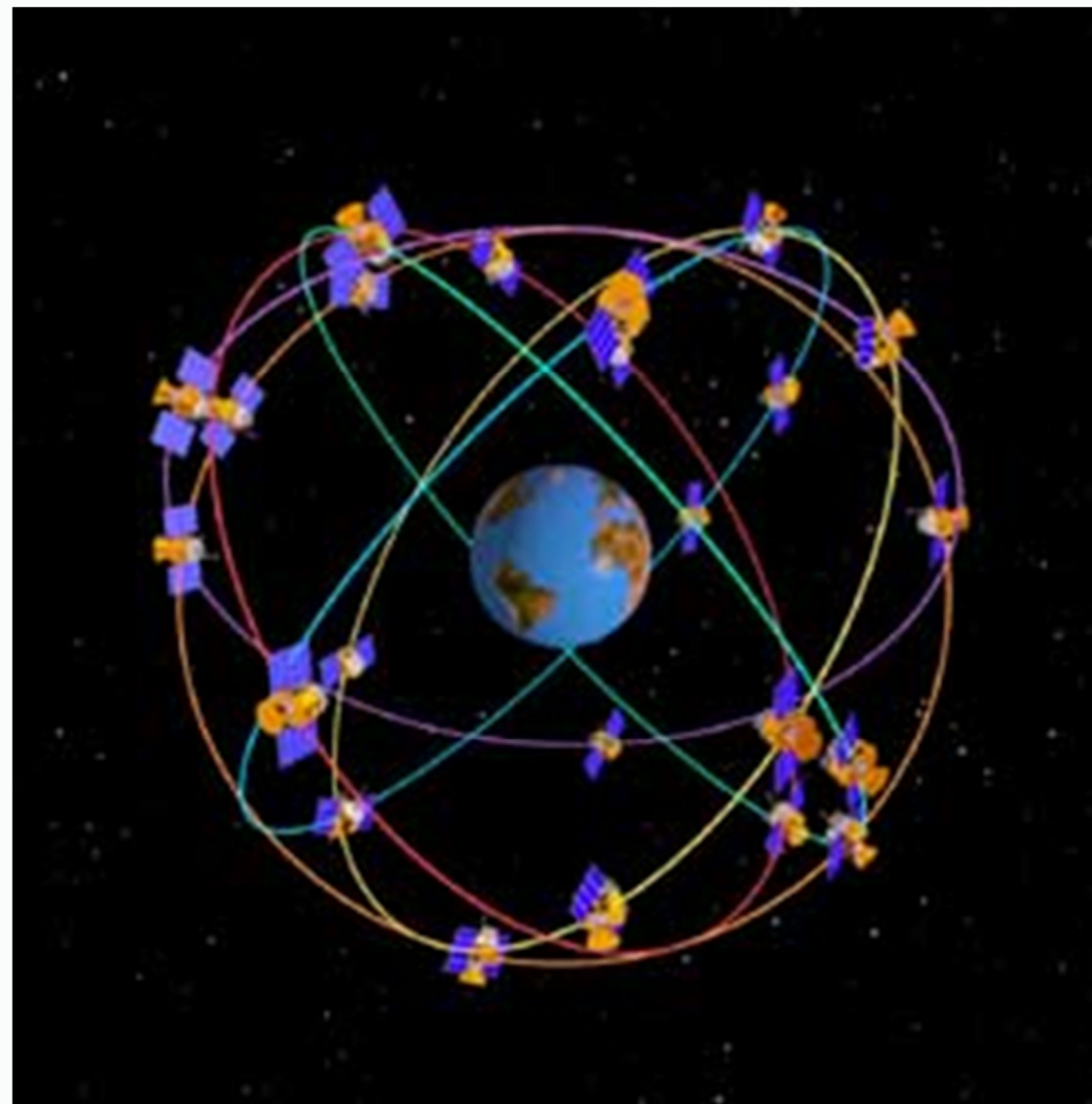


**Съществуват
фактори , които
влияят и
ограничават
точността на
позиционирането
и измерванията с
ГНСС**



Грешки при определяне на позицията

- Както всяка сложна техническа система, така и ГНСС се влияе от различни източници на грешки, което води до неточни резултати при определянето на позицията на потребителя - координатите на антената.
- В идеалния случай системата би трябвало да определя точно параметрите, необходими за изчисление на позицията, но на практика грешката достига от няколко метра до десетки метри.

Грешки при определяне на позицията

1. Източници на грешки

1.1. Неточна позиция на спътниците

1.2. Грешка в часовниците

1.3. Йоносферни влияния

1.4. Тропосферни ефекти

1.5. Многократни отражения (многолъчево разпространение – мултипад)

1.6. Непознаване на фазовия център на антената

1.7. Умишлени грешки

1.8. Лични грешки на оператора

2. Корекция на грешките

Неточна позиция на спътниците

Тази грешка се появява, когато навигационното съобщение не предава точните координати на спътниците. Позицията им обикновено е известна с грешка в порядъка между 1 и 5 метра и води до отклонение в положението от няколко метра.

Грешката в позицията на спътниците има тенденция да нараства с времето, тъй като орбиталните параметри, необходими за изчисляването на положението на спътника, се обновяват на два часа и това води до натрупване на грешка при изчисленията с времето.

Грешка в часовниците

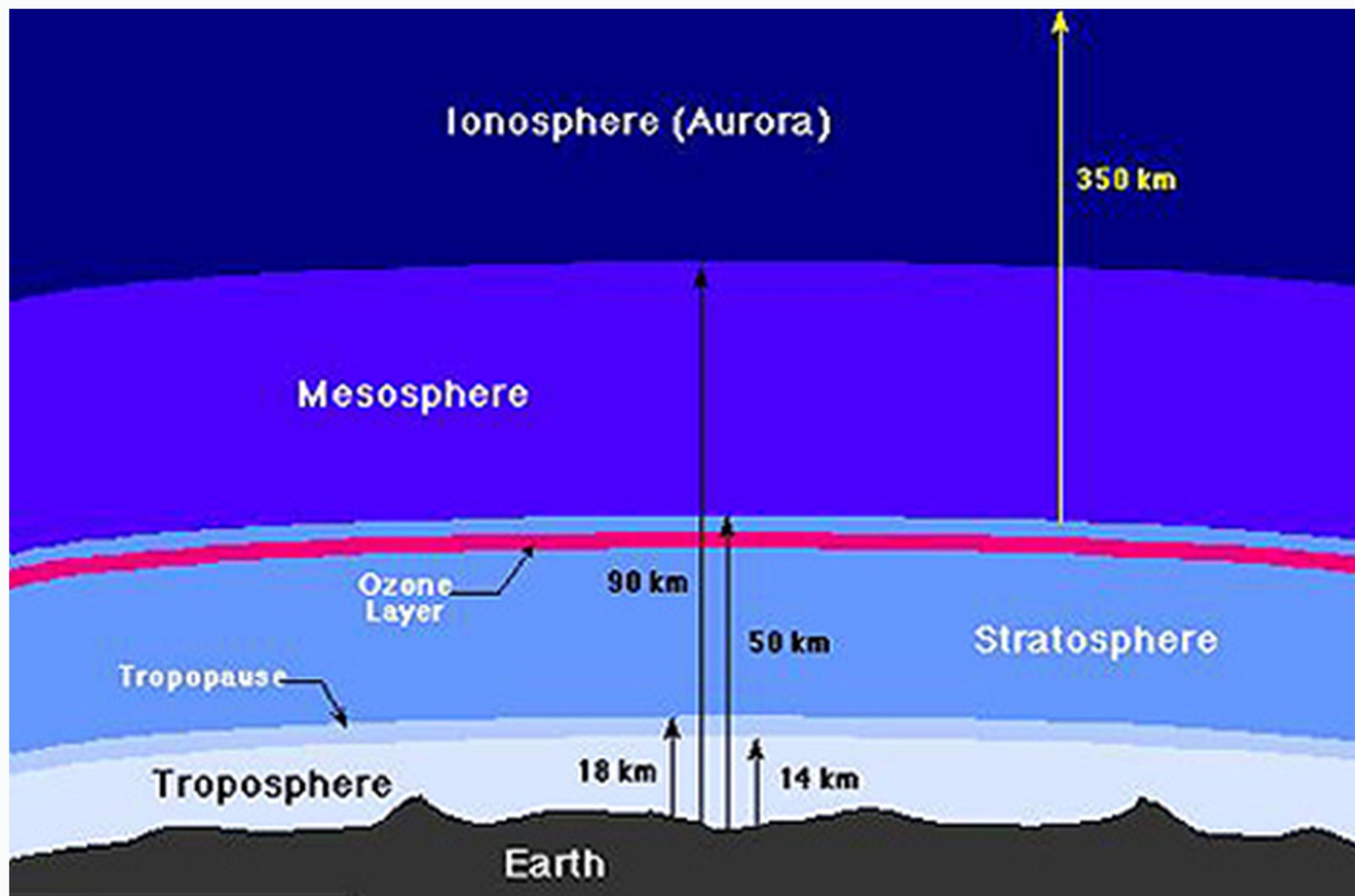
- На височината, на която сателитите летят около Земята, влиянието на гравитацията е 6 пъти по-силно от това на скоростта (забързване от порядъка на $46 \mu\text{s}/\text{ден}$ поради гравитационния ефект спрямо забавяне от порядъка на $7 \mu\text{s}/\text{ден}$ поради ефекта на скоростта).
- Поради тази причина, времето на сателитите избързва с около $38\text{-}39 \mu\text{s}/\text{ден}$. Или относителната разлика в хода ($= \Delta t / t$) спрямо един земен часовник е едва от порядъка на $4,4 \cdot 10^{-10}$, но въпреки това е по-висока от относителната точност в хода на рубидийните атомни часовници, която е по-висока от 10^{-14} .

Грешката в часовниците

Времето, което се отчита по атомните часовници на сателитите, се влияе от ефекта на разтягане на времето, обоснован от теорията на относителността на Айнщайн.

Ходът на часовника зависи както от разположението му в гравитационното поле (съгласно общата теория на относителността), така и от скоростта, с която той се движи (съгласно специалната теория на относителността).

Атмосферни ефекти



Ионосферата

Ионосферата е една от основните причини за грешки при определянето на позицията с ГНСС.

Поради наличието на свободни електрони в атмосферата от 50 до 350 км над земната повърхност (т.н. Ионосфера), скоростта на електромагнитните вълни намалява при преминаването през тази област.

В резултат на това се променя разстоянието до спътниците, изчислено на базата на скоростта на светлината във вакуум, и се получават грешки в разстоянието от порядъка на 10 метра.

За да се избегнат отклонения от йоносферните ефекти съществуват два основни метода :

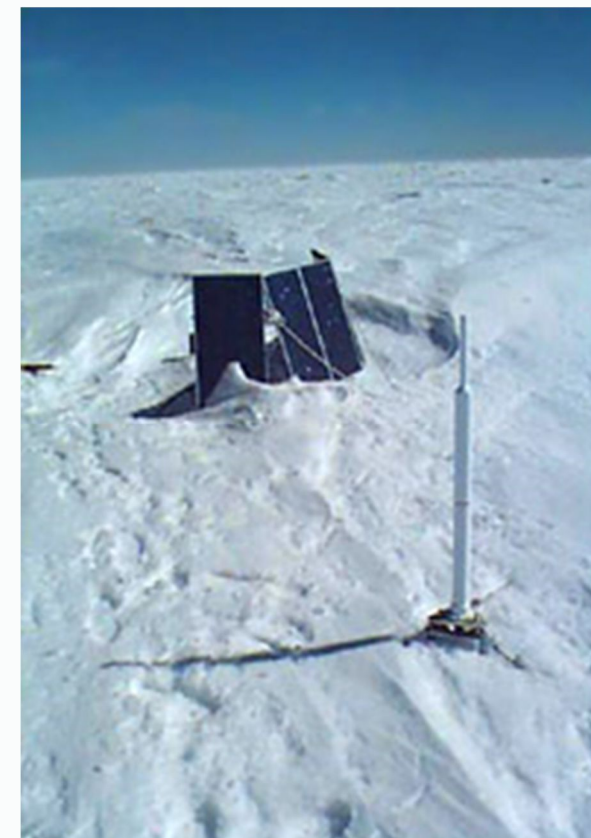
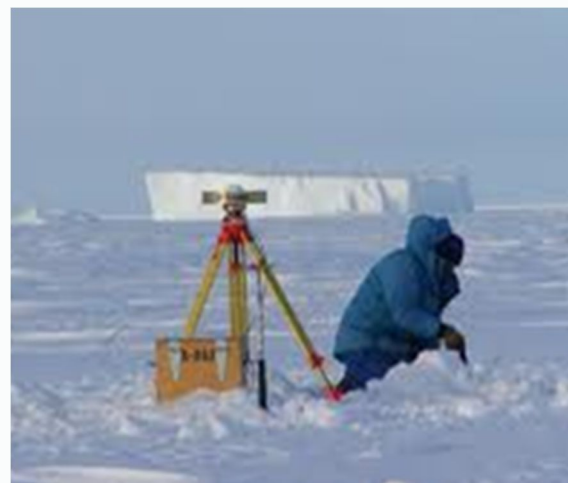
1. използване на модел на закъснението, който използва информация от навигационното съобщение за оценка на грешката.
2. използване на две честоти на сигнала, като по този начин директно се изчислява закъснението. В случая се използва свойството на сигналите, че при различни честоти закъснението в йоносферата е различно.

Вторият метод е много по-точен и практически елиминира грешката от закъснение в йоносферата, но използването на две честоти не е достъпно за цивилните потребители, а се използва за военни цели. Все пак съществуват приемници, които са способни частично да декодират двете честоти и да използват по този начин корекциите за йоносферното закъснение.

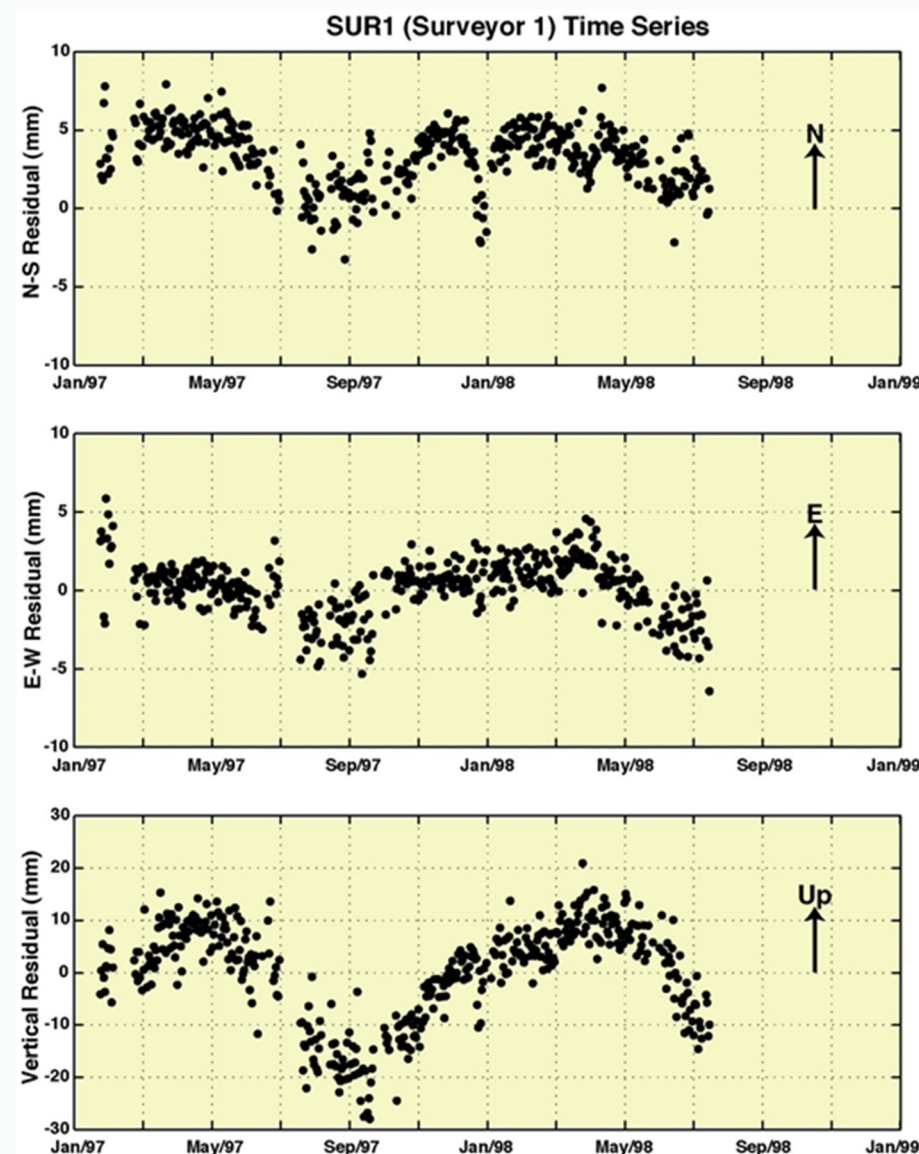
Тропосфера

- Това е най-ниския слой от атмосферата – до 10 км при полюсите и около 15 км над повърхността при екватора.
- Както йоносферата, така и тропосферата води до промяна на скоростта на разпространение на ГНСС -сигналите.
- Промяната в температурата, налягането и влажността на въздуха са фактори, водещи до промяна на скоростта на радиовълните.
- Подобно на йоносферния модел за корекция на грешката, и при тропосферните отклонения се използва моделиране за изчисление на закъснението от метео данни.

Тропосферни ефекти



Хидроложки ефект,
регистриран при
проливен дъжд,
регистриран
от постоянна станция
(- до +/- 3 cm)

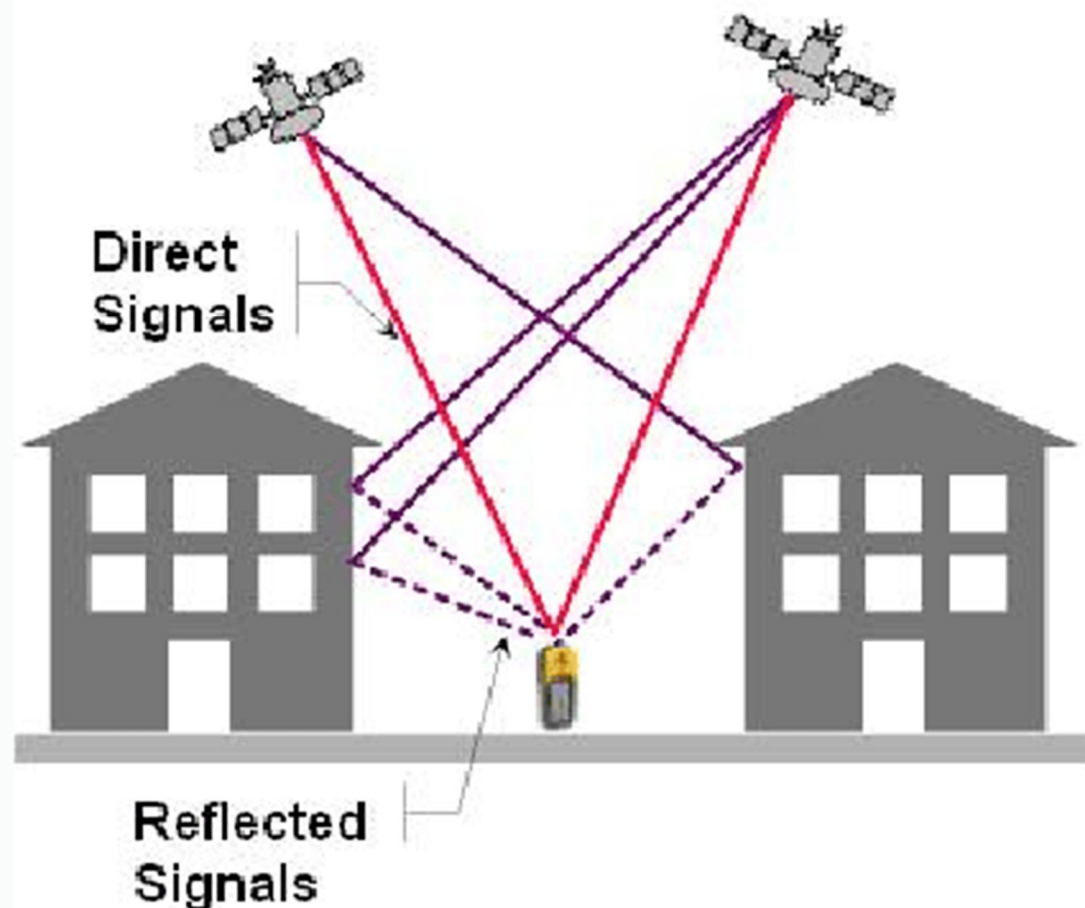


Многократни отражения (многолъчево разпространение) - м у л т и п а т

- При отражението на сигнала, пътят който той изминава, се удължава, а с това се променя и измереното разстояние до спътниците. По този начин, когато се смесят отразените сигнали с директните и се получават грешки при определяне на положението.
- Мултипат-грешките, заедно с йоносферните закъснения, оказват най-голямо влияние върху точността на позицията.

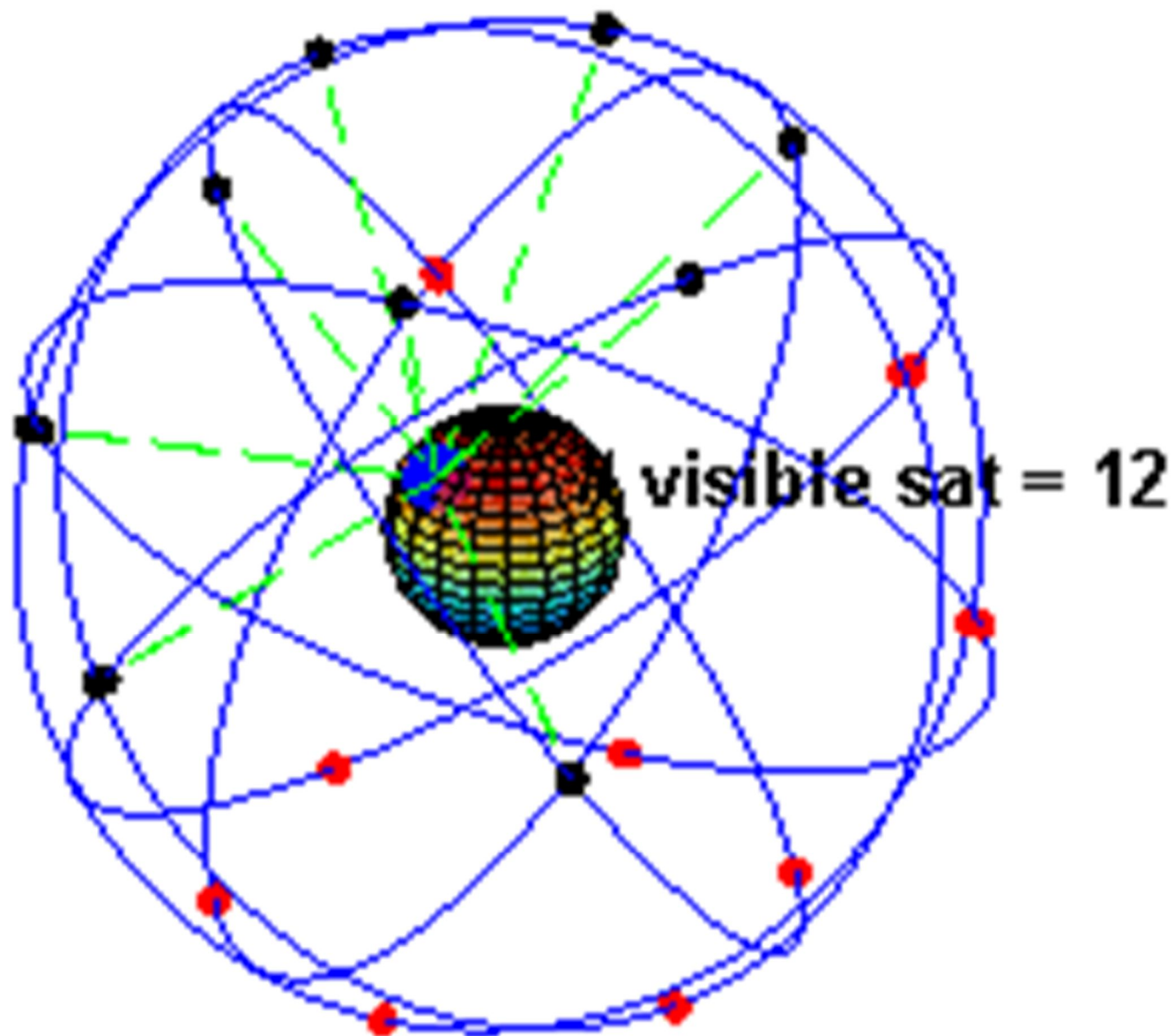
Многократни отражения

на радиосигналите в градски условия



Броят и разположението на спътниците

- **Определянето на позицията зависи от броя и разположението на спътниците. Колкото повече спътници са на разположение, толкова по-точно може да се определи положението.**
- **Разпределението на спътниците на небосклона също има значение. Колкото по-равномерно са разположени, толкова по-точна е позицията.**



Умишлени грешки

- В някои случаи тези грешки са преднамерено въвеждани от Министерствата на отбраната на САЩ и Русия, и се изразяват в промяна на параметрите на бордовите часовници и грешни орбитални параметри. Военните приемници са снабдени с кодове, които са способни да анулират тези грешки, но цивилните потребители нямат достъп до тях.
- Методът на въвеждане на грешки се нарича избирателен достъп и е отменен през 2000 г. Все пак американските, руските и другите военни си запазват правото да въведат този метод, когато смятат за необходимо.

Човешки грешки - центрирането над земен репер



Човешки грешки

- измерване на височината на антената и познаване на тази до фазовия център

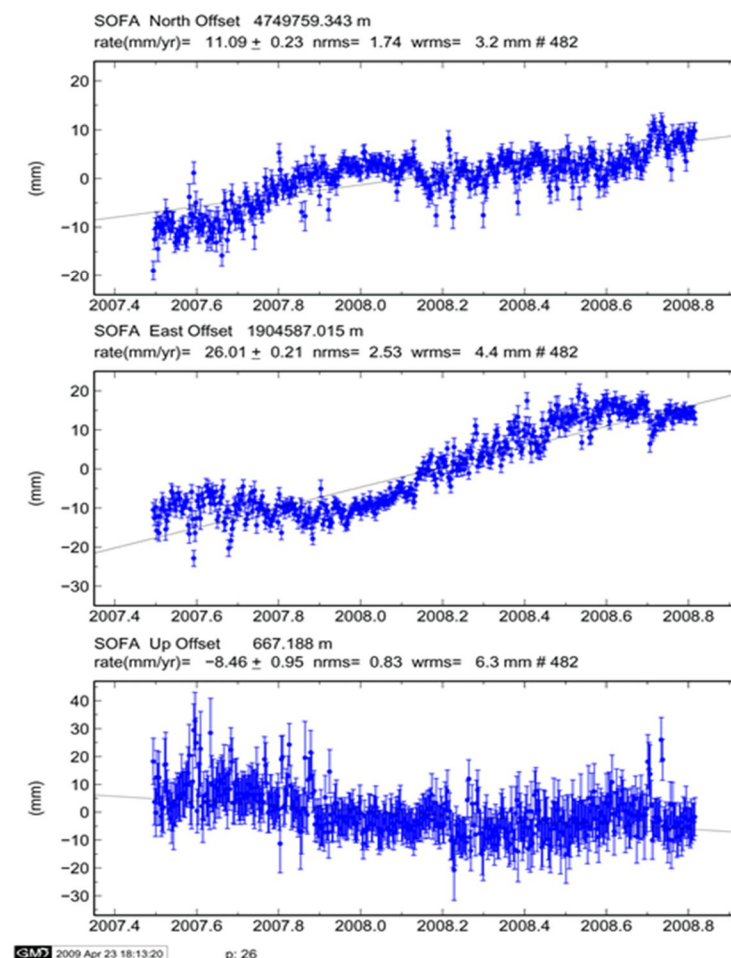
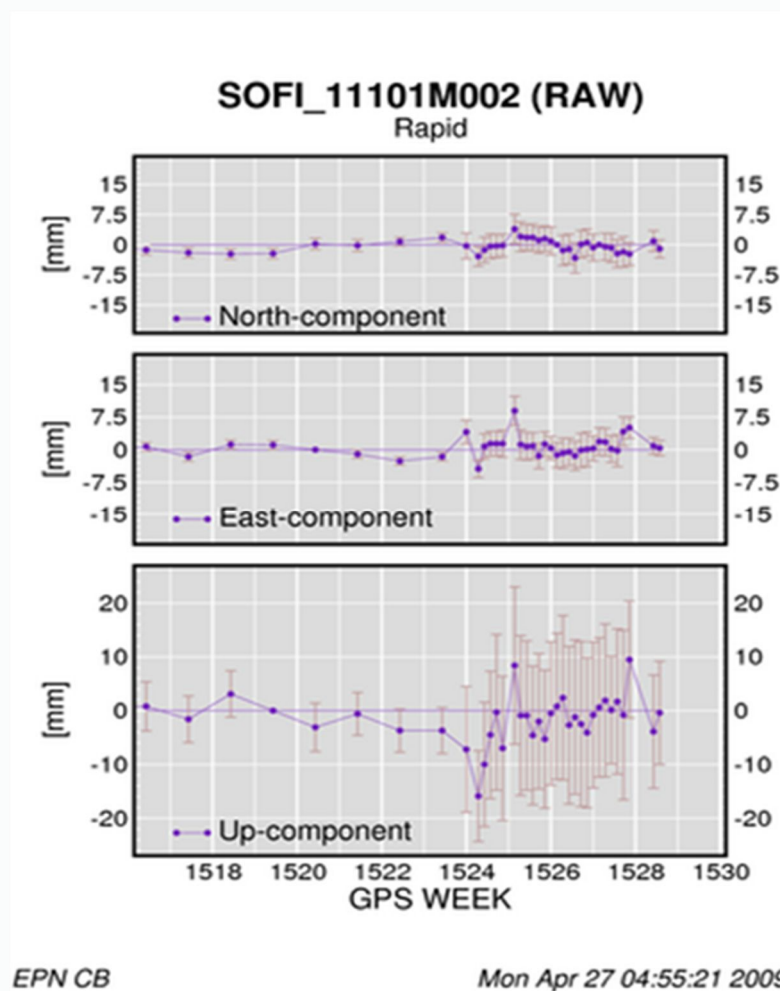


Непознаване на Фазовия център на антената



Задължителна ориентация на антената на север

Неизвестни фактори, са повлияли на регистрирациите на постоянните станции СОФИ и СОФ1



Корекция на грешките

- За подобряване на точността при определяне на координатите се използват т. н. диференциални GPS системи.
- Тези системи включват една или няколко неподвижни контролни станции с точно известни координати, в които се сравняват действителното и изчисленото положение, пресмятат се корекциите и се предават към потребителите в зоната на обслужване.

- Наред с диференциалните системи съществуват и други методи за подобрене на точността на изчислената позиция, като съчетаване на GPS приемници с инерциални системи или използване на алгоритми за определяне на изправността на спътниците.

- В първия случай, GPS приемниците се комбинират с жироскоп и акселерометър, които позволяват на приемника да определя позицията дори при загуба на сигнала.
- Във втория случай, приемниците използват алгоритми за определяне на изправността на спътниците и изключват от навигационното уравнение тези, които не са достатъчно надеждни.

Най-голямо разпространение имат системите:

WAAS (покрива Северно-Американския континент)

EGNOS (Европа и част от Африка)

и MSAS (Япония).

Принципът им на работа и начина за обратна връзка към GPS-приемника е практически еднакъв, и повечето от GPS устройства, поддържат корекция чрез една от трите системи.

ГНСС Галилео е диференциална система.

Точността на измерванията с ГНСС зависи от следните фактори :

1. типа на приемника и антената ;
2. програмите за обработка на данните ;
3. “здравето” на спътниците ;
4. разположението и броя спътниците ;
5. йоносферата ;
6. тропосферата ;
7. продължителността на измерванията ;
8. хомогенността на измерванията ;
9. разстоянието между станциите ;
10. отразените сигнали ;
11. оператора .