

electronic periodical
**YOUTH SCIENTIFIC
AND TECHNICAL BULLETIN**

Bauman MSTU Publ

EL № FS-77-51038,

ISSN 2307-0609

УДК 528.851

GPS-SATELLITEN-NAVIGATION

*Scheredeko A.E., studentin
Moskauer Staatliche Technische Bauman Universität, Moskau, Russland, 105005*

*Wissenschaftliche Leiterin: Woronina G.G., Oberhochschullehrerin des Lehrstuhls «Romanisch-germanische Sprachen»,
Moskauer Staatliche Technische Bauman Universität, Moskau, Russland, 105005
kafsm3@sm.bmstu.ru*

Was ist GPS?

GPS ist ein satellitengestütztes Navigationssystem mit 31 aktiven Satelliten und heißt vollständig "Navigational Satellite Timing and Ranging - Global Positioning System" (NAVSTAR-GPS). GPS ist ein militärisches Navigationssystem und wurde ursprünglich nicht für die zivile Navigation entwickelt. Um dieses System vor Missbrauch durch andere militärische Einheiten zu schützen, wurde ein Teil der Satellitensignale verschlüsselt, wodurch die Genauigkeit extrem litt.

Im Mai 2000 wurde nun der Störfilter überraschend abgeschaltet. Somit wurde eine neue Dimension in der Genauigkeit eröffnet und dadurch eine Vielzahl neuer Anwendungen ermöglicht.

Umlaufbahnen der GPS Satelliten

Die Satelliten umkreisen die Erde mit 3,9 km pro Sekunde und haben eine Umlaufzeit von 12 Stunden Sternzeit, was in Erdenstunden 11 Stunden 58 Minuten ausmacht. Das bedeutet, dass der gleiche Satellit jeden Tag etwa 4 Minuten früher über der gleichen Position steht. Die mittlere Entfernung vom Erdmittelpunkt beträgt 26600 km, was bei einem mittleren Erdradius von 6400 km zu einer Bahnhöhe von etwa 20200 km führt. Umlaufbahnen in dieser Höhe werden auch MEO — "medium earth orbit" genannt.

Die GPS-Satellitenbahnen befinden sich in sechs Ebenen, in denen vier Satelliten in gleichen Abständen vorgesehen waren. Heute sind es meist mehr als 24 Satelliten, was die Möglichkeit der Lage weiter erhöht. Der Winkel der Ebenen beträgt 55 °. Das bedeutet, dass die

Umlaufbahnen der Satelliten bis 55° nördlicher und 55° südlicher Breite führen. (Die Satelliten des Block I hatten noch einen Winkel der Bahnebene gegenüber dem Äquator von 63°). Die Ebenen sind in der Äquatorebene um 60° gegeneinander versetzt.

Durch diese besondere Anordnung der Bahnen wird vermieden, dass sich überdurchschnittlich viele Satelliten über den Polen befinden, andererseits verlaufen die Bahnen nördlich genug, dass auch den Einsatz von GPS in polnahen Gebieten möglich ist. Diese Anordnung führt auch zu einer relativ stabilen Konstellation, da Störfaktoren im Mittel auf alle Satelliten gleich einwirken.

Die Anzahl und Anordnung der Satelliten hat zur Folge, dass immer mindestens vier Satelliten überall auf der Welt zu jeder Zeit empfangen werden können. Je weiter man sich den Polen nähert, desto weiter am Horizont befinden sich die Satelliten. Aufgrund der Geometrie der Satellitenpositionen kann dies zu geringen Einbußen in der Positionierungsgenauigkeit führen. Diese Geometrieeffekte treten bei bestimmten Satellitenkonstellationen von Zeit zu Zeit auch an anderen Punkten der Erde auf.

Welche Signale verwendet GPS?

Das GPS-Signal wird per Spread-Spectrum-Verfahren erzeugt und mit einer Datenrate von 50 Bit/s parallel auf zwei Trägerfrequenzen gesendet (L1 und L2). Die Übertragung aller Informationen dauert rund 12,5 Minuten. Dabei werden die wichtigsten Informationen höchstens alle 30 Sekunden wiederholt. Die Trägerfrequenzen sind L1 auf 1.575,42 MHz und L2 auf 1.227,60 MHz. Der Einsatz von zwei Frequenzen verhindert Fehler, die durch die ionosphärische Brechung der Funkwellen entstehen. Außerdem können zwei Genauigkeitsklassen für die Positionsbestimmung angeboten werden. Eine zusätzliche dritte L5-Frequenz befindet sich im Aufbau. Sie sendet auf 1.176,45 MHz. Sie soll den Empfang verbessern und ist für die Luftfahrt und lebensrettende Anwendungen vorgesehen. Im Jahr 2013 soll sie in Betrieb gehen.

Auf der L1-Sendefrequenz werden der PRN-Code (Pseudo Random Noise), den C/A-Code (Coarse/Aquisition) für den zivilen Bereich und der nicht öffentliche P/Y-Code (Precision/Encryptet), der militärischen Anwendungen vorbehalten ist, übertragen. Die Genauigkeit des P/Y-Codes liegt bei 3 bis 5 Metern.

Der Aufbau des GPS-Systems

Das GPS-System lässt sich in drei grundlegende Segmente unterteilen:

- Weltraumsegment (Satelliten)
- Kontrollsegment (Kontrollstationen)
- Benutzersegment (GPS-Empfänger)

Das Weltraumsegment besteht aus mindestens 24 Satelliten. Der erste dieser Satelliten wurde bereits 1978 in seine Umlaufbahn gebracht. Es gibt fünf verschiedene Typen (Block I, Block II, Block IIA, Block IIR und Block IIF) dieser Satelliten.

Block I Satelliten

Zwischen 1978 und 1985 wurden von Kalifornien aus elf Block I Satelliten mit einer Masse von 845 kg gestartet, von denen heute kein einziger mehr in Betrieb ist. Diese Satelliten waren für eine Lebensdauer von 4,5 Jahren konzipiert, überlebten ihr geplantes Alter um weitere fünf Jahre. Einer der Satelliten war 13 Jahre lang in Betrieb. Bei den Block I Satelliten waren alle Signale für zivile Nutzer zugänglich. Zur Stromversorgung dienten Solarpanels mit 400 Watt Leistung. Während sich die Satelliten im Erdschatten befanden, dienten Nickel-Cadmium-Zellen als Reserve. Die Triebwerke zur Positions Korrektur wurden mit Hydrazin betrieben.

Block II Satelliten

Die Block II Satelliten wiegen mit über 1500 kg etwa das Doppelte der Block I Satelliten. Der erste dieser Satelliten wurde 1989 von Cape Canaveral aus gestartet. Die Block II Satelliten sind für eine Betriebsdauer von 7,5 Jahren ausgelegt. Im Jahr 1990 wurde der erste Block IIA-Satellit (A steht für "advanced") in seine Umlaufbahn gebracht.

Die Block II und Block IIA Satelliten besitzen zwei Rubidium und zwei Cäsium Atomuhren mit einer Uhrenstabilität von mindestens 10^{-13} s. Aus der Grundfrequenz der Atomuhren (10,23 MHz) leiten sich alle anderen benötigten Frequenzen ab. Die Satelliten des Blocks IIR haben drei Rubidium-Atomuhren an Bord. Diese extreme Ganggenauigkeit von ± 1 Sekunde in 1 Million Jahren ist absolut notwendig für das Funktionieren des Systems.

GPS-Block IIR und II-M Satellit

Bei diesen neuen Block IIR Satelliten ist jetzt nur noch das sogenannte C/A-Signal (Coarse/Aquisition) für zivile Anwendungen zugänglich. Die Stromversorgung und der Antrieb blieben gleich wie bei den Block I Satelliten, die Solarpanels leisten jetzt allerdings 750 Watt. Von der nächsten Generation Satelliten sollten ursprünglich drei Stück mit dem Space Shuttle in ihre Umlaufbahn gebracht werden, nach der "Challenger" Katastrophe wurde dann aber beschlossen, zwei Satelliten mit einer Delta-Rakete in den Orbit zu bringen.

Im September 2005 wurde der erste Satellit der nächsten Generation (Block IIR-M) gestartet. Dieser Satellit unterstützt als erster eine zweite Frequenz für die zivile Nutzung (L2C) und ein neues militärisches Signal (L1M, L2M). Der neuen Satellit wiegt 2 Tonnen und kostet 75 Millionen Dollar.

Die GPS-IIF-Satelliten

Nach Abschluss des letzten GPS-IIR-M wird eine neue Serie mit verbesserten Eigenschaften ins All gebracht: der Block GPS IIF (Block 2, Follow-ON). Diese Satelliten werden von Boeing gebaut. Es ist geplant, von 2009 bis 2014 zwölf IIF in Umlauf zu bringen. IIF-Satelliten senden ein neues, drittes ziviles Signal auf der Frequenz von 1176,45 MHz (L5-Frequenz). Dieses Signal soll ca. eine viermal höhere Leistung als die vorherigen zivilen Signale L1-C/A und L2C haben; es kann für kritische Anflüge in der Luftfahrt verwendet werden. Dank dieser dritten Frequenz wird der Einfluss der Ionosphäre noch weiter vermindert.

GPS III (Block 3)

Ab 2014 ist der Start einer neuen Satellitengeneration GPS III (Block 3) geplant. GPS III wird dank verbesserter Komponenten die Genauigkeit der Ortung- und Zeitmessung weiter erhöhen. Mit dieser Generation wird das Signal L1C, interoperabel mit dem Open Service Signal von Galileo, eingeführt.

Список литературы

1. Dr. Anja Köhne und Dr. Michael Wößner//GPS-Infos <http://www.kowoma.de/gps> (дата обращения:27.02.2012г.).
2. Kompass//Katalog der digitale-Produkte <http://www.kompass.de/produkte/digitale-produkte/gps-digitale-karten/was-ist-gps.html> (дата обращения:18.02.2013г.).
3. Elektronik-Kompendium//Themen auf Elektronik-Kompendium
1. <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1201071.htm> (дата обращения:19.02.2013г.).
4. Prof. Dipl.-Ing. FH Jean-Marie Zogg// Publikation Elektronik wireless September 2009
2. "Die Modernisierung des zivilen GPS" (дата обращения:10.02.2013г.).