

Programa Agricultura de Precisão

Sistemas de Orientação por Satélite

» Módulo 3: Tipos de sistemas de navegação
por satélite

Ficha técnica

2015. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás - SENAR/AR-GO

INFORMAÇÕES E CONTATO

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás - SENAR/AR-GO

Rua 87, nº 662, Ed. Faeg, 1º Andar: Setor Sul, Goiânia/GO, CEP:74.093-300

(62) 3412-2700 / 3412-8701

E-mail: senar@senargo.org.br

<http://www.senargo.org.br/>

<http://ead.senargo.org.br/>

PROGRAMA AGRICULTURA DE PRECISÃO

PRESIDENTE DO CONSELHO ADMINISTRATIVO

Leonardo Ribeiro

TITULARES DO CONSELHO ADMINISTRATIVO

Daniel Klüppel Carrara, Alair Luiz dos Santos, Osvaldo Moreira Guimarães e Tiago Freitas de Mendonça.

SUPLENTE DO CONSELHO ADMINISTRATIVO

Bartolomeu Braz Pereira, Silvano José da Silva, Eleandro Borges da Silva, Bruno Heuser Higino da Costa e Tiago de Castro Raynaud de Faria.

SUPERINTENDENTE

Eurípedes Bassamurfo da Costa

GESTORA

Rosilene Jaber Alves

COORDENAÇÃO

Fernando Couto Araújo

IEA - INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS S/S

Conteudistas: Renato Adriane Alves Ruas e Juliana Lourenço Nunes Guimarães

TRATAMENTO DE LINGUAGEM E REVISÃO

IEA: Instituto de Estudos Avançados S/S

DIAGRAMAÇÃO E PROJETO GRÁFICO

IEA: Instituto de Estudos Avançados S/S

Módulo 3

» Tipos de sistemas de navegação por satélite

Você lembra do Módulo 1, quando estudou que a corrida espacial disputada entre os EUA e a extinta URSS deu origem aos primeiros sistemas de orientação por satélite? Até hoje os sistemas de navegação por satélite que estão 100% operacionais e disponíveis são dominados por esses dois países: o sistema Navstar e o Glonass, pertencentes respectivamente aos EUA e à Rússia. Entretanto, outros sistemas de navegação para uso civil já estão em fase final de implantação, com destaque para o Galileo, capitaneado pela União Europeia a fim de disponibilizar um sistema de navegação por satélite totalmente civil.

Esta variedade de constelações de satélites, na prática, é positiva para o agricultor de precisão porque dá a ele mais opções de leitura para os receptores GNSS disponíveis no mercado hoje. Neste módulo, você vai conhecer particularidades de cada um destes sistemas.

Atenção! Sempre que finalizar a leitura do conteúdo de um módulo, você deve retornar ao Ambiente de Estudos para realizar a atividade de aprendizagem.

Siga em frente e faça bom proveito!



Fonte: Shutterstock



Fonte: Shutterstock

Aula 1

Sistema Navstar – GPS

Na época da Guerra Fria, uma parceria entre a Força Aérea e a Marinha dos EUA deu início ao projeto que revolucionaria o sistema de orientação por satélite: o Navstar.

Este conjunto de aparelhos sincronizados, que foi o segundo sistema de orientação por satélite a ser lançado no espaço, está operacional até hoje e é denominado Navstar-GPS.

Empregado no início para fins exclusivamente militares, o sinal possuía um erro inserido propositalmente que dificultava a aplicação do sistema para fins civis mais específicos. Entretanto, tendo em vista a pressão da sociedade em geral, o sinal passou a ser disponibilizado sem o erro. Assim, o sistema Navstar se popularizou e até hoje é amplamente utilizado.

Fique atento ao conteúdo desta aula e conheça melhor este sistema. Ao final desta aula, você deve ser capaz de:

- reconhecer os segmentos do sistema Navstar-GPS; e
- entender o funcionamento do sistema Navstar-GPS.

O sistema de navegação por satélite conhecido como Navstar-GPS deriva do termo Navigation Satellite with Time and Ranging - Global Positioning System, e é o mais popular dentre todos os sistemas de satélite existentes hoje. Ele vem sendo, portanto, amplamente utilizado na agricultura para mapeamento de colheita, amostragem de solo, automação de equipamentos, dentre outros.

O Navstar é formado por três segmentos:

- segmento espacial;
- segmento de controle; e
- segmento de usuário.

Observe na ilustração a seguir como estes segmentos se integram e na sequência conheça as particularidades de cada um deles.



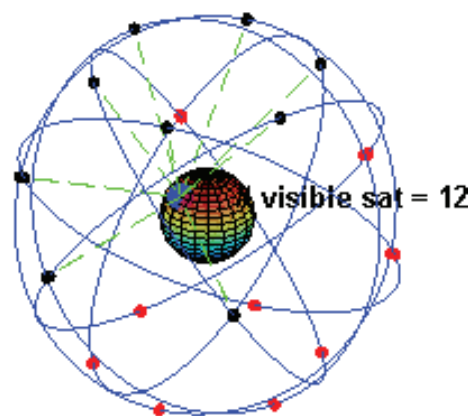
Fonte: Adaptado de GlobalSecurityOrg - www.globalsecurity.org/

Tópico 1

Segmento espacial

O segmento espacial do sistema Navstar é constituído atualmente pela constelação de 30 satélites artificiais, sendo 24 satélites operacionais e seis sobressalentes, que transmitem sinais em tempo integral para comunicação com os outros dois segmentos em terra.

A constelação de satélites do sistema Navstar está localizada a uma distância de 20.200 quilômetros da superfície terrestre, com uma geometria que possibilita que pelo menos quatro satélites estejam visíveis aos receptores GNSS em qualquer ponto da Terra durante 95% do tempo. Em alguns casos é possível que até 13 satélites possam estar visíveis em alguns receptores. Observe a animação que simula a quantidade de satélites visíveis ao mesmo tempo em um ponto único da Terra.



Fonte: Wikimedia Commons

Saiba Mais

A informação de posicionamento e hora dos satélites é emitida por meio de ondas de rádio, de forma contínua, transmitida com velocidade equivalente à velocidade da luz (300 mil km/s). Esses sinais são de baixa frequência e possuem duas bandas: L1 (uso civil) e L2 (uso ainda exclusivo militar).

Em contato com os sinais dos satélites em órbita, o **receptor** em terra consegue calcular as coordenadas geográficas onde se localiza. Quando o receptor determina a distância entre ele e três satélites, é possível estabelecer a latitude, longitude e altitude sobre a superfície terrestre. Um quarto satélite ainda permite corrigir erros na medida de tempo dos outros satélites com acurácia milimétrica.

Curiosidades sobre o Sistema Navstar

1. Os satélites do Sistema Navstar pesam em torno de 900 quilos e contam com dispositivos capazes de realizar outras tarefas, como a transmissão de sinais de comunicação e também o registro de hora.
2. A energia elétrica que aciona os satélites é oriunda de painéis solares que estabilizam a órbita, juntamente com dispositivos de reação controlados por magnetos de alta potência. Os aparelhos também possuem baterias para os períodos sem radiação solar. Devido à necessidade de economizar energia, as manobras de ajustes de órbitas são realizadas de forma lenta, levando semanas ou meses, período em que o sinal do satélite pode apresentar erros maiores.
3. O momento de saída dos sinais é registrado por meio de relógios atômicos. Esses relógios são movidos a quartzo e realizam ajustes com base na vibração de átomos, que ocorre bilhões de vezes durante apenas um segundo. Dessa forma, eles são extremamente precisos, gerando erros diários de, no máximo, um ou dois bilionésimos de segundo por dia. A hora de chegada do sinal nos receptores GPS é registrada em relógios menos precisos, mas bastante estáveis, possibilitando captar sinais continuamente.

Tópico 2

Segmento controle

O segmento de controle em terra é o responsável por manter tudo funcionando como deve ser. Entre suas funções, estão:

- monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites;
- calcular as correções dos relógios dos satélites;
- determinar o chamado tempo GPS;
- prever as rotas dos satélites; e
- manter atualizadas as mensagens de navegação de cada satélite.

Este segmento é constituído por cinco estações que dividem as tarefas de controle. Duas delas têm finalidade de recepção de dados e monitoramento, e estão localizadas no Havaí e em Colorado Springs (EUA), as outras três têm finalidade de monitoramento e emissão de dados para os satélites em órbita, e se localizam nas Ilhas da Ascensão (Oceano Atlântico Sul), Diego Garcia (Oceano Índico Sul) e Kwajalein (Oceano Pacífico Norte).

Caso detectem algum problema no funcionamento dos satélites, as estações programam a substituição do satélite defeituoso por um satélite reserva.



Fonte:Wikimedia Commons

Tópico 3

Segmento usuário

O segmento de usuário é constituído, literalmente, pelos usuários que possuem um receptor para ler os sinais GNSS e calcular a posição do aparelho em terra. Com a chegada da informática no campo, estes receptores têm se tornando cada vez mais acessíveis tanto a grandes quanto a pequenos produtores.

Atualmente, eles apresentam acurácia de poucos metros a alguns milímetros. Esses receptores estão presentes em todas as máquinas e implementos agrícolas utilizados para determinação de posições e alinhamentos por satélite, sendo considerados acessórios básicos nos equipamentos agrícolas mais tecnológicos.

Recapitulando

O sistema de navegação por satélite Navstar-GPS foi o segundo sistema de navegação lançado ao espaço e emprega princípios de navegação válidos até hoje. É formado por três segmentos: o espacial, controle e o usuário. O segmento espacial é constituído por uma constelação de 30 satélites, sendo 24 deles operacionais. O segmento de controle realiza ajustes na constelação de satélites e corrige eventuais atrasos nos sinais por meio de cinco estações espalhadas pela Terra. O segmento de usuário é constituído pelos receptores e é responsável pelo cálculo da posição do objeto sobre a superfície da Terra. Atualmente, esse sistema é utilizado em todos os dispositivos que são programados para trabalhar com agricultura de precisão e que necessitam determinar o posicionamento por satélites.



Fonte: Wikimedia Commons

Aula 2

Sistema Glonass

Na aula anterior você aprendeu que o sistema Navstar-GPS é o mais utilizado no mundo inteiro e é controlado pelas forças armadas americanas. Nesta aula, você vai conhecer o sistema Glonass, projetado e executado pela Rússia, também para fins militares. Com ele, o usuário pode detectar até 11 satélites, o que resulta em boa qualidade na determinação do posicionamento. Muitos receptores domésticos e profissionais já possuem capacidade para captar o sinal dos dois sistemas.

Ao final desta aula, você deve ser capaz de analisar as diferenças e similaridades entre os sistemas Glonass e Navstar.

Tópico 1

Alternativa ao sistema norte-americano

O sistema de navegação por satélite Glonass ou Global Orbiting Navigation Satellite System, foi desenvolvido pela antiga URSS como contraponto ao sistema NAVSTAR em 1976. Com o fim da União Soviética, o projeto do sistema Glonass passou por uma crise financeira que atrasou seu avanço, no início dos anos 1990. Esse fato apenas se reverteu após 2003, quando o governo russo priorizou novamente o projeto espacial e o sistema tornou-se operacional para toda a superfície terrestre.

Diferentemente do sistema Navstar, no Glonass não existe um erro proposital embutido no sinal, mas existe diferença entre os sinais chamados de acurácia padrão e de alta acurácia. Os sinais de acurácia padrão podem ser utilizados por todos os civis com relativa exatidão.

O sistema Glonass também é formado pelos segmentos espacial, de controle e usuário. Saiba mais sobre cada um deles no quadro abaixo.

Segmento espacial

O segmento espacial do sistema Glonass é formado por um total de 27 satélites, sendo três reservas, que orbitam a Terra em três círculos, equidistantes entre si 120° em longitude e inclinados 65° em relação à linha do Equador.



Fonte: <http://www.oficinadanet.com.br/post/10569-voce-sabe-o-que-e-o-glonass>

	Os receptores na Terra sempre podem visualizar de seis a 11 satélites, que estão a uma distância de 19.100 quilômetros e gastam 11h15min para circular o planeta. A disposição dos satélites permite que o sistema ofereça cobertura de sinais nas regiões polares do planeta superior à cobertura proporcionada pelo sistema Navstar, uma vez que eles se deslocam mais próximos do Norte e do Sul da Terra. A transmissão de sinais é equivalente à do sistema Navstar.
Segmento controle	<p>O segmento de controle é formado por cinco estações terrestres estrategicamente distribuídas dentro do território russo, sendo elas: Moscou (Estação Central), Eniseisk, Ternopol, St. Petersburg, e Komsomdsk-na-Amure.</p> <p>Assim como no Navstar, o segmento controle do Glonass também monitora os satélites, enviando mensagens a fim de corrigir eventuais falhas nas órbitas ou de funcionamento. Também envia mensagens que serão repassadas aos usuários.</p>
Segmento usuário	<p>Da mesma forma, o segmento de usuários do Glonass refere-se às antenas e aos receptores de sinais em terra. A função básica desses aparelhos é determinar a latitude, a longitude e a altitude com exatidão satisfatória.</p> <p>Os primeiros aparelhos com tecnologia Glonass possuíam até quatro canais e eram grandes e pesados. Entretanto, como acontece com todo avanço tecnológico, hoje em dia esses aparelhos são leves e compactos, possuem diversos circuitos integrados e operam com mais de dez canais.</p>

Devido à proximidade das frequências dos sinais emitidos pelos sistemas Navstar e Glonass, é possível receber os sinais dos dois sistemas em um mesmo receptor. Isso traz algumas vantagens, como maior acurácia ao determinar a posição em áreas de pouca visibilidade, melhoria na qualidade da determinação da posição isolada, além da possibilidade de se comparar e corrigir dados de posicionamento.

Saiba Mais

Uma curiosidade: o governo Russo, como uma forma de popularizar o Glonass, aumentou os impostos para aparelhos da tecnologia GPS comercializados em seu país. Dessa maneira, grandes empresas passaram a produzir tecnologia compatível com o Glonass, popularizando a tecnologia concorrente de navegação por satélite.

Recapitulando

O sistema de navegação por satélite Glonass foi desenvolvido com algumas características que o tornam sutilmente mais vantajoso em relação ao sistema Navstar, como a disposição da constelação de satélites, que permite aos receptores dos usuários receberem o sinal de até 11 satélites. No entanto, a melhor alternativa é a associação dos dois sistemas nos segmentos de usuário para melhorar a determinação do posicionamento sobre a Terra.



Fonte: Wikimedia Commons

Aula 3

Sistema Galileo

Nas aulas anteriores, você aprendeu que os principais sistemas de navegação por satélite foram projetados e desenvolvidos durante a Guerra Fria entre os EUA e a Rússia, e ainda são controlados pelas forças armadas desses dois países. Esse fato motivou a comunidade europeia a desenvolver um sistema de navegação independente de intervenção militar. Assim, surgiu o sistema Galileo, que foi projetado exclusivamente para uso civil. Ele possui algumas peculiaridades que o tornam um concorrente em potencial dos sistemas Navstar e Glonass.

Ao final desta aula, você deve ser capaz de analisar as diferenças e similaridades entre os principais sistemas de orientação por satélite do mundo.

Tópico 1

Opção civil aos sistemas militares

O sistema Galileo (ou European Satellite Navigation System) surgiu no ano de 2005, como alternativa ao uso do Navstar-GPS e ao Glonass, sendo direcionado para uso no meio civil, com a grande vantagem de não possuir erros propositalmente colocados nos sinais. Foi desenvolvido pela União Europeia em parceria com a Agência Espacial Europeia (ESA) com a motivação de criar um sistema de navegação por satélite que fosse desvinculado de fins militares.

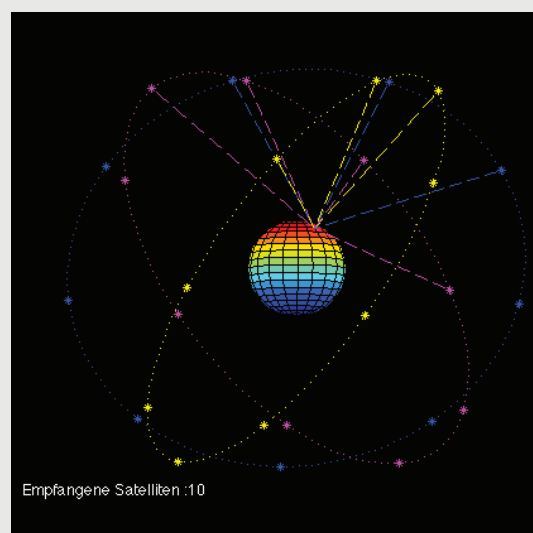
Também é formado pelos segmentos espacial, de controle e de usuário, sendo que, por ser relativamente novo, alguns segmentos ainda não foram totalmente implantados, ou ainda estão em fase de validação, em vista disso, seus benefícios ainda não foram totalmente comprovados. Porém, a proposta é oferecer maior precisão e também operação conjunta com os sistemas Navstar e Glonass.

Veja no quadro a seguir um pouco mais sobre esses segmentos.

Segmento espacial

O segmento espacial foi projetado para possuir um total de 30 satélites, sendo 27 operacionais e três reservas. São distribuídos em três órbitas, com altitude de 23.616 quilômetros e inclinação de 56 graus em relação à linha do Equador.

O período orbital da constelação é de 14 horas. A quantidade e a disposição dos satélites permitem obter acurácia de até 4 centímetros. O maior número de satélites disponíveis resulta em maior acurácia na determinação das posições, mesmo com a perda de alguns satélites durante a observação. Além disso, também possibilita cobertura em locais mais remotos, como os polos da Terra.



Fonte: Wikimedia Commons

Segmento controle

O segmento de controle terá 30 estações com abrangência global. Elas serão responsáveis pela sincronização de tempo e de rotas nos sinais dos satélites, comunicando-se com dois grandes centros de controle. A previsão é que haja uma rede de comunicação interconectada e autônoma entre as estações. Dessa forma, estará garantida a idoneidade e a qualidade das informações repassadas aos usuários. Um dos dois segmentos de controles previstos para serem construídos foi inaugurado em 2008 no Centro Aeroespacial da Alemanha (DLR), em Oberpfaffenhofen.



Fonte: Wikimedia Commons

Segmento usuário

O segmento de usuário, além da determinação de posicionamento, quando totalmente operacional, oferecerá mais serviços do que os sistemas Navstar e Glonass, como serviço de buscas e resgates, integração de redes de comunicação para fins comerciais, comunicação e localização para fins de navegação aérea e marítima, além de comunicação entre órgãos de segurança nacional.

De modo geral, todos os receptores com a tecnologia atual serão compatíveis para receber os sinais do sistema Galileo.

Por ser relativamente novo, o sistema ainda passa por testes de validação, sobretudo em atividades com operações mecanizadas na agricultura. Entretanto, as projeções apontam que ele poderá ser utilizado em associação com os outros sistemas, melhorando substancialmente a qualidade na determinação de velocidades e posicionamento.

Tópico 2

Sistemas regionais em desenvolvimento

Conheça, a partir das abas abaixo, outros sistemas de navegação por satélites regionais que também estão em fase de construção e operação e podem ganhar força nas próximas décadas.

BeiDou-2 ou COMPASS (China)

O sistema de orientação por satélite conhecido como BeiDou-2 foi recentemente desenvolvido pelo governo Chinês com a motivação de se tornar menos dependente do sistema norte-americano Navstar. Inicialmente, tem como finalidade cobrir a região do continente Asiático e Oceano Pacífico.

Por enquanto o sistema conta com 16 satélites, mas a previsão é que em 2020 tenha cobertura global, operando com 30 satélites a 21.550 quilômetros de distância da superfície da Terra e tempo de órbita de 12 horas. O princípio de navegação é o mesmo utilizado pelos sistemas descritos anteriormente. O sistema tem aplicações civis gratuitas, fornecendo também a capacidade de transmissão de mensagens.

IRNSS (Índia)

O sistema de navegação por satélite IRNSS, ou Indian Regional Navigation Satellite System, é de origem indiana e seu segmento espacial é composto por sete satélites. O primeiro satélite foi lançado em órbita em julho de 2013. Os satélites emitem sinais nas bandas L5 com frequência de 1.176,45 MHz e na banda S com frequência de 2.492,02 MHz.

DORIS (França)

O sistema de navegação por satélite DORIS, ou Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite, é um sistema de orientação francês. Utiliza rádios transmissores presentes no satélite e em bases posicionadas na Terra, e pode determinar com elevada precisão os posicionamentos desejados. Aplica-se mais para trabalhos de **Geodésia**, como monitoramento da deformação do solo, com precisão de menos de 1 milímetro e também para monitoramento climático.

Geodésia

Ciência de medição de extensões de terra e levantamento de mapas geográficos.

Recapitulando

Você estudou que o sistema de navegação por satélite Galileo foi projetado e está sendo validado para uso civil, diferentemente dos sistemas Navstar e Glonass. Espera-se que ele possa, num primeiro momento, oferecer a mesma qualidade de distribuição de sinais oferecida pelo Navstar. Entretanto, trata-se de um projeto que poderá oferecer diversos outros serviços que nos outros sistemas estão disponíveis apenas para fins militares, como comunicação e maior exatidão ao determinar velocidades e posicionamentos. Além disso, outros sistemas de satélites regionais estão sendo desenvolvidos em outros países e podem crescer em médio prazo.

Nas próximas páginas, você vai encontrar a atividade de aprendizagem para verificar os conhecimentos construídos ao longo deste módulo. Não esqueça que você deve entrar no Ambiente de Estudos para registrar as respostas no sistema, que também vai liberar o próximo módulo de conteúdo!

Siga em frente e aproveite bem a atividade!

Atividade de aprendizagem

Você chegou ao final do Módulo 3 do Curso Sistemas de Orientação por Satélite. A seguir, você realizará algumas atividades relacionadas ao conteúdo estudado neste módulo. Lembre-se que as repostas devem ser registradas no Ambiente de Estudos, onde você também terá um feedback, ou seja, uma explicação para cada questão.

1. Considerando as características do sistema Navstar-GPS apresentadas na Aula 1, assinale a opção correta:
 - a) O sistema Navstar-GPS é o mais popular entre os sistemas de navegação porque foi projetado para ser utilizado pela sociedade em geral.
 - b) O sistema Navstar-GPS é formado por uma constelação de 30 satélites operacionais.
 - c) O segmento de controle é dotado de dispositivos que permitem corrigir erros nas medições de altitude nos receptores de sinal GPS.
 - d) O segmento de usuário é formado pelos dispositivos que determinam a posição sobre a superfície terrestre.
2. Considerando o funcionamento e as características do sistema de navegação por satélite Glonass apresentados nesse módulo, assinale a alternativa correta.
 - a) O sistema Glonass opera com o mesmo segmento espacial que o sistema Navstar.
 - b) O sistema Glonass proporciona cobertura igual ao sistema Navstar em qualquer parte da superfície terrestre.
 - c) O segmento de usuário do sistema Glonass recebe sinais com erros propositais de até 90 metros.
 - d) O segmento de usuário pode detectar sinais dos sistemas Glonass e Navstar.

3. Considerando as características do sistema de navegação por satélite Galileo apresentados nesse módulo, assinale a alternativa correta.
- a) O sistema Galileo foi projetado para fins militares no continente europeu.
 - b) O segmento de controle do sistema Galileo foi projetado para receber diversos serviços.
 - c) O segmento espacial do sistema Galileo possui 30 satélites enviando sinais em tempo integral para a Terra.
 - d) O segmento de controle do sistema Galileo é controlado pelas forças da União Europeia.