Технології точного землеробства

Супутникові просторові системи

CAH Vilentum

Супутникова система глобального позиціонування.

- Визначення позиції на землі за допомогою супутників

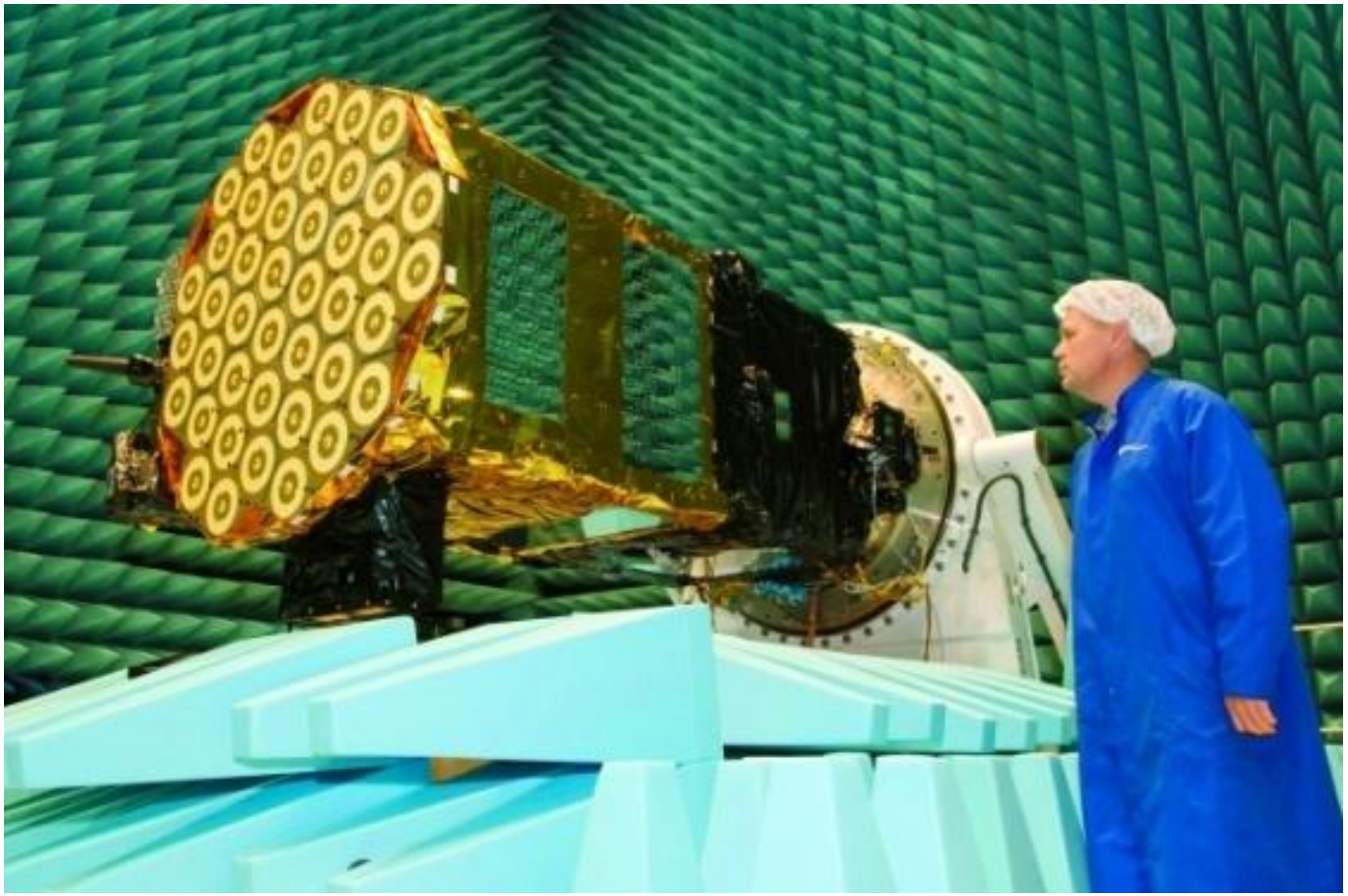
- Правильна назва: GNSS (Глобальна навігаційна супутникова система)

'GPS' це бренд!

- Завдання: вимірювання часу сигналів між супутниками і приймачами на Землі

- Відстань обчислюється шляхом вимірювання часу

Satellite with atom clocks
Супутник з атомним годинником



CAH | Vilentum

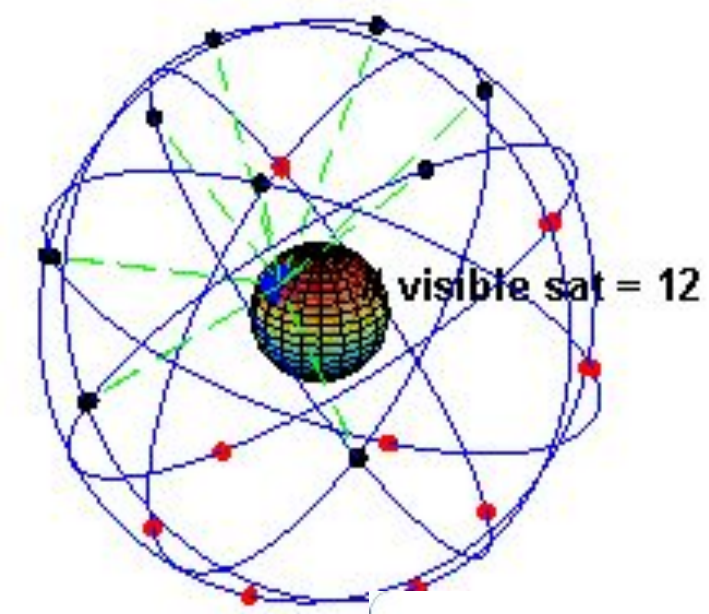
Як працює GPS?

- Супутники відправляє інформацію про своє місцезнаходження і кодовано час отримання сигналу, що був посланий.
- Цей код дозволяє приймачу GPS для визначити його відстань до супутника.

CAH | Vilentum

Системи GPS

- NAVSTAR-GPS (24 супутники)
- GLONASS (22 супутники)
- Galileo (27 супутники)



CAH Vilentum

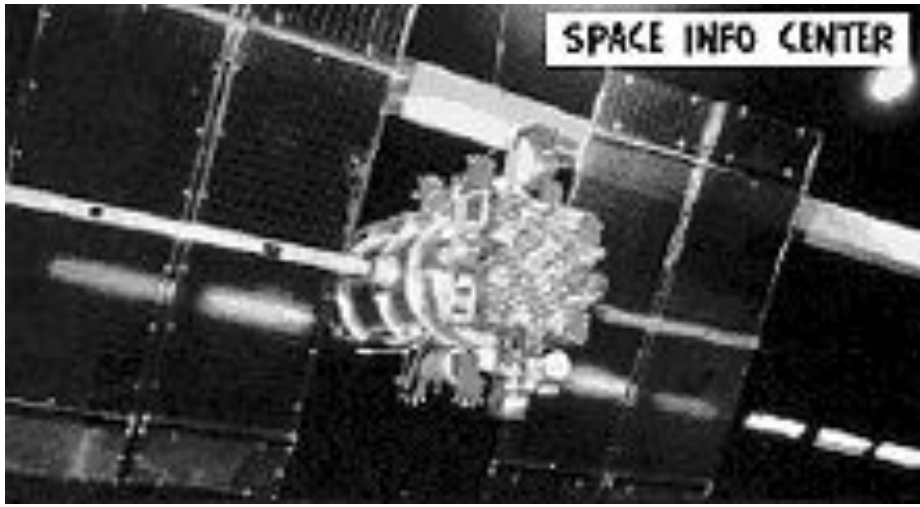
NAVSTAR-GPS

- У США розроблялась як військова система
- Навігаційна система працює в реальному часі і просторі
- З 1995 року
- 24 супутника (висота 20 км)
- Похибка позиціонування <15 метрів
- З корекцією EGNOS <1,5 метра

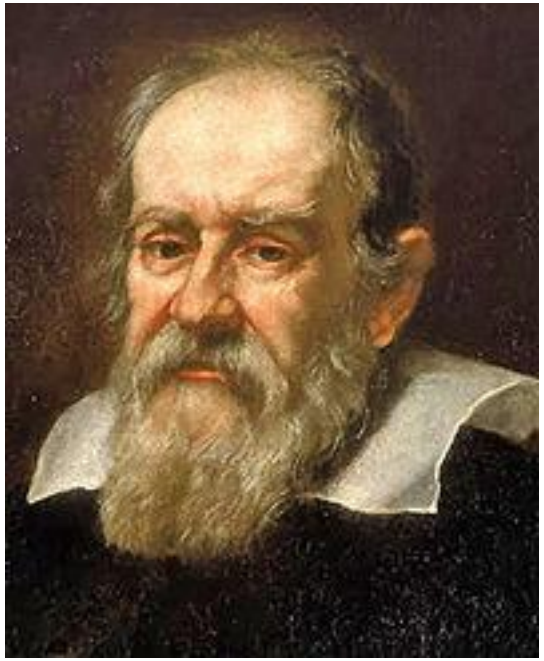
CAH Vilentum

GLONASS

- Росія: Глобальная навигационная спутниковая система
- Розроблялася як військова система
- 24 супутника 19 км
- Точність <20 метрів
- EGNOS корекції можливо (<2mtr)
- П'ять супутників завжди видно



Galileo

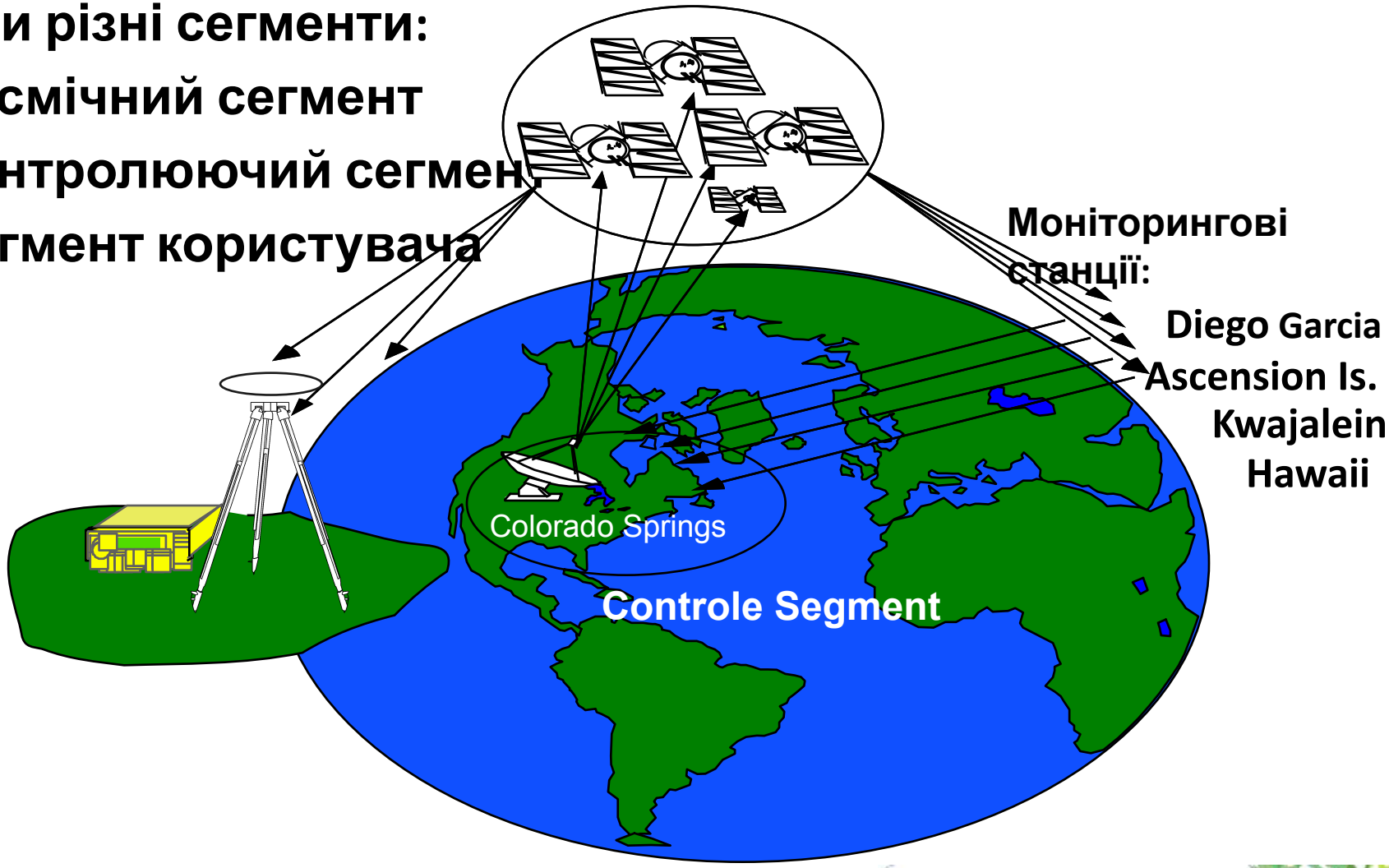


Galileo Galileï

- Європейська система
  - Розпочне роботу в 2014
  - Цивільна система
  - 27 супутників + 3 резервних
  - Висота 24 км
  - З корекцією EGNOS точність <70 cm
  - Також може працювати з сигналами від NAVSTAR-GPS та Glonass

Базові елементи системи GPS

- Три різні сегменти:
- космічний сегмент
- контролюючий сегмент
- сегмент користувача



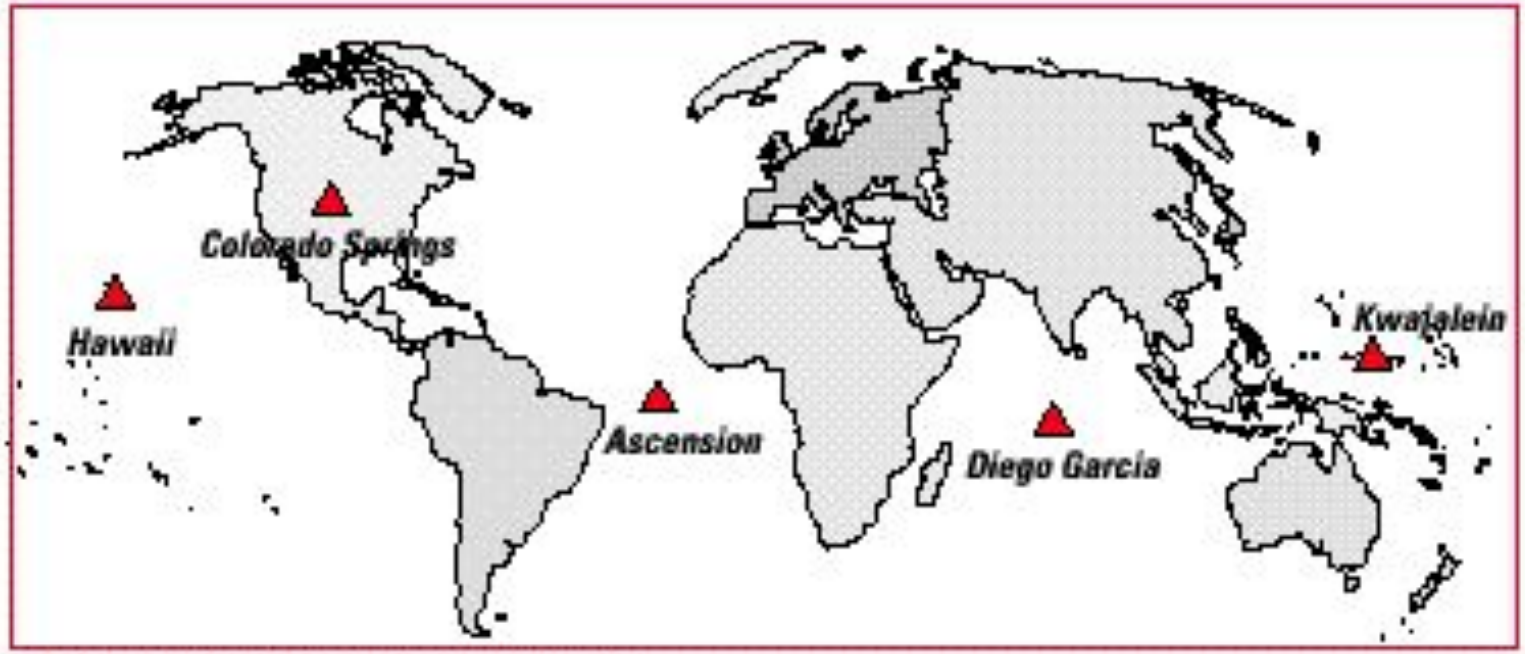
CAH Vilentum

Космічний сегмент

- 12 годинний період обертання
- 4 супутники досяжні під кутом 15° весь час

Контролюючий сегмент

- **Відстежує супутники GPS, коректує їх орбітальні позиції, калібрує і синхронізує їх атомні годинники.**



Control Segment Station Locations

Сегмент користувача

- **Будь-яка людина з приймачем GPS**

Переваги GPS

Фіксування положення в 3D

Необмежена кількість користувачів

Доступна 24 години

Доступна не зважаючи на рельєф

Доступна в усьому світі

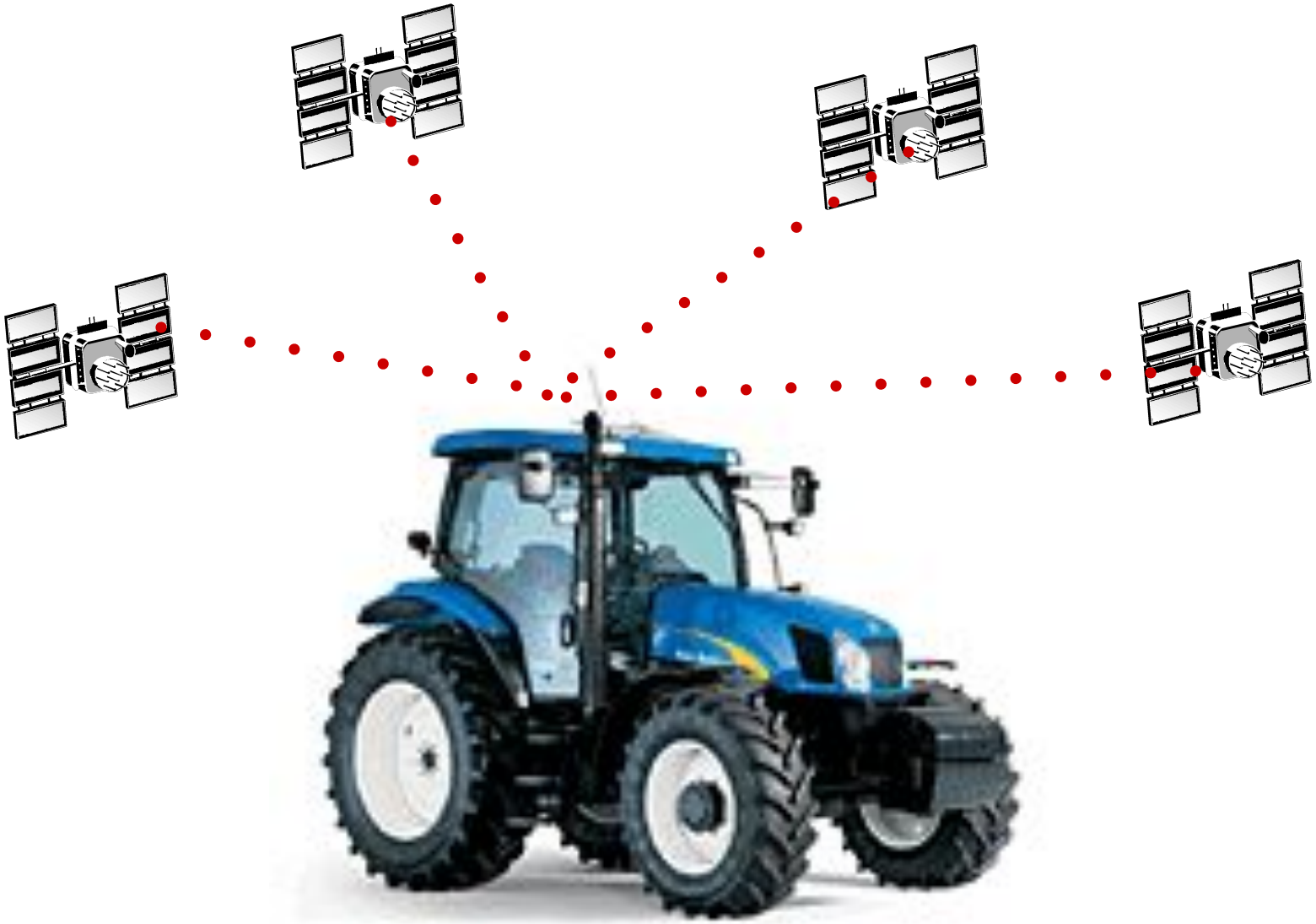
Достапна при русі

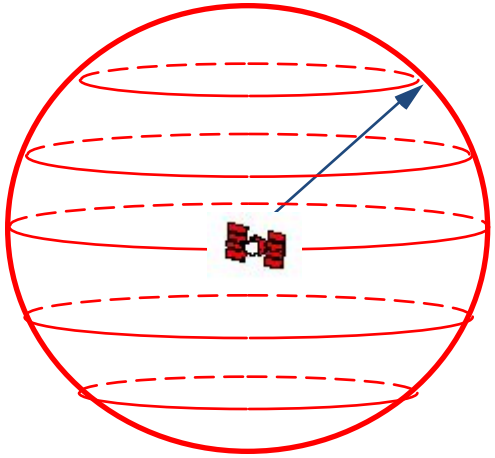
Незалежна від погодних явищ

БЕЗКОШТОВНА

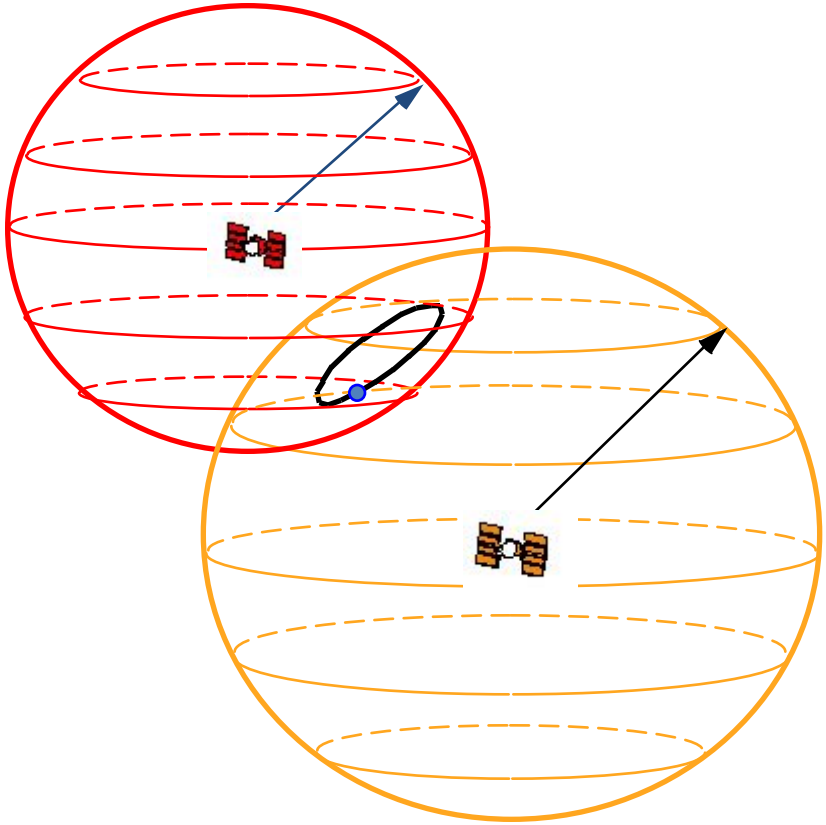
CAH Vilentum

Як це працює?

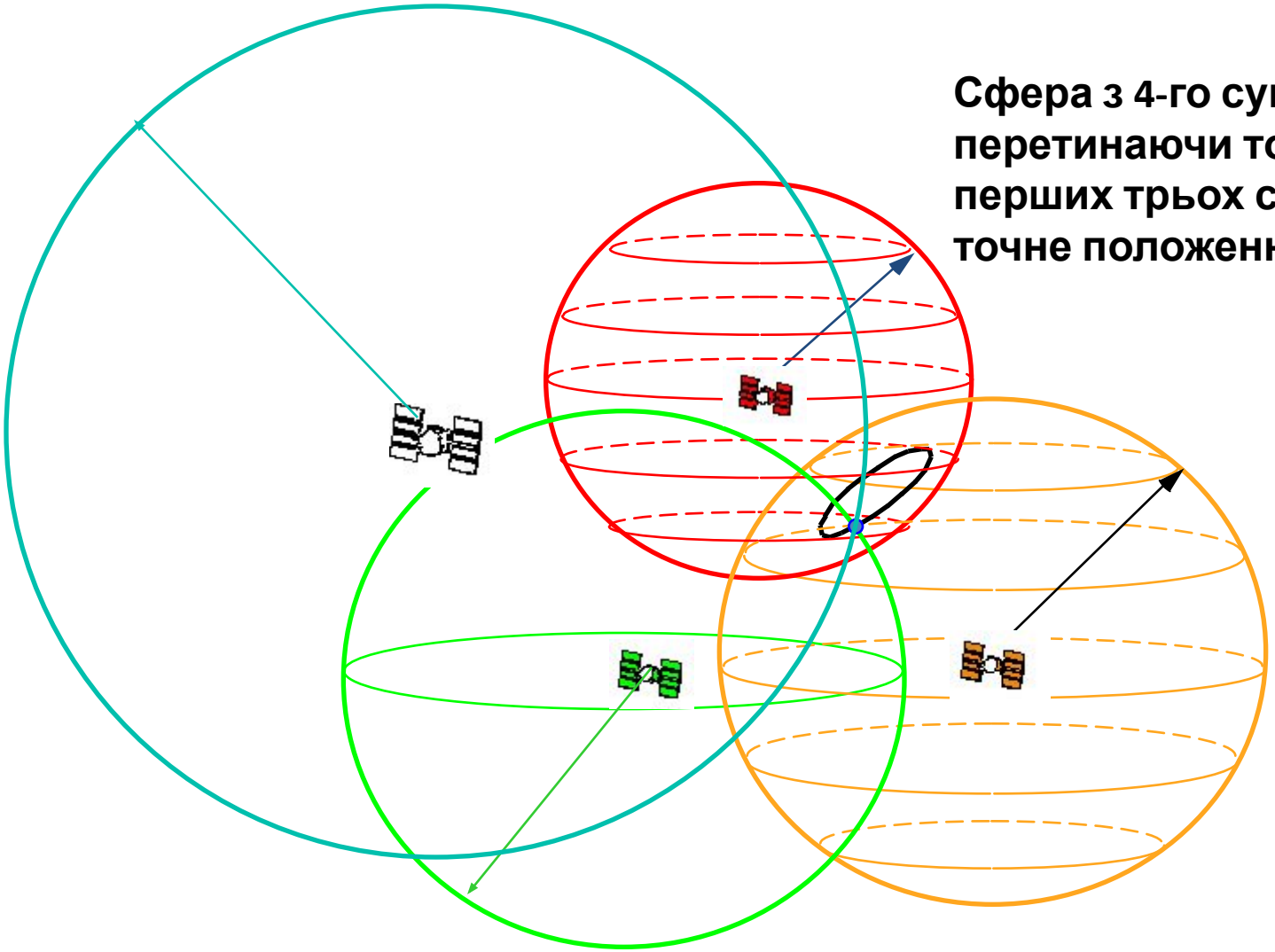




- **Швидкість світла - 300000 km за секунду**



- **Сфери сигналів двох супутників перетинаються утворюючи овал, це місце визначеня позиції обєкту.**


Сфера з 4-го супутника перетинаючи точку перших трьох сфер дає точне положення
3-тя сфера проходить через коло або сфери перших двох супутників по двох точках

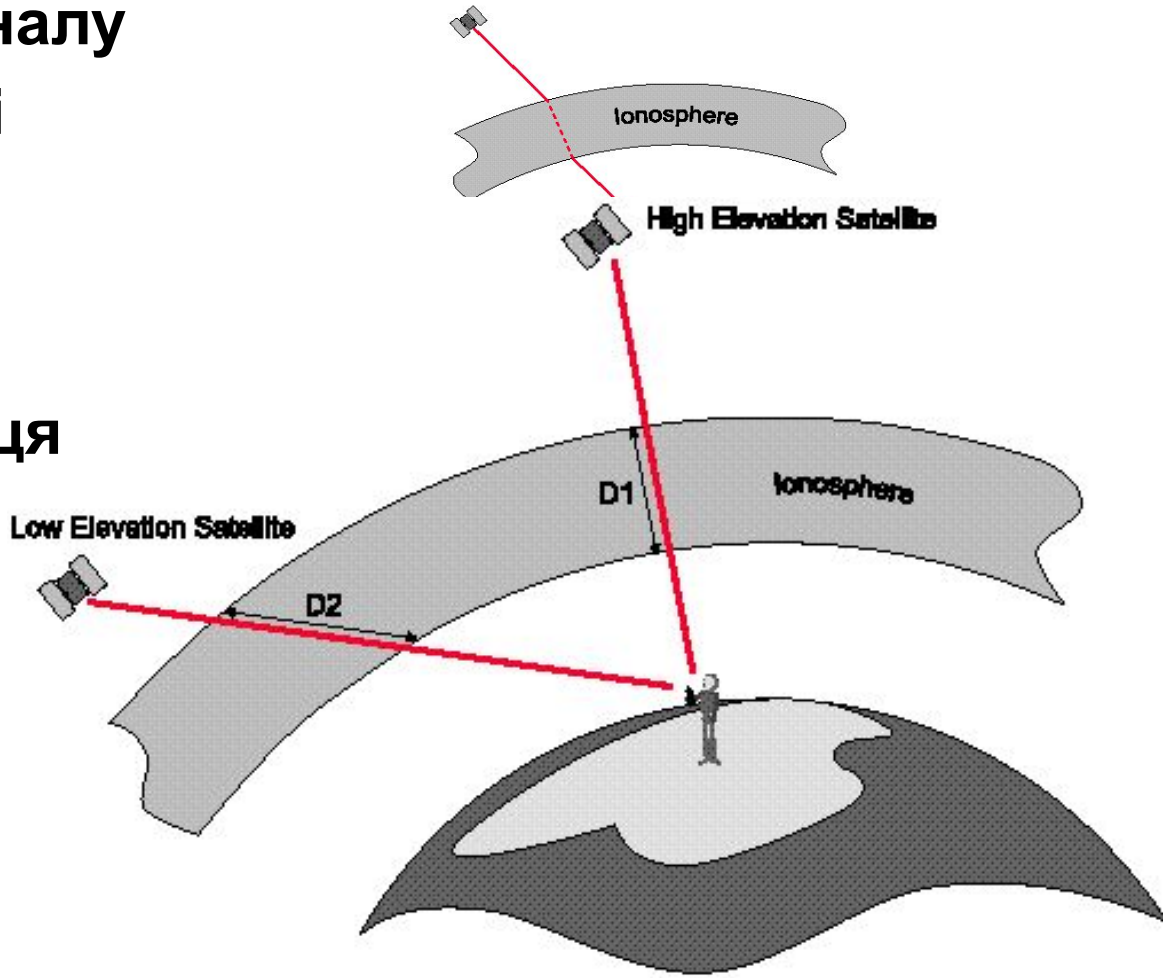
Точність GPS і впливаючі на неї фактори

- **Джерела помилки, що викликають погіршення GPS позиціонування:**
  - **Затримка сигналу в іоносфері та атмосфері**
  - **Помилки годинника супутника та приймача**
  - **Відбиття сигналу від поверхні землі та об'єктів**
  - **Зниження точності через зміну кута надходження сигналу**
  - **Обмежений доступ сигналу**

CAH Vilentum

Затримка сигналу в іоносфері та атмосфері

- Уповільнення проходження сигналу
- Різниця у відстані супутників до приймача
- Активність іоносфери та сонця



Помилки годинника супутника та приймача

- **Затримка часу проходження сигналу від супутника**
- **Неточність годинника GPS приймача**

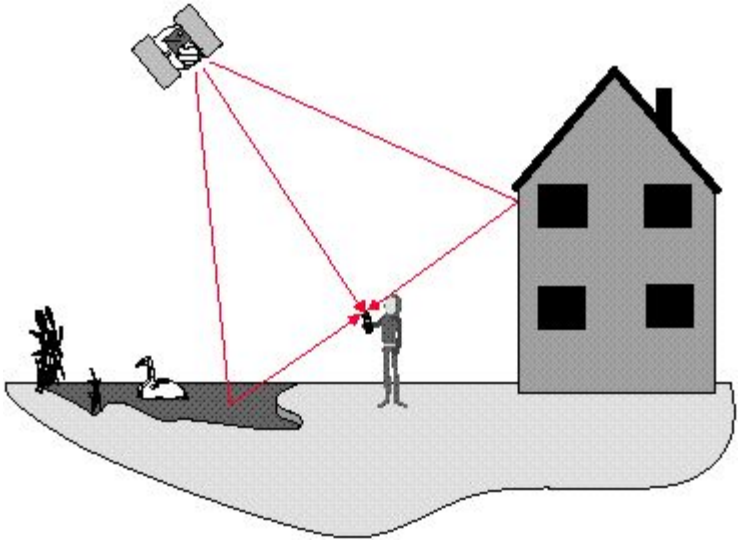
Assume a timing error of 1 micro second

speed of light in a vacuum $-186{,}000\frac{\text{miles}}{\text{sec}}$

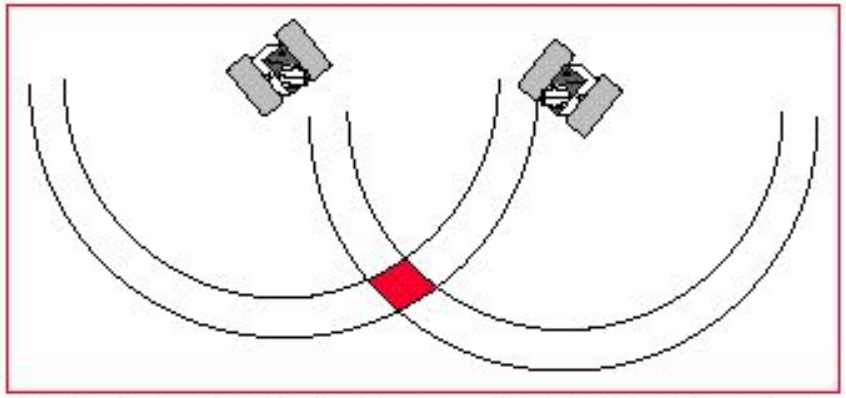
$$186{,}000\frac{\text{miles}}{\text{sec}} * \frac{\text{sec}}{1{,}000{,}000} = 0.186\text{miles} * \frac{5280\text{ft}}{\text{mile}} = 982\text{ft.}$$

Відбиття сигналу від поверхні землі та об'єктів та отримання цих сигналів одночасно з основним сигналом

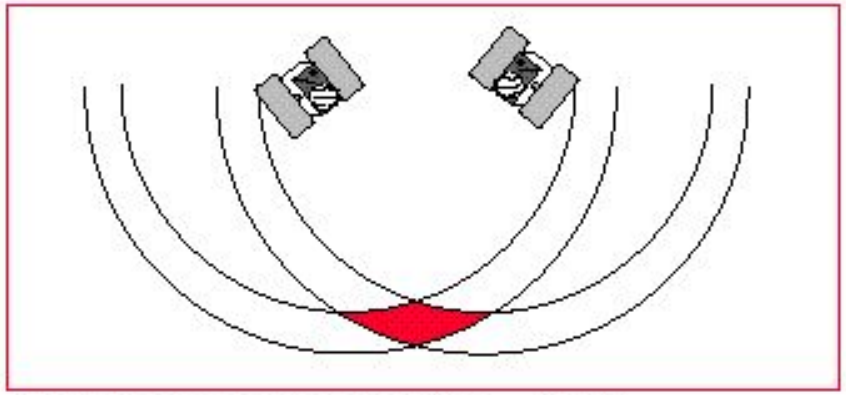
- **Відбивачі супутникових сигналів:**
  - **Вода**
  - **Будівлі**
  - **Великі дерева**



Зниження точності через зміну кута надходження сигналу при русі супутника



Well spaced satellites - low uncertainty of position



Poorly spaced satellites - high uncertainty of position

Коректність використання GPS навігації дуже залежить від уважності користувача

GPS Methods

Автономна, автомобільна навігація, трекінг

- **Автономний приймач**
- **Похибка точності позиціонування = 15-100 ССО**

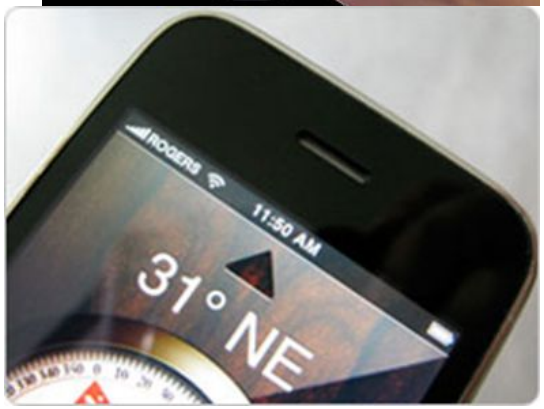
DGPS приймач із додатковими антенами

- **Точність позиціонування 0,5-1,5 ССО**
- **Позиціонування із використанням RTK (Real-Time Kinematic) сигналу в режимі реального часу**
- **Похибка позиціонування = <2 см**

Ручні GPS приймачі

Такі GPS приймачі дають можливість фіксувати:

- **Бур'яни**
- **Уражені рослини**
- **Ушкоджені хворобами ділянки поля (nematodes)**
- **Порушення структури ґрунту**
- **Надмірно сухі або перезволожені ділянки**
- **Фіксування координат, знімок проблемної ділянки, нанесення на електронну карту поля**



CAH Vilentum

Висновки

- GPS – це ключова частина в технологіях точного землеробства
- GPS технологія фактично є дорогою для створення і мінімально дешевою для використання
- DGPS має кілька видів корекції точності
- DGPS використовується для створення меж полів, відбору проб ґрунту, складання агрохімічних карт полів і карт врожайності сільськогосподарських культур
- У залежності від точності позиціонування зростає вартість послуг системи.

CAH Vilentum

CAH | Vilentum