

## **Tutorial für Globale Satellitennavigationssysteme (GNSS): Positionsbestimmung, Navigation und mehr!**



By: TRYAT team.



Heute ist vielleicht schon jeder mit dem Begriff GPS, dem Global Positioning System, vertraut. GPS-Empfänger finden sich in Ihrem Mobiltelefon, Ihrer Smartwatch, in Navigationsgeräten, Kameras, Brillen und vielen anderen Geräten.

Vielleicht kennen Sie den Begriff GNSS (Global Navigation Satellite System(s)) noch nicht oder haben ihn schon einmal gehört. In diesem Video erfahren Sie mehr über GNSS und wie sie die Position eines Benutzers bestimmen.

GNSS bezeichnet die Gesamtheit von Satellitenpositionierungssystemen, die derzeit in Betrieb oder geplant sind.

GPS, das amerikanische System, ist das älteste GNSS. Es wurde vom Verteidigungsministerium der Vereinigten Staaten für militärische Anwendungen entwickelt. Es wurde Navstar genannt. Seit Anfang der neunziger Jahre wird GPS auch für eine Vielzahl von zivilen Anwendungen genutzt. Dann kam das russische System GLONASS, das EU-System Galileo, das chinesische System Beidou, das japanische System QZSS und das indische System IRNSS. Die japanischen und indischen Systeme haben eine regionale Abdeckung, während die anderen eine globale Abdeckung haben.

GNSS werden zunehmend für die Positionierung, Navigation und Verfolgung in vielen Bereichen wie Militär, Luftfahrt, Schifffahrt, Landwirtschaft, UAVs und Robotik eingesetzt.

Sie bieten wichtige Messungen für viele wissenschaftliche Forschungsbereiche, wie z.B. der Überwachung der Bewegungen tektonischer Platten, der vertikalen Verschiebung der Erdoberfläche, der Abschätzung von Verformungen durch seismische oder vulkanische Aktivitäten, der Überwachung der Ionosphäre und Neutrosphäre der Erde, der Abschätzung der Bodenfeuchtigkeit und vielen anderen!

Was macht die GNSS so beliebt ?

GNSS funktionieren unter allen Wetterbedingungen, Tag und Nacht, und haben eine globale Abdeckung. Sie liefern Daten in nahezu Echtzeit mit hoher Geschwindigkeit und hoher Genauigkeit. Es ist ein relativ kostengünstiger Dienst, da wir uns nur um das Nutzersegment kümmern müssen.

Jedes Navigationssystem, GNSS, besteht aus drei verschiedenen Teilen: dem Weltraumsegment, dem Kontrollsegment und dem Nutzersegment.

Das Weltraumsegment besteht aus den Satelliten, die in genauen Umlaufbahnen um die Erde fliegen. GPS zum Beispiel ist eine Konstellation von 31 Satelliten, die in Höhen von etwa 20000 km über der Erdoberfläche fliegen. Die Satelliten umkreisen die Erde etwa alle 12 Stunden.

Auch andere GNSS haben ihre Satelliten in Umlaufbahnen, so dass sich heute mehr als 120 GNSS-Satelliten im Orbit befinden. Die Satelliten kennen ihre Bahnparameter und die Zeit sehr genau. Die Informationen werden an den Empfänger übertragen, um die Position, die Zeit und den Zustand des Satelliten zu ermitteln.

Das Kontrollsegment besteht aus einem Netzwerk von Monitoren-, Kontroll- und Upload-Stationen, um die Funktionstüchtigkeit der Satelliten sicherzustellen.

Das Benutzersegment bezieht sich auf die Ausrüstung, die empfängt GNSS-Signale und verarbeitet diese, um die Orts- und Zeitinformationen abzuleiten.

Die primären Komponenten des Benutzersegments sind Antennen und Empfänger (Verarbeitungseinheit), die in eine Baugruppe integriert oder physisch getrennt sein können. Hier sehen Sie die Antennen von zwei Stationen, die wir in der Forschung verwenden.

Die Antennen sind auf dem Dach des Gebäudes montiert, während die Empfänger sicher im Labor aufbewahrt werden. Sehen wir uns nun an, wie die Position des Benutzers bestimmt wird.

Um die genaue Position (X, Y, Z) und die Zeit des Benutzers zu erhalten, muss man die Länge des direkten Weges vom Satelliten zum Benutzergerät kennen. Dies wird als Laufstrecke zum Satelliten bezeichnet. Wir werden im nächsten Video sehen, dass das Signal nicht auf einem geraden Pfad verläuft.

Um die Laufstrecke zu erhalten, müssen wir die Ausbreitungszeit des Signals (Laufzeit) kennen:

Ausbreitungszeit = Zeitpunkt, wenn das Signal den Empfänger zu erreicht – Zeit, wenn das Signal den Satelliten verlassen hat

Ausbreitungszeit \* Lichtgeschwindigkeit = Entfernung zum Satelliten, die Laufstrecke, oder genauer gesagt die Pseudoentfernung, da die Messung Fehler enthält.

Um die drei Koordinaten des Benutzers (X, Y, Z) zu schätzen, brauchen wir Messungen von drei Satelliten und ihre genauen Positionen. Die Methode wird Trilateration genannt. Wie funktioniert sie?

Wenn der Benutzer die Entfernung zum Satelliten A und seine Position kennt, weiß er, dass er sich auf einer Kugeloberfläche befindet, deren Zentrum sich am Standort des Satelliten befindet und deren Radius der Entfernung entspricht. Wenn der Benutzer die Entfernung zu einem weiteren Satelliten B kennt, weiß er dass er sich am Schnittpunkt der beiden Sphären befindet. Mit einer weiteren Messung wird der Standort des Benutzers bestimmt!

Bitte beachten Sie, dass die Kugel in der Abbildung als Kreis erscheint. Warten Sie bitte einen Moment.

Wir sagten, dass der Benutzer mindestens drei Satelliten sehen sollte, um seine Position zu bestimmen. Es stellt sich jedoch heraus, dass die Empfängeruhr nicht annähernd so genau ist wie die Uhren an Bord der Satelliten, so dass auch die Zeit des Empfängers als unbekannt gilt.

Dies bedeutet, dass es mindestens 4 Satelliten geben muss, um das Gleichungssystem zu lösen und die Koordinaten und die Zeit des Benutzers zu ermitteln. Eine letzte Bemerkung sollte in diesem Zusammenhang noch gemacht werden.

Zu den Messfehlern gehören: Ungenauigkeit der Satellitenuhr, Bahnfehler, ionosphärische Verzögerungen, troposphärische Verzögerungen, Mehrwegeeffekte und Empfängerrauschen.

Die gute Nachricht ist aber hierbei: Die troposphärischen Verzögerungen können z.B. zur Überwachung troposphärischer Parameter wie Wasserdampf ausgenutzt werden!

Wenn Sie mehr wissen möchten, schauen Sie sich das nächste Video an.

Vielen Dank für Ihr Interesse!

