

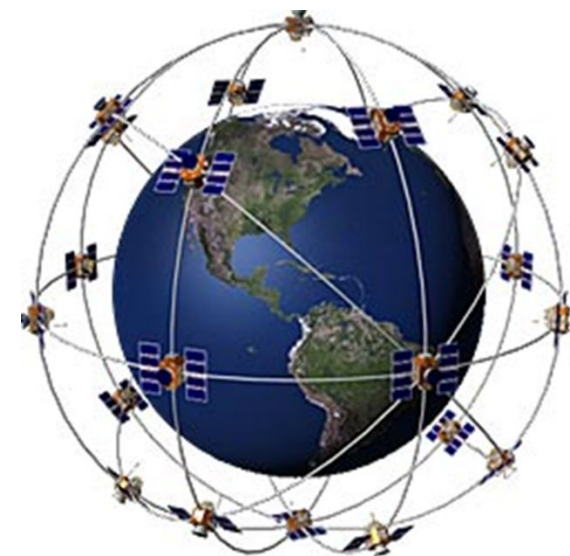
Технології точного землеробства

Супутникові просторові системи



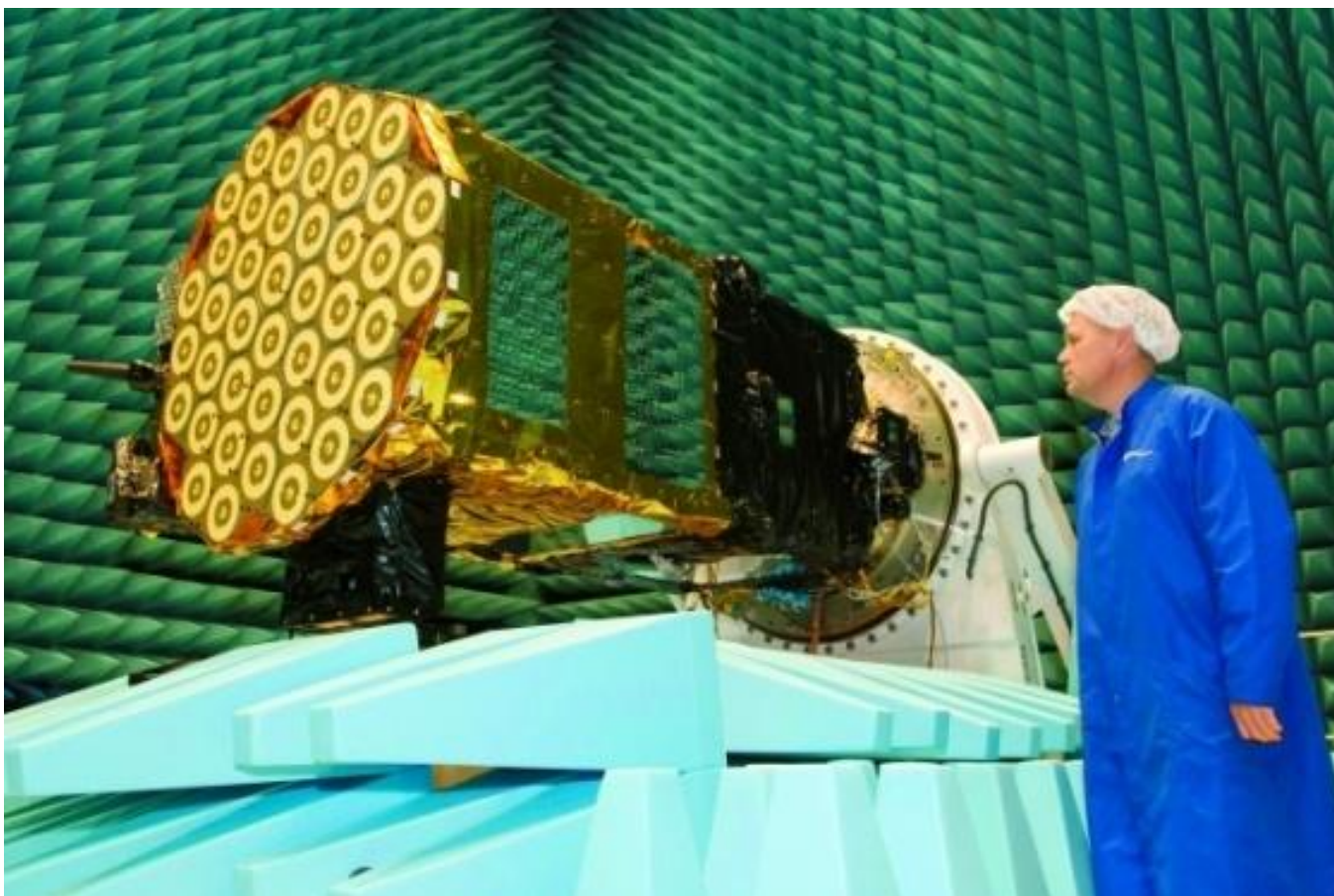
Супутникова система глобального позиціонування.

- **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



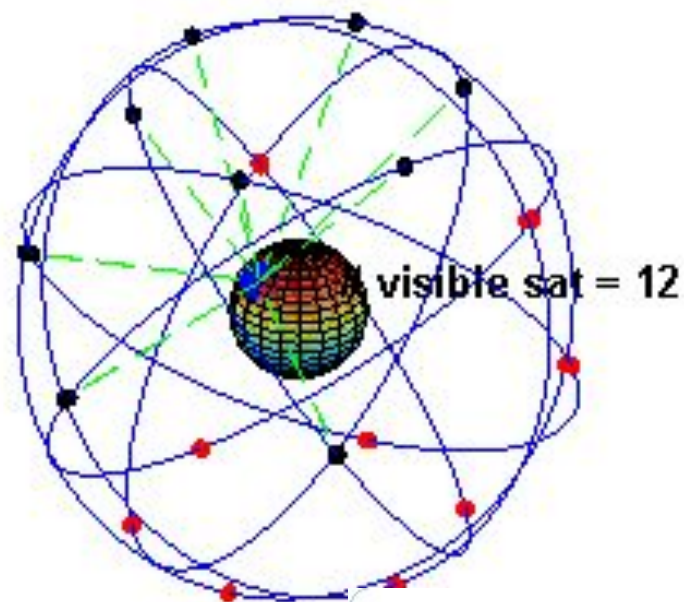
Як працює GPS?

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



Системи GPS

- NAVSTAR-GPS  (24 супутники)
- GLONASS  (22 супутники)
- Galileo  (7 супутники)



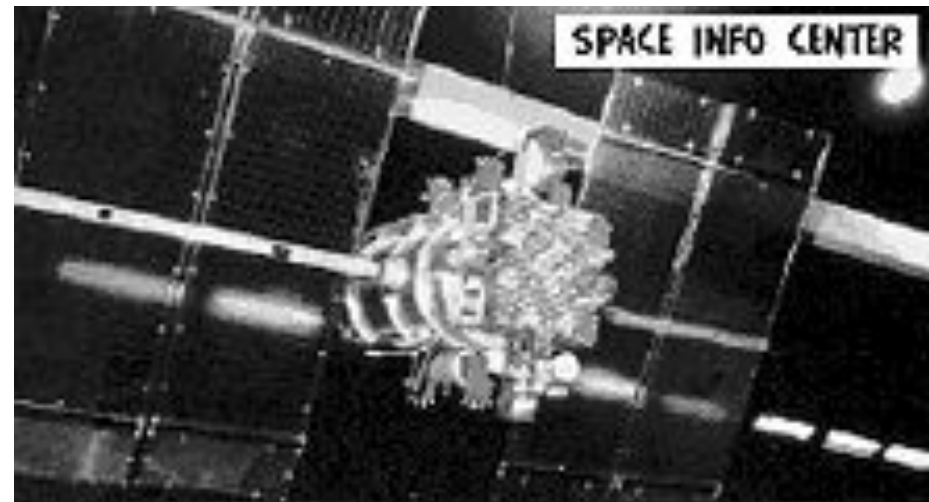
NAVSTAR-GPS

- 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



GLONASS

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



Galileo

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

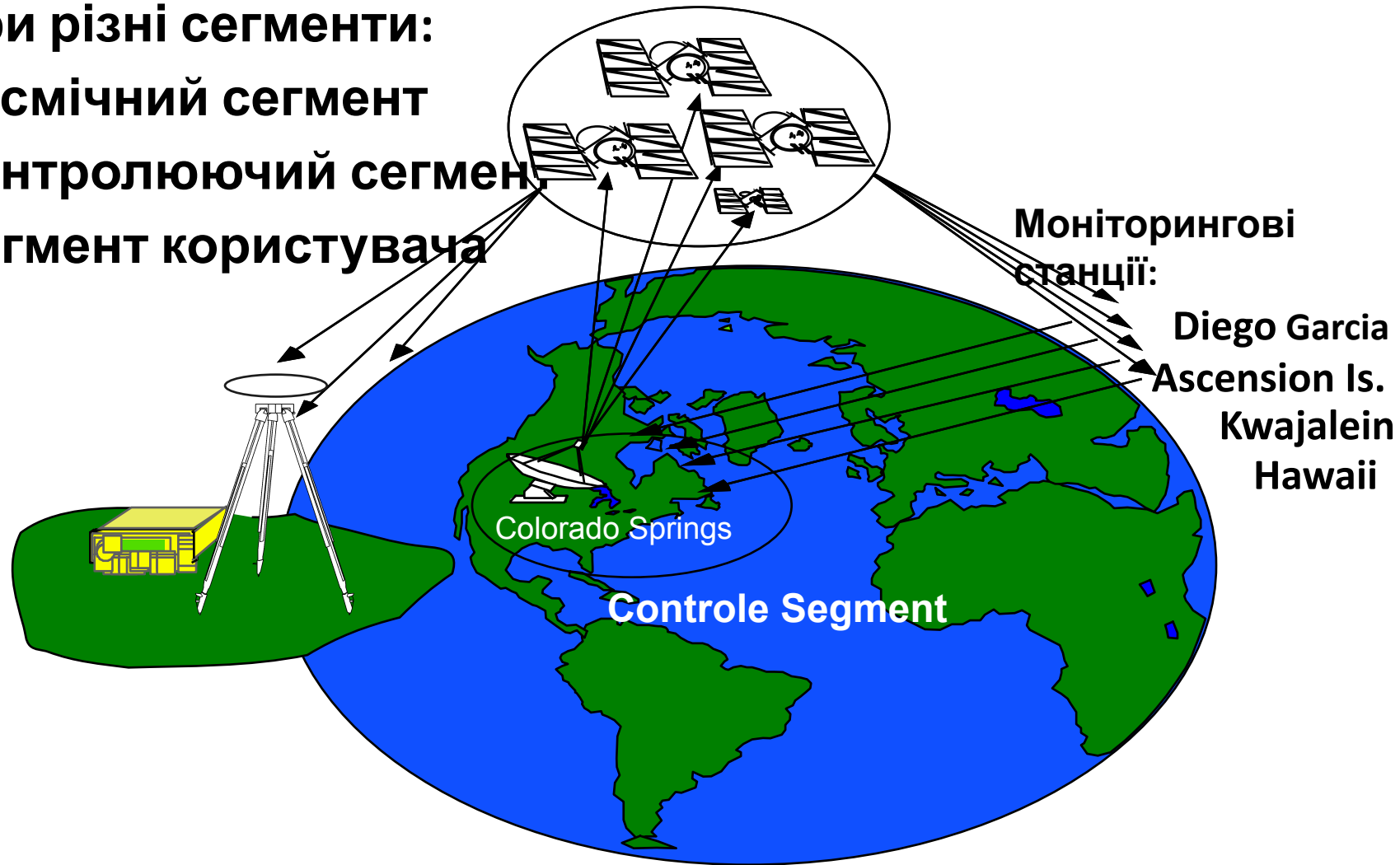


Galileo Galilei



Базові елементи системи GPS

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



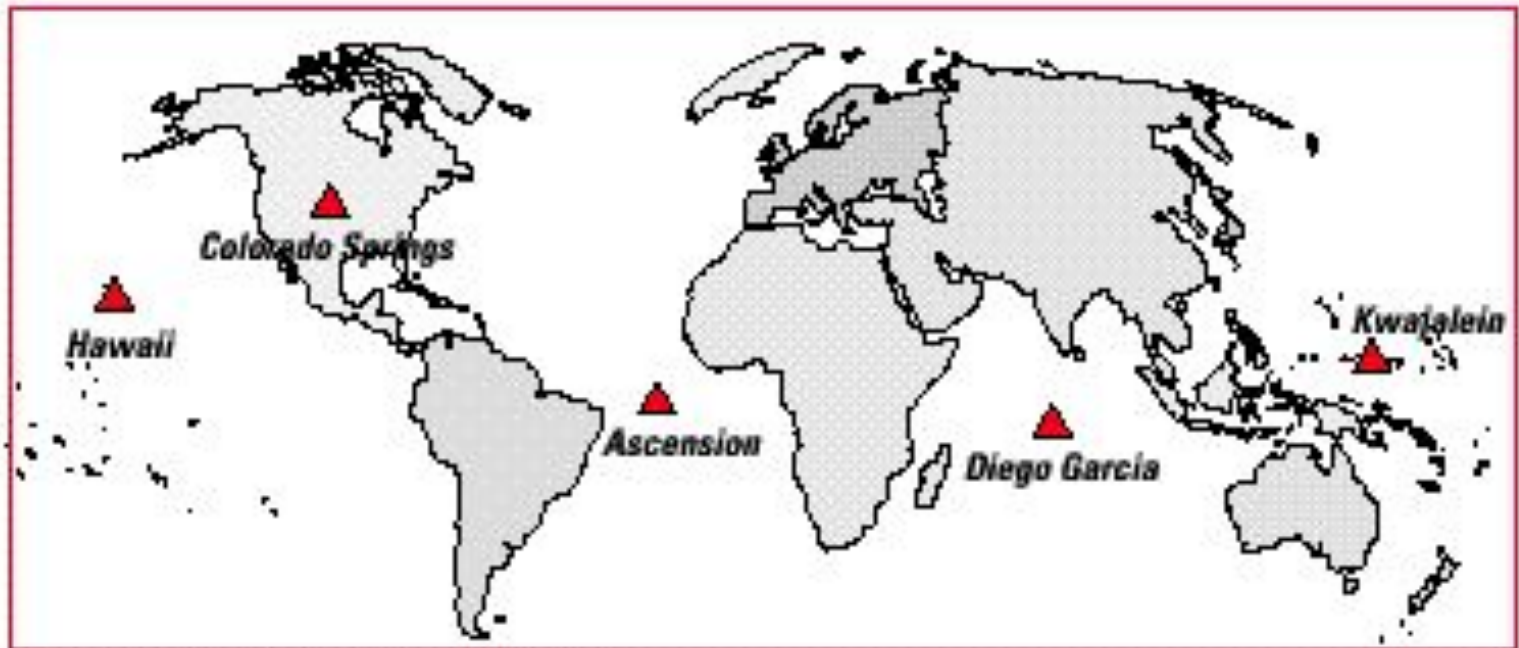
Космічний сегмент

- 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



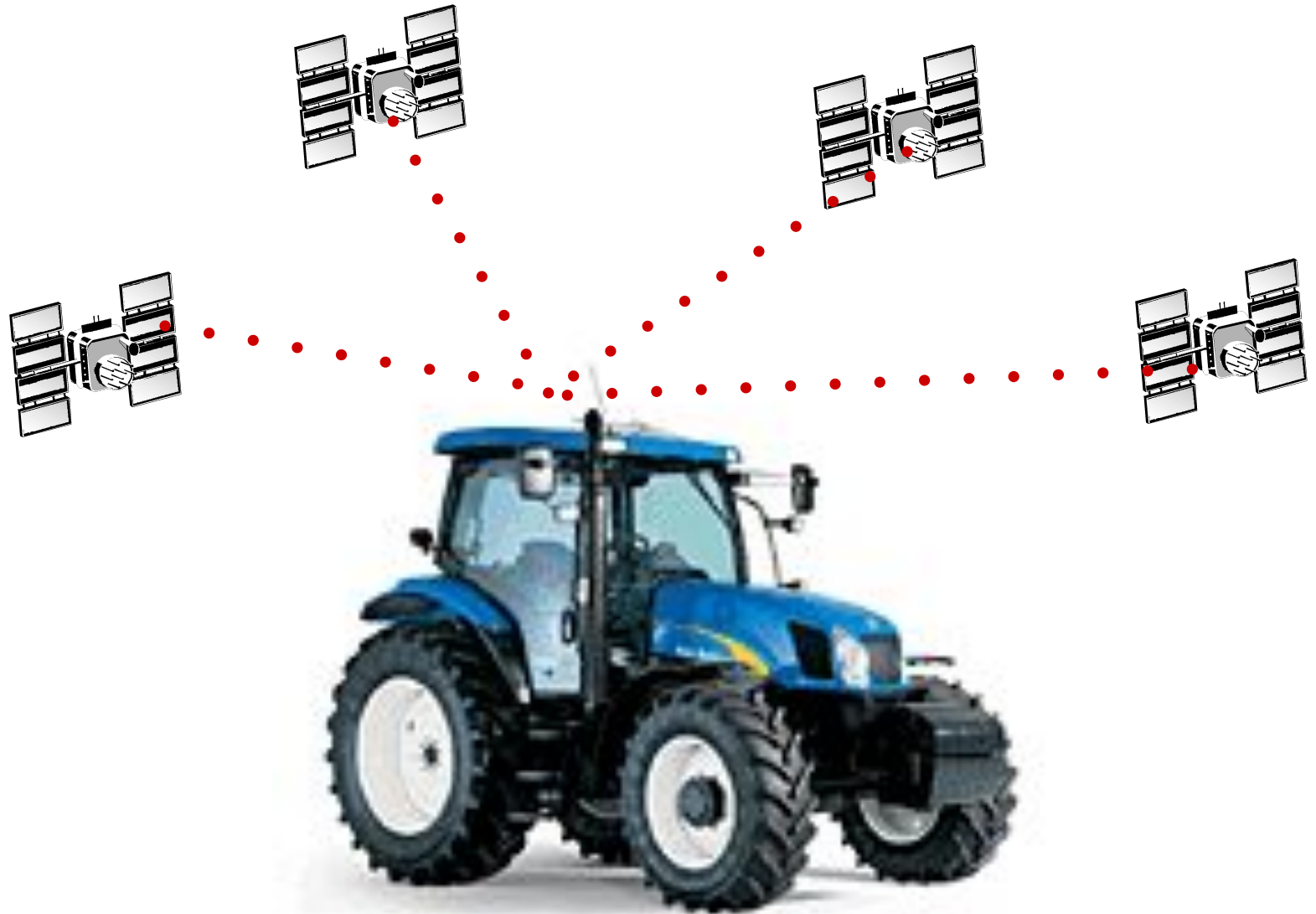
Незалежна
від погодних явищ

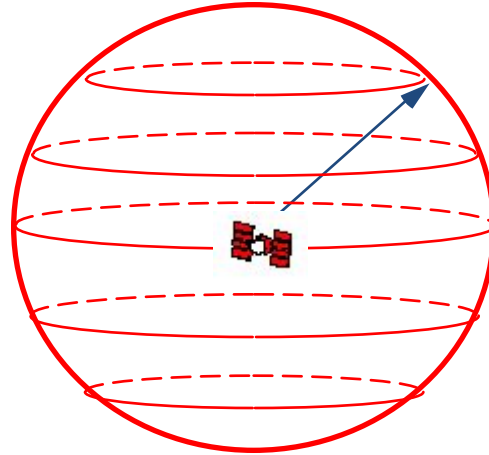


БЕЗКОШТОВНА

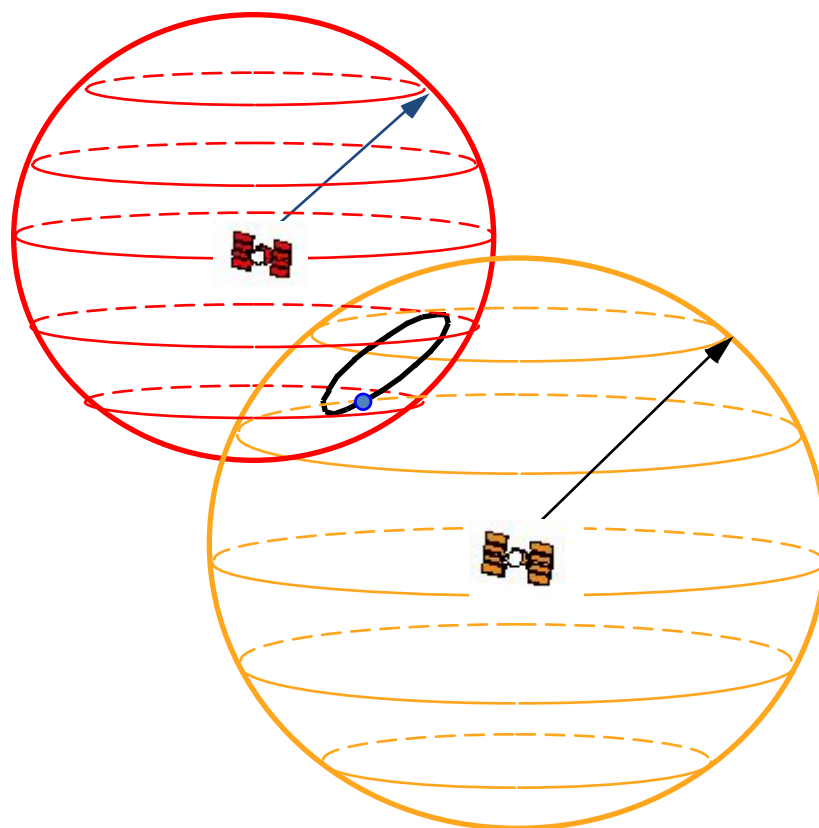


Як це працює?



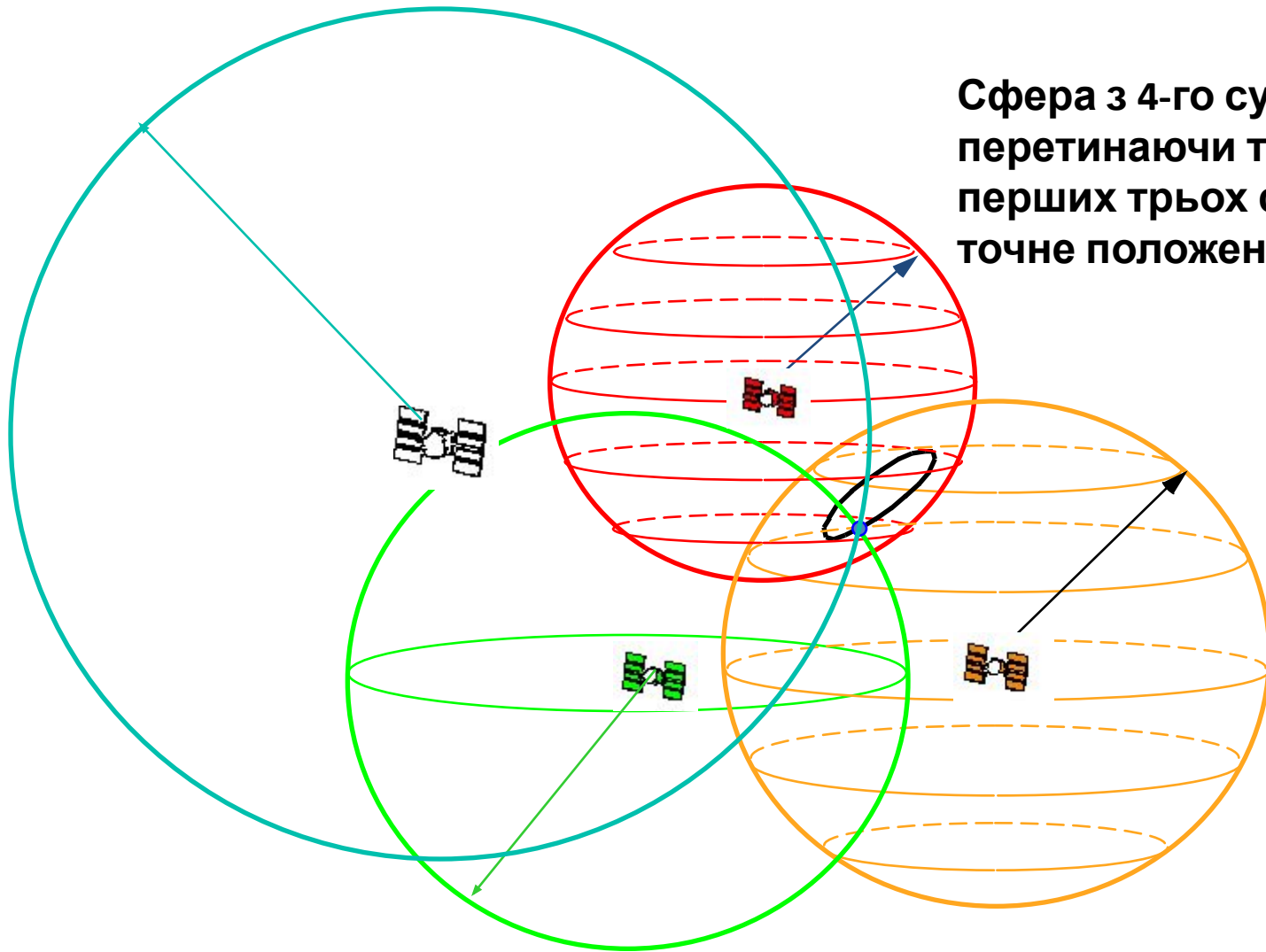


- **Швидкість світла - 300000 km за секунду**



**•Сфери сигналів двох супутників
перетинаються
утворюючи овал, це місце визначення позиції
об'єкту.**





**Сфера з 4-го супутника
перетинаючи точку
перших трьох сфер дає
точно положення**

**3-тя сфера проходить через коло або
сфери перших двох супутників по двох
точках**

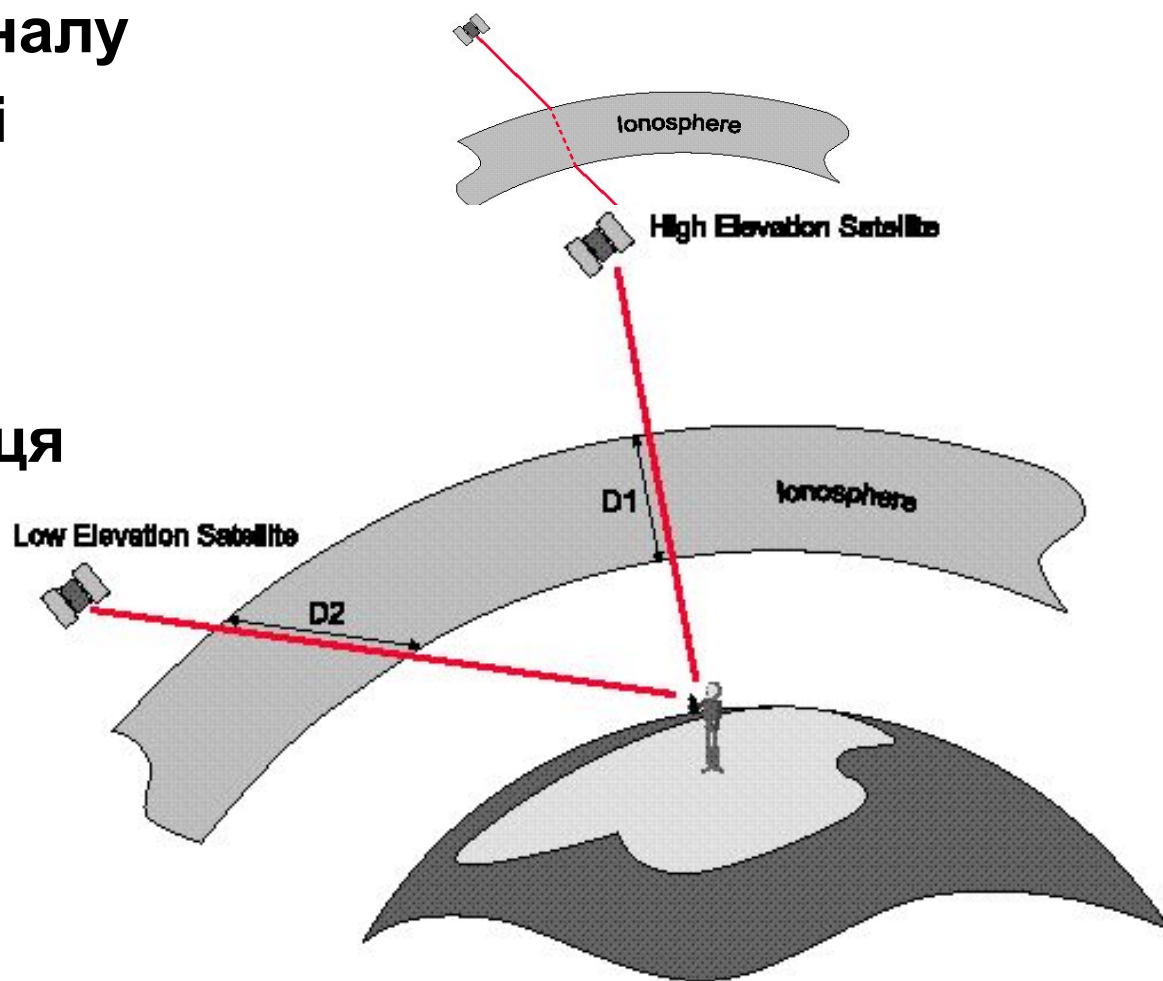
Точність GPS і впливаючі на неї фактори

- 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



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

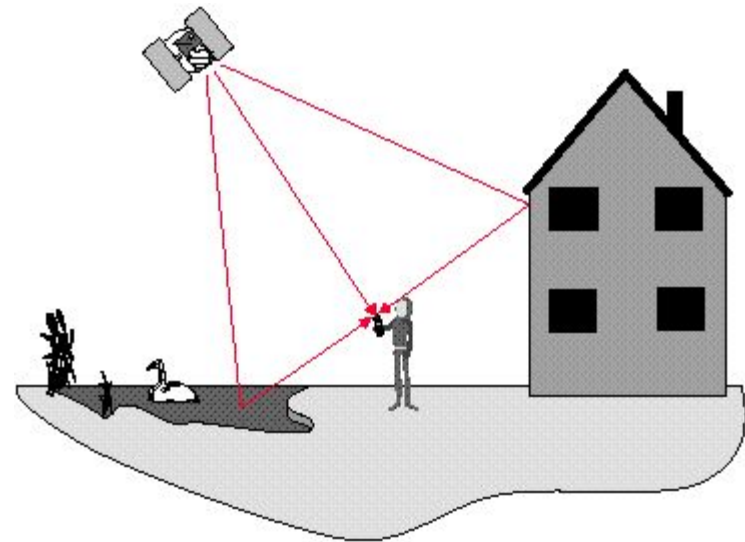
Assume a timing error of 1 micro second

$$\text{speed of light in a vacuum} = 186,000 \frac{\text{miles}}{\text{sec}}$$
$$186,000 \frac{\text{miles}}{\text{sec}} * \frac{\text{sec}}{1,000,000} = 0.186 \text{miles} * \frac{5280 \text{ft}}{\text{mile}} = 982 \text{ft.}$$

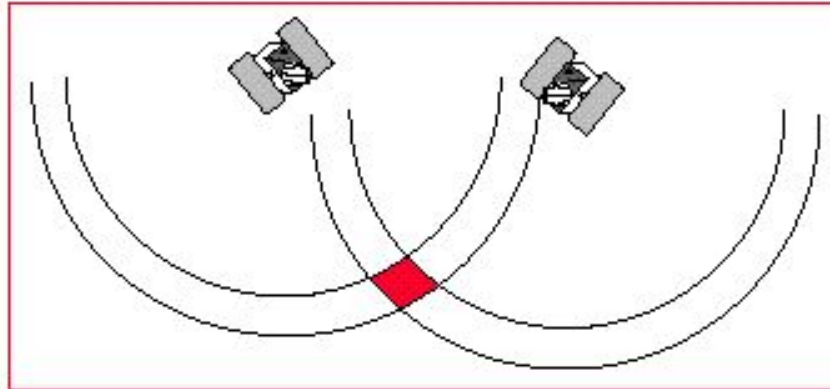


Відбиття сигналу від поверхні землі та об'єктів та отримання цих сигналів одночасно з основним сигналом

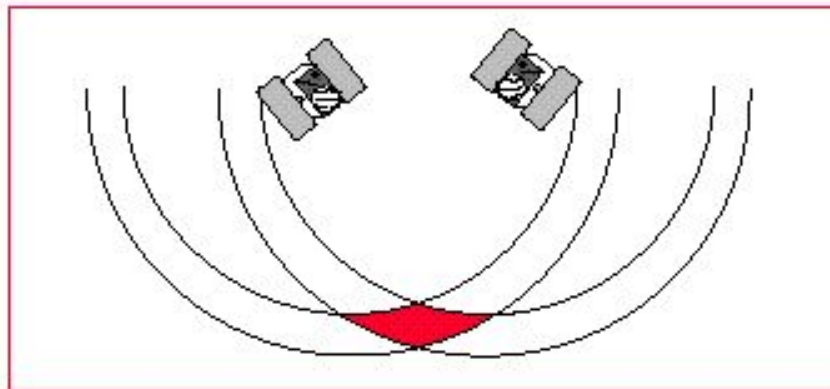
- Відбивачі супутникових сигналів:
 - Вода
 - Будівлі
 - Великі дерева



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**

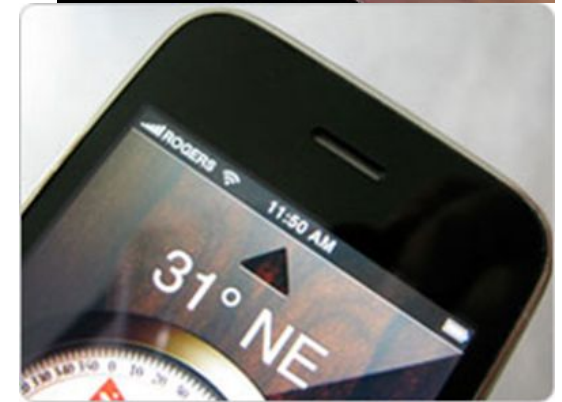
DGPS приймач із додатковими антенами

- **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



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.**



