



GNSS

Docentenhandleiding



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Planet change is the short name of an EU Erasmus+ project aimed at VET teachers and their students. With small activities, the idea is to create awareness about sustainability and acquire 21st century skills. All this is done in a technical context, mostly from space technology.

www.planetchange.eu



Inhoud:

1. Algemene informatie	4
Onderwerp	4
Activiteit	4
2. Beschrijving van de activiteit	8
Introductie	8
Deel 1: Uitleg van GNSS en het gebruik ervan (5 min)	8
Deel 2: Uitleg door middel van een praktisch experiment van trilateratie (20 min)	9
Deel 3: Discussie over het gebruik van GNSS (15 minuten)	10
3. Bijlage Achtergrondinformatie	11



1. Algemene informatie

Doel: Het doel van deze opdracht is om de werking van GNSS (Global Navigation Satellite System) te begrijpen. Daarnaast dat men een idee krijgt over het belang van GNSS in het dagelijks leven.

Doelgroep: (Technische) MBO-scholen

Doelgroep, leeftijd: 16-20 jaar

Europees kwalificatiekader niveau: 2/3/4

Duur: 1x45min

Locatie: Klaslokaal

Materialen: Computer met internetverbinding

Software: Elke normale browser, geen speciale vereisten.

Achtergrond: Er is geen voorafgaande achtergrondkennis over het onderwerp nodig (het enige dat u hoeft te weten is hoe u een internetbrowser gebruikt).

Onderwerp

Thema: Logistiek: GNSS

Zoekwoorden: Logistiek, GPS, Galileo, GNSS, nauwkeurige timing

Activiteit

Leerdoelen

De student krijgt betere kennis en oefent met:

1. Wat is GNSS?
2. Hoe GNSS en trilateratie werken
3. Het gebruik van GNSS buiten navigatie
4. Gevolgen van fouten in het timingsignaal

Samenvatting

De studenten simuleren hoe GNSS werkt door middel van een trilateratielesdemonstratie.



Achtergrond

Er zijn verschillende Global Navigation Satellite System(s) (GNSS) die om de aarde cirkelen. De bekendste zijn GPS (beheerd door de VS) en Galileo (beheerd door de EU). Deze worden gebruikt om uw positie op de planeet te bepalen. GNSS-positionering werkt op vrij eenvoudige principes, maar de installatie en toepassing van zo'n systeem vereist ongelooflijke precisie.

Twee wiskundige ideeën liggen ten grondslag aan het GNSS-positioneringsnetwerk. Trilateratie is het eerste concept en is gebaseerd op het vinden van de positie van een GNSS-apparaat vanaf drie afstanden. Het tweede idee is de relatie tussen de snelheid van het signaal (lichtsnelheid, $c = 299\,792\,458$ m/s), de tijd die het signaal nodig heeft om te reizen en de afgelegde afstand. Het enige dat nodig is voor dit tweede concept is de vergelijking:

$$\text{Afgelegde afstand (m)} = \text{Snelheid (m/s)} \times \text{Tijd (s)}$$

Trilateratie werkt door uw positie op aarde te vinden zodra de locatie van GNSS-satellieten die om de aarde draaien en hun afstand tot uw locatie bekend zijn. Omdat we de afstand van deze satellieten niet fysiek rechtstreeks kunnen meten, moeten we de bekende snelheid van het signaal dat door de GNSS-satellieten wordt verzonden en de tijd waarop de signalen zijn verzonden, gebruiken. Dit is vrij eenvoudig, omdat satellieten constant signalen uitzenden. Omdat dit elektromagnetische signalen zijn, zullen ze altijd met de lichtsnelheid reizen ($299\,792\,458$ m/s in vacuüm). Dus als we de tijd weten die het signaal nodig had om ons te bereiken, weten we ook de afstand tot de satelliet. Veronderstel dat uw GNSS-ontvanger het signaal van slechts één satelliet detecteert. Het enige dat we dan kunnen zeggen, is dat we ons overal op het oppervlak van een bol met een straal gelijk aan de berekende afstand tot de satelliet kunnen bevinden. Als we alleen signalen van twee satellieten zouden ontvangen (bijvoorbeeld satelliet A en B), zouden we kunnen zeggen dat we ons ergens op de cirkel bevinden die wordt getekend door de snijpunten van de bollen die door de twee signalen worden beschreven. Maar met een derde satelliet signaal kunnen we de exacte locatie van ons apparaat vertellen, omdat de drie bollen elkaar slechts in één punt zullen kruisen [[Unity WebGL Player | Planet Change](#)]. We kunnen dit concept in 2D vereenvoudigen door cirkels te gebruiken in plaats van bollen (dit is ook wat de activiteit zal modelleren).

In 3D worden er 2 punten aangegeven waar je zou kunnen zijn, maar aangezien een van deze twee punten zich op de aarde bevindt, is dit de plek waar jij je bevindt (de aarde is in feite een vierde bol om onderscheid te maken tussen de 2 punten).

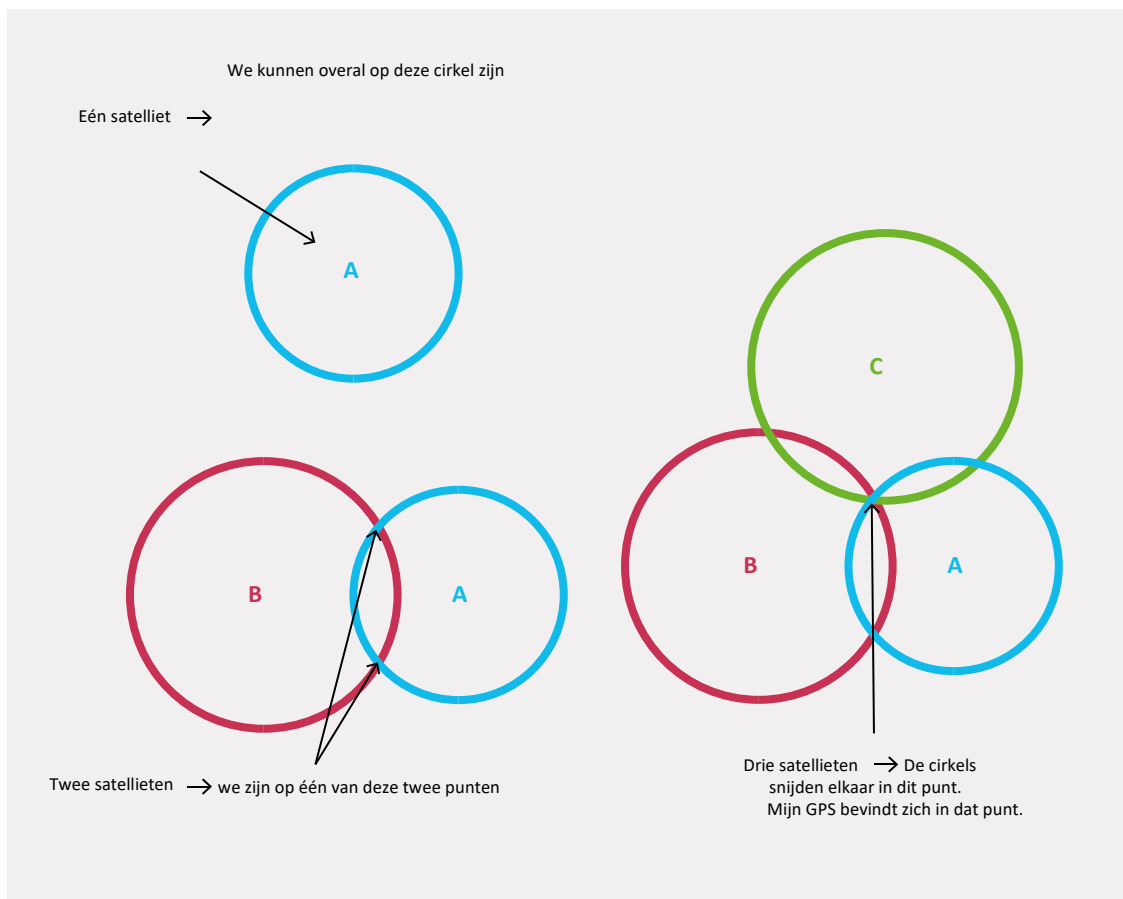
Voor meer informatie over dit concept kunt u een van de volgende video's bekijken:

[Galileo - Europa's wereldwijde navigatiesatellietstelsel - YouTube](#)

[Everyday Einstein: Demonstrating GPS Trilateration - YouTube](#) (In het Engels)

[How GPS works? Trilateration explained - YouTube](#) (In het Engels)





De noodzaak van nauwkeurige tijdmetingen

Omdat de lichtsnelheid (299 792 458 m/s) zo hoog is, betekent dit dat een fout van 1 μ s (een miljoenste van een seconde) in het satelliet signaal of de klok van uw ontvanger al een onnauwkeurigheid van ongeveer 300 meter oplevert. De timing van GNSS-satellieten moet daarom zeer precies en nauwkeurig zijn. Deze verbazingwekkend nauwkeurige tijdwaarneming wordt bereikt door de atoomklokken die in de GNSS-satellieten zitten.

Als we gewone klokken zouden gebruiken, zouden onze positieberekeningen er ver naast zitten. Natuurlijk zijn de klokken in onze mobiele apparaten geen atoomklokken, maar ze moeten de tijd wel nauwkeurig weten. Daarom is een vierde satelliet nodig voor nauwkeurige locatie-informatie. Door deze vierde satelliet te gebruiken, kunt u de fout die ontstaat door de tijds-onnauwkeurigheid van uw mobiele apparaat wegwerken.



Vorbereiding

Voor de demonstratie van de trilateratie:

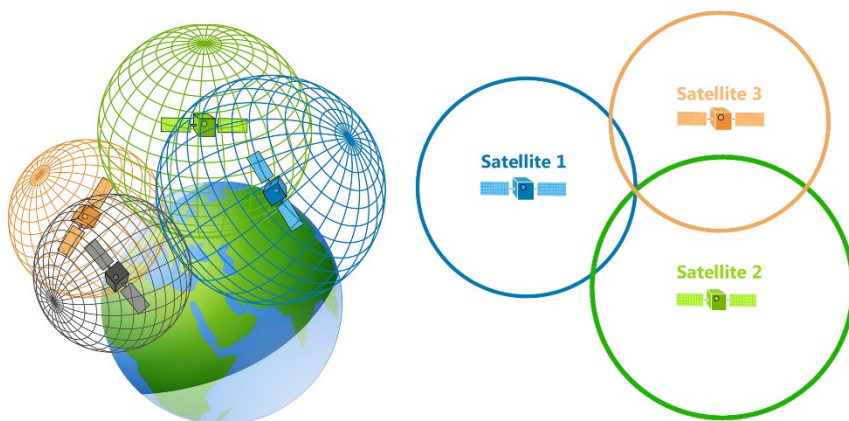
1. 3 Meetlinten met een mm aanduiding, minimaal 3 m maar bij voorkeur 5 m lang
2. Zorg voor een manier om de resultaten van studenten te registreren (whiteboard, papier, ...)
3. Plaats 3 stippen op de vloer, op zo'n manier dat ze niet gemakkelijk kunnen bewegen. Dit kunnen kleine gekleurde markers zijn zoals stickers, of een papier dat op de vloer is geplakt (het mag niet bewegen) met een stip erop. Label deze stippen met A, B en C. NB als je wilt, kun je dit deel overslaan en de leerlingen aan het begin van de activiteit zelf laten kiezen waar de posities zijn.
4. Leg het papier met de vele stippen op de grond, bij voorkeur een stuk uit het midden van de drie stippen A, B en C, en bevestig het daar, bijvoorbeeld met plakband.
5. Als je zelf een stip kiest, meet dan de afstanden tussen de gekozen stip (laten we het punt P noemen) naar A, B en C. Je hebt dan een afstand AP, BP en CP. Schrijf deze getallen op en op welke afstand ze van toepassing zijn (AP, BP en CP). Als de studenten de stip moeten kiezen, kun je deze stap overslaan.
6. Het verdient aanbeveling om vóór de les een of beide video's over de werking van GPS te bekijken (zie achtergrondinformatie) en ervoor zorgt dat u toegang hebt tot YouTube.



2. Beschrijving van de activiteit

Introductie

In deze activiteit bekijkt u een video waarin de principes van GNSS-trilateratie worden uitgelegd. Vervolgens simuleert u hoe een GNSS-apparaat zijn positie op aarde vindt met behulp van de signalen van GNSS-satellieten.



U kunt een aantal vragen beantwoorden over hoe GNSS werkt en waarom de nauwkeurigheid van atoomklokken belangrijk is in dit proces.

Tot slot bespreken we de overige functies van GNSS buiten navigatie.

Deel 1: Uitleg van GNSS en het gebruik ervan (5 min)

Vraag de leerlingen of ze weten wat GNSS is.

Leg het acroniem (GNSS - Global Navigation Satellite System) uit en vertel dat GPS er deel van uitmaakt, maar ook andere systemen zoals het Europese Galileo-systeem.

Bekijk de video [Galileo - Europa's wereldwijde navigatiesatellietsysteem - YouTube](#)



Deel 2: Uitleg door middel van een praktisch experiment van trilateratie (20 min)

U kunt beginnen met de volgende video:

[Everyday Einstein: Demonstrating GPS Trilateration - YouTube \(In het Engels\)](#)

Klassikale demonstratie van trilateratie:

- ▶ 3 Meetlinten met een mm aanduiding, 3 - 5 m lang
- ▶ Kleine gekleurde punten (stickers)
- ▶ Whiteboard en stiften (om de resultaten vast te leggen, welke de leerlingen kunnen zien)
 1. Als de stippen A, B en C al zijn geplaatst, kun je doorgaan met stap 2. Als er nog geen posities voor de "satellieten" zijn aangegeven (stap 3 van de voorbereiding is overgeslagen), vraag dan drie studenten om maximaal vijf meter (bij voorkeur zo ver mogelijk) van elkaar te gaan staan in een driehoek. Let ze alle drie een positie op de vloer aangeven, dmv een sticker of een papier met een stip erop vastplakken. Markeer ze indien mogelijk met A, B en C.
 2. Als het papier met de stippen al is neergelegd, ga dan naar stap 3. Als dat niet zo is, laat de leerlingen het papier met de vele stippen op de grond leggen, bij voorkeur een stuk uit het midden van de drie stippen A, B en C en bevestig het daar, bijvoorbeeld met plakband.
 3. Als de afstanden al gemeten zijn, ga dan naar stap 4. Als dat niet zo is, kies dan drie tot zes studenten om het gebied te verlaten. De rest van de studenten kiest samen één punt (laten we het punt P noemen) en geef drie studenten een mm-nauwkeurige rolmaat om de afstanden tot de dichtstbijzijnde mm te meten van dat punt naar A, B en C, zodat er drie afstanden zijn AP, BP en CP. Noteer deze afstanden ergens duidelijk zichtbaar.
 4. Roep de leerlingen die weg waren terug en geef ze de meetlinten, de touwen en de schaar. Laat ze touwen knippen met een lengte die gelijk is aan de aangegeven afstanden. Vertel ze welke lengte bij welke afstandsmeting hoort (AP, BP en CP), en laat ze uitzoeken welk punt is gekozen.

Stap 3 en 4 kunnen herhaald worden als er voldoende tijd is.

5. Een discussie over het belang van tijdsnauwkeurigheid kan nu gevoerd worden - elke GNSS-satelliet is uitgerust met een atoomklok die de tijd met grote nauwkeurigheid meet. De ontvanger bevat echter geen atoomklok, dus hoe kunnen nauwkeurige 'reistijd'-metingen worden gedaan? Antwoord: om een goede tijdsnauwkeurigheid te hebben, wordt een vierde satelliet gebruikt, zodat u vier trilateratieberekeningen kunt uitvoeren (één met satelliet A, B en C, een tweede met satellieten A, B en D, een derde met satellieten A, C en D en de vierde met satelliet B, C en D), de exacte tijd van de aankomst van de signalen wordt aangepast om ervoor te zorgen dat alle 4 trilateratie-experimenten dezelfde oplossing opleveren. Dus in feite synchroniseert u uw lokale ontvangerklok met het GNSS-systeem.
6. Als de tijd het toelaat, kun je wat onzekerheid introduceren. Vraag elke drie studenten om 20 mm toe te voegen of af te trekken van de oorspronkelijke gegeven afstand en knip een touw met de nieuwe lengte. Met deze nieuwe lengtes moeten ze proberen een nieuw punt te vinden waar alle touwen samenkomen



en dit op het papier aangeven en de afstand tot het oorspronkelijke punt meten. Ze kunnen doorgaan met het gebruiken van ± 20 mm en het gebied van onzekerheid vinden.

7. Bespreek de risico's van deze onzekerheid en, als de tijd het toelaat, ook waar deze onzekerheid vandaan zou kunnen komen.

Deel 3: Discussie over het gebruik van GNSS (15 minuten)

Deel 3a: Bespreking van de algemene toepassingen van GNSS (7-8 minuten)

Bespreek met de klas de toepassingen van GNSS.

GNSS-toepassingen vallen over het algemeen in 5 hoofdcategorieën:

1. Locatie – een positie bepalen
2. Navigatie – van de ene naar de andere locatie komen
3. Tracking – het monitoren van de beweging van een object of persoon
4. Mapping – het maken van kaarten van de wereld
5. Tijdsbepaling – nauwkeurige tijdsbepaling voor de hele wereld

Deel 3b: Bespreking van het gebruik van GNSS voor timing (7-8 minuten)

Bespreek in dezelfde groep verder het belang van nauwkeurige timing en waar dit voor gebruikt gaat worden (5 minuten). Laat één leerling uit elke groep de uitkomst van deze discussie presenteren (2 minuten).

Toepassingen zijn:

1. Banktransacties (inclusief geldautomaten)
2. Synchronisatie van het elektriciteitsnet van de veranderende spanning
3. Communicatiesystemen
4. Gesynchroniseerde timing van wetenschappelijke instrumenten
5. Filmindustrie (Hollywoodstudio's integreren GPS in hun filmplannen, waardoor ze een ongeëvenaarde controle hebben over audio- en videogegevens en over de sequentie van meerdere camera's.)

Deel 4: Uitbreiding

Verstop ergens buiten een 'schat' en doe een schattenjacht door afstanden te geven vanaf 3 (of meer als je wat fouten maakt) vaste punten.



3. Bijlage Achtergrondinformatie

Achtergrondinformatie

In de onderstaande video wordt uitgelegd hoe GPS werkt: [GPS uitgelegd](https://youtu.be/FQszxfVfY5o?feature=shared)
(<https://youtu.be/FQszxfVfY5o?feature=shared>)

Deze video kan voor, tijdens of na de trilateratieactiviteit worden bekeken als aanvullende informatiebron over GPS: <https://www.youtube.com/watch?v=loRQqINFzT0k> (in het Engels)

Een webpagina met allerlei toepassingen van GNSS:
<https://www.gps.gov/applications/> (in het Engels)

Informatie voor de docenten

Papier met stippen

Scholen voor beroepsonderwijs

Alle soorten MBO-scholen zouden deze activiteit kunnen doen.

