressa em m/s^2

$N2_{rh}$ - velocidade de rotação N2 do motor direito, expressa em percentagem do regime de funcionamento nominal

FF_{rh} - consumo de combustível (*Fuel Flow* - FF) do motor direito, expresso em lb/h

EGT_{rh} - temperatura dos gases de escape (*Exhaust Gas Temperature* - EGT) do motor direito, expressa em K

$N2_{lt}$ - velocidade de rotação N2 do motor esquerdo, expressa em percentagem do regime de funcionamento nominal

FF_{lt} - consumo de combustível (*Fuel Flow* - FF) do motor esquerdo, expresso em lb/h

EGT_{lt} - temperatura dos gases de escape (*Exhaust Gas Temperature* - EGT) do motor esquerdo, expressa em K.

O processamento requerido consiste nos seguintes passos:

6. representar graficamente a variação temporal de todas as grandezas medidas;
7. converter o valor da aceleração vertical medida para g – g é a aceleração da gravidade ao nível médio das águas do mar (também referida como g_0), sendo $1g = 9.80665 m/s^2$, como estabelecido pela ICAO e para uma atmosfera padrão (*International Standard Atmosphere* – ISA);
8. criar um ficheiro que contenha apenas picos e vales, isto é, extremos relativos da aceleração vertical medida e expressa em g;
9. elaborar um algoritmo para contagem de ocorrências de ciclos de aceleração vertical - é contada uma ocorrência de valor N_1 , sempre que a aceleração vertical ultrapasse primeiro o valor N_1 , sendo a contagem concluída quando o valor da aceleração vertical passa por um outro valor N_2 ;
10. implementar o algoritmo anterior para os seguintes pares de valores

$N_1 = 2.0g$	$N_2 = 1.7g$
$N_1 = 3.0g$	$N_2 = 2.7g$
$N_1 = 4.0g$	$N_2 = 3.7g$
$N_1 = 5.5g$	$N_2 = 5.2g$
$N_1 = 7.0g$	$N_2 = 6.7g$
$N_1 = 0.0g$	$N_2 = 0.3g$
$N_1 = -1.0g$	$N_2 = -0.7g$
$N_1 = -2.5g$	$N_2 = -2.2g$

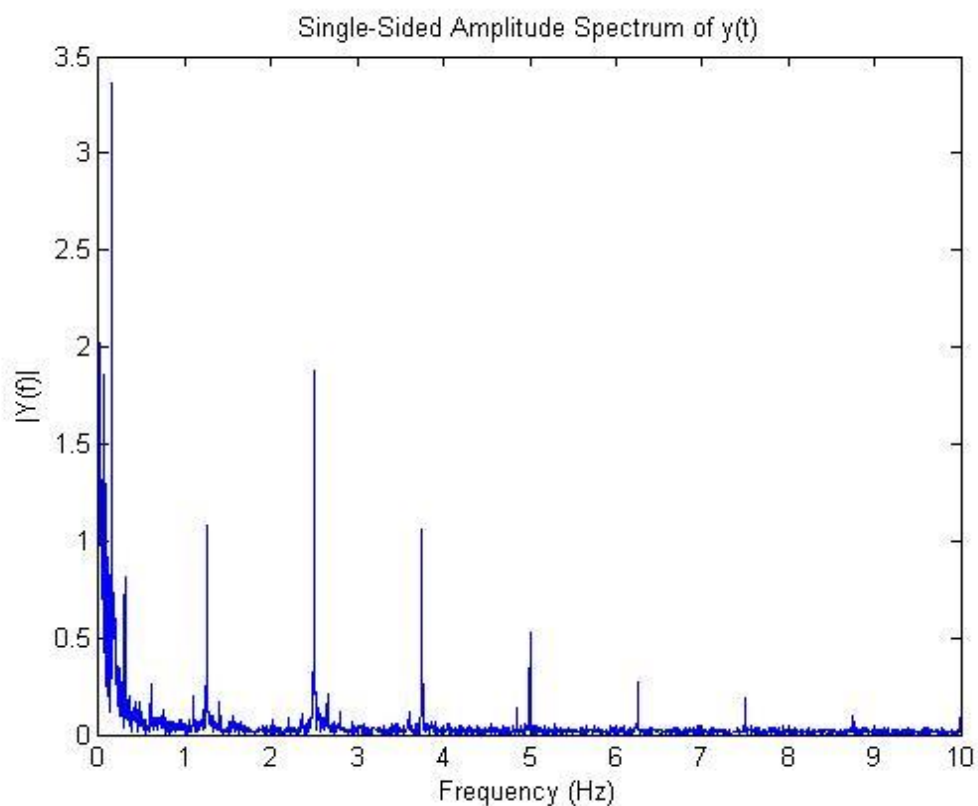
11. aplicar o algoritmo implementado sobre o ficheiro de dados criado no ponto 7;
12. apresentar e comentar os resultados obtidos.

O ficheiro **EV_2019.3_3** é um ficheiro de texto, contendo dados obtidos em laboratório e utilizando um sistema de instrumentação PCM de Classe I, de acordo com o estipulado no Capítulo 4 das normas RCC IRIG 106-17. Este ficheiro de dados utiliza como separador decimal o ponto (.), utiliza como separador entre os diversos valores o ponto-e-vírgula (;) e é constituído pelos seguintes campos:

- t - tempo expresso em segundos
- a1 - aceleração a_1 expressa em m/s^2
- a2 - aceleração a_2 expressa em m/s^2
- a3 - aceleração a_3 expressa em m/s^2
- a4 - aceleração a_4 expressa em m/s^2 .

O processamento requerido consiste nos seguintes passos:

13. representar graficamente a variação temporal das grandezas medidas;
14. determinar e apresentar o espectro unilateral de amplitude (*single-sided magnitude spectrum*) de cada um dos sinais, com a frequência expressa em Hz – a título de exemplo, a seguinte figura apresenta o espectro unilateral de amplitude de um sinal;



15. para cada sinal e para as frequências às quais há picos significativos da correspondente amplitude, determinar as correspondentes frequências e amplitudes;
16. apresentar e comentar os resultados obtidos no ponto anterior.

Apesar de já ter sido referido anteriormente, o relatório que irão produzir deverá conter, eventualmente em anexo, as listagens dos programas desenvolvidos e utilizados, no processamento e na análise dos dados.

AVALIAÇÃO

A avaliação do trabalho será essencialmente baseada na análise do relatório produzido e devidamente estruturado