

2. Цифрові моделі ГІС удосконалюються, з'являються нові, наприклад цифрова модель явища.

3. Особливість формування ЦММ в геоінформаційних технологіях полягає у створенні їх як структури бази даних.

4. Інформаційно ЦММ в системі ГІС повинна бути перевизначена по відношенню до моделі одиночного об'єкту. Вона повинна містити не тільки параметри об'єкту, але і властивості класу об'єктів, а також набір методів перетворення і побудови об'єктів цього класу.

Розділ 4. СИСТЕМА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ

До недавнього часу в різних системах управління (СУ) автомобільним рухом використовувалося, як правило, неавтоматизоване управління.

Основні функції управління рухом, режимами роботи двигуна, перевірка цілісності вантажу та інші здійснювалися водієм. Диспетчер тримав зв'язок з водієм по телефону або радіо (рис.4.1).

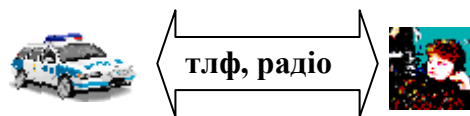


Рис.4.1. Зв'язок диспетчера із водієм

Розвиток інформаційних технологій, зокрема ГІС, методів і систем супутникового зв'язку, реалізація цифрових методів передачі даних створили перспективи для подальшого удосконалення і розширення можливостей СУ автомобільним транспортом.

На сьогоднішній день широке використання знаходять АСУ рухом автомобільного транспорту, які вирішують 2-і основні задачі:

1. Задача попередження наїзду на перешкоди і забезпечення безпеки руху;

2. Задача забезпечення проїзду автомобільного транспорту з однієї точки в іншу (задача навігації).

Супутникова навігація все частіше входить до складу АСУ автомобільним транспортом і є її фундаментальною частиною, оскільки забезпечує безперервність, надійність зв'язку і контролю в будь-якій точці земної кулі.

4.1. Введення в основи системи GPS

Система Глобального Позиціонування (GPS або Global Positioning System) є супутниковою і працює під управлінням Міністерства Оборони США. Система GPS використовується для визначення місцеположення об'єктів на всій поверхні Землі з дуже високою координатною точністю і часом, за допомогою декількох супутників, розташованих на проміжній орбіті навколо Землі. В США система GPS носить назву система **NAVSTAR**. Система є глобальною, всепогодною і забезпечує можливість отримання точних координат і часу 24 години на доба.

Попередниками системи GPS були системи *LORAN* і *OMEGA*, в яких використовувалися довгохвильові радіопередавачі. Радіоімпульс передавався від головної станції на другорядні. Затримка сигналу суворо контролювалася. Приймач порівнював затримку між отриманням і відправкою сигналу. По відстані і розраховувалося місцеположення об'єкту.

Першою супутниковою навігаційною системою (СНС) стала система "**Transit**" ("Транзит"), яка почала розроблятися ще в 1958 році в США. В 1959 році на орбіту був виведений перший навігаційний штучний супутник Землі, а в 1964 році вступила в експлуатацію система для забезпечення американських атомних ракетних підводних човнів. Для комерційної експлуатації система "Transit" була надана в 1967 році, причому кількість цивільних користувачів незабаром істотно перевищила число військових. До кінця 1975 року на кругових навколоземних орбітах (заввишки близько 1000 км) знаходилося шість навігаційних космічних апаратів (НКА). СНС працювала за принципом "ефекту Доплера". Супутники оберталися уздовж відомих орбіт і передавали сигнали на відомій частоті. Частота, на якій велася передача, відрізнялася від частоти, на якій працював прийом унаслідок руху супутника відносно приймача. Одержавши різницю в частоті і знаючи орбіту супутника, приймач міг визначити своє приблизне місцеположення. Супутник випромінював сигнал на двох частотах – $L_1=150$ і $L_2=400$ МГц, середньоквадратична погрішність визначення місця об'єкту на земній поверхні складала 100 метрів. У 2000 році система була виведена з експлуатації.

У СРСР (а потім і в Росії) була розроблена СНС “*Цикада*”. Ця система веде своє літочислення з 1967 року, коли був виведений на орбіту перший навігаційний супутник “Космос”. Повністю система введена в експлуатацію в 1979 році у складі чотирьох НКА, виведених на кругові орбіти заввишки 1000 км, нахилом 83° і рівномірним розподілом площин орбіти уздовж екватора. Система дозволяла спостерігачу кожні 1,5 - 2 години визначати координати свого місцезнаходження при тривалості навігаційного сеансу до 10 хвил. “Цикада” також використовувала доплерівський здвиг частоти сигналу передавача для визначення координат місця. Пізніше космічні апарати цієї системи були дооснащені апаратурою для виявлення терплячих біду об'єктів, обладнаних радіобуями, які випромінювали спеціальні сигнали. В даний час “Цикада” має обмежене застосування в навігації. Для визначення координат кораблів ВМФ СРСР використовувалася низькоорбітальна супутникова навігаційна система “Цикада-М”, яка має характеристики, близькі до системи “Цикада”.

Як працює система GPS

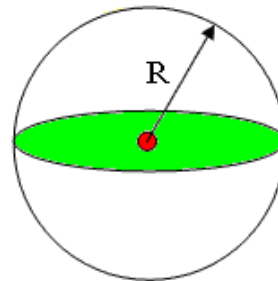
Супутники передають сигнал, в якому є інформація про місцезнаходження супутника і час передачі сигналу. За допомогою атомного годинника робота всього угруповання супутників чітко синхронізована. Приймач порівнює час передачі повідомлення і час його отримання, орієнтуючись на свій внутрішній годинник. Ці вимірювання порівнюються з сигналами від декількох супутників і за їх результатами визначається точне місцеположення приймача в режимі реального часу. При кожному вимірюванні приймач як би поміщається в сферичну комірку за виміряними дистанціями до супутника. Оскільки супутник змінює своє місцеположення до того, як приймач одержить сигнал, який у свою чергу сповільнюється при русі крізь іоносферу, проводяться комплексні розрахунки. Базовий розрахунок проводиться для пошуку найкоротшої лінії чотирьох сферичних комірок. Постійно на орбіті близько 20000 км від Землі з ухилом в 55° знаходяться від 24 до 27 супутників, оскільки старі весь час замінюються на нові.

Функціонування системи GPS можна розбити на п'ять основних підпунктів:

1. **Супутникова трилатерація** – визначення наявності об'єкту на поверхні Землі (основа системи);
2. **Супутникова дальнометрія** – вимірювання відстаней до супутників;
3. **Точна часова прив'язка** – навіщо потрібно погоджувати годинник в приймачі і на супутнику і для чого потрібен 4-й космічний апарат;
4. **Розміщення супутників** – визначення точного місцезнаходження супутників в космосі (угрупкування супутників);
5. **Корекція помилок** – врахування помилок, які вносяться затримками в тропосфері і іоносфері.

Визначення місцеположення одним супутником.

Точні координати точки на поверхні Землі можуть бути обчислені за вимірюваннями відстаней від групи супутників (якщо їх місцезнаходження в космосі відоме). В цьому випадку супутники є пунктами з відомими координатами. Припустимо, що відстань R від одного супутника відома і можна описати сферу заданого радіусу навколо нього (рис.4.2).



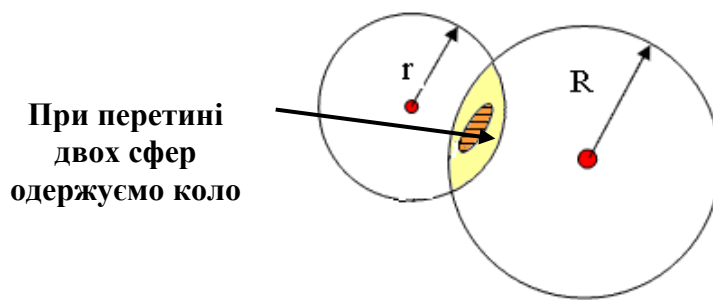
Одне вимірювання вказує
на наявність об'єкту на
поверхні сфери

Рис.4.2. Визначення наявності об'єкту на поверхні сфери

Одне вимірювання вказує про наявність об'єкту на поверхні сфери.

Визначення місцеположення двома і трьома супутниками.

Якщо відома також відстань і до другого супутника, то визначуване місцеположення буде знаходитись десь усередині кола, що задається перетином двох сфер (рис.4.3).



Друге вимірювання вказує на місцезнаходження об'єкту на перетині двох сфер

Рис.4.3. Визначення місцеположення об'єкту двома супутниками

Третій супутник визначає дві точки на колі (рис. 4.4).

Така система дозволяє тільки вибрати правильну точку, оскільки одна з точок завжди може бути відкинута, тому що вона має високу швидкість переміщення чи знаходиться над або під поверхнею Землі. Таким чином, знаючи відстань до трьох супутників, можна обчислити координати даної точки.

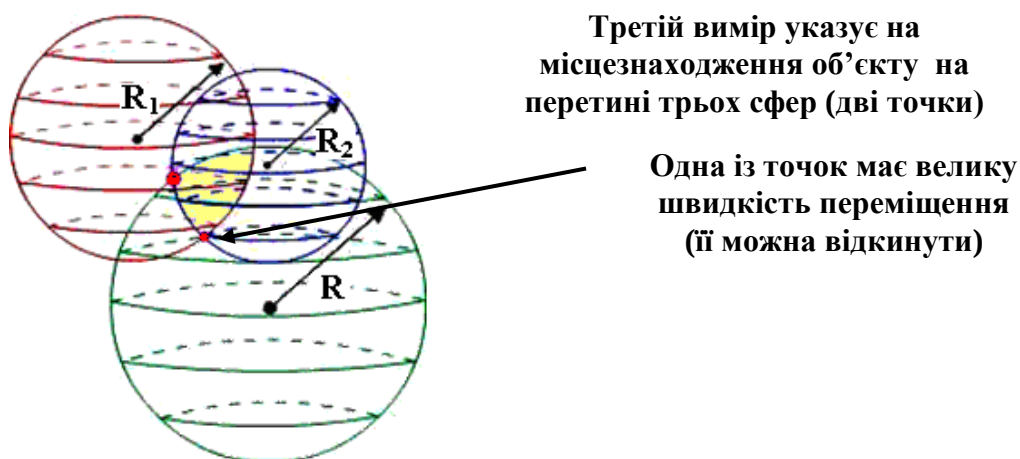


Рис.4.4. Визначення місцезнаходження об'єкту трьома супутниками

Визначення відстані до супутників

Відстань до супутників визначається за виміром часу проходження радіосигналу від космічного апарату до приймача ($\Delta t = t_c - t_n$) помноженим на швидкість світла ($Vc = 300000 \text{ км/с}$) – $R = Vc - \Delta t$. Для того, щоб визначити час розповсюдження сигналу нам необхідно знати коли він покинув супутник.

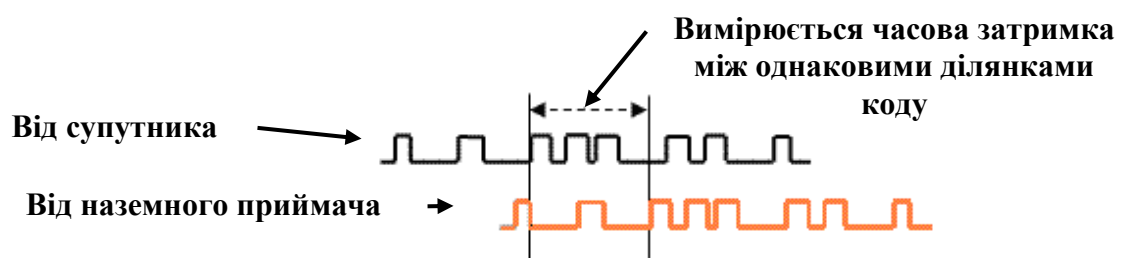
Для цього на супутнику і в приймачі одночасно генерується однаковий псевдовипадковий код.

Алгоритм визначення відстані до супутника представлений на рис.4.5.

Кожний супутник системи GPS передає два радіосигнали: на частоті $L_1=1575.42$ МГц і $L_2=1227.60$ МГц. Сигнал L_1 має два коди: «точний» *P-код* і «грубий» *C/A код*.

Приймач перевіряє вхідний сигнал із супутника і визначає коли він згенерував такий же код. Одержана різниця, помножена на швидкість світла (300000 км/с), дає шукане значення.

Використання коду дозволяє приймачу визначити часову затримку у будь-який час.



Як узнати коли сигнал покинув супутник ?

- ➡ Приймач і передавач (супутник) використовують один код
- ➡ Приймач і передавач (супутник) синхронізовані так, щоб вони генерували однаковий код одночасно
- ➡ Приймач приймає сигнал коду із супутника і визначає, коли такий же сигнал покинув передавач (супутник)

Рис.4.5. Визначення часу покидання сигналу

Точна часова прив'язка

Як видно із сказаного вище, обчислення напряму залежать від точності ходу годинника. Код повинен генеруватися на супутнику і приймачі в один і той же час. На супутниках встановлений атомний годинник, точність ходу якого близько однієї наносекунди. Встановлення такого годинника в кожний GPS приймач дуже дорого коштує і не вигідне, тому вимірювання від четвертого супутника використовуються для усунення помилок ходу годинника приймача.

Ці вимірювання можна використовувати для усунення помилок, які виникають, якщо годинники на супутнику і в приймачі не синхронізовані. Для наочності, ілюстрації приведені на рис.4.6 розглядають ситуацію на площині при використанні двох і трьох

супутників, тому що тільки три супутники необхідні для обчислення координат місцезнаходження об'єкту.

Якщо годинник на супутнику і в приймачі має однакову точність ходу, то точне місцезнаходження може бути знайдено за вимірюванням відстані до двох супутників.

Якщо одержані вимірювання від трьох супутників і всі годинники точні, то коло, описане радіус-вектором від третього супутника перетинатиметься як показано на ри.3.6.

Проте, якщо годинники в приймачі поспішають на 1 секунду, то картина буде наступна: при отриманні вимірювання від третього супутника, одержаний радіус-вектор не перетнеться з двома іншими як показано на рис.3.6.

Коли GPS приймач одержує серію вимірювань, які не перетинаються в одній точці, то комп'ютер в приймачі починає віднімати (або додавати) час методом послідовних ітерації до тих пір, поки не зведе всі вимірювання до однієї точки. Після цього обчислюється поправка і робиться відповідне порівняння.

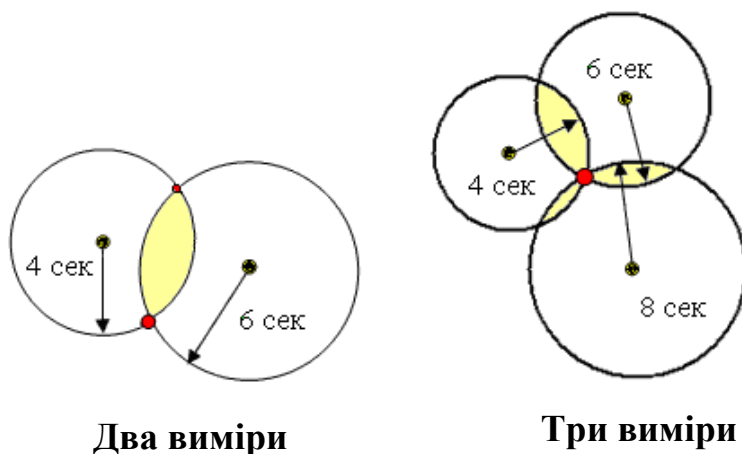


Рис.4.6. Вимірювання з точним годинником на площині

Якщо потрібне третє вимірювання, то необхідний четвертий супутник для усунення помилок ходу годинника в приймачі.

Таким чином, **при роботі необхідно мати мінімум чотири супутники, щоб визначити тривимірні координати об'єкту.**

У СРСР (Росія продовжила надалі) на початку 80-х років була створена аналогічна глобальна навігаційна супутникова система **ГЛОНАСС**, призначена для визначення місцеположення, швидкості руху, а також точного часу морських, повітряних, сухопутних та інших видів об'єктів.

Програму ГЛОНАСС планували запустити для російських споживачів до кінця 2007 року, а з 2009 вона стала глобальною.

Склад систем NAVSTAR і ГЛОНАСС. Системи NAVSTAR і ГЛОНАСС складаються з трьох сегментів кожна (рис.4.7): **сегмент управління і контролю**; **космічний сегмент** або сузір'я супутників; **сегмент користувача**, що включає приймачі різних типів (фазові, лінійні).

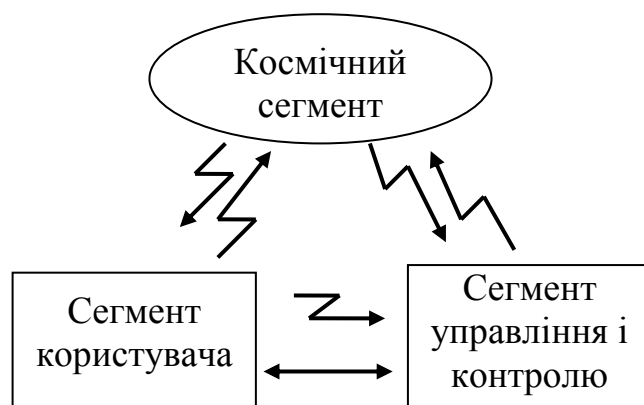


Рис.4.7. Структура системи GPS

Сегмент управління і контролю включає *головну станцію управління і контролю* (в ГЛОНАСС- Центр управління системою), *станцій стеження*, розподілених по всій поверхні Землі, і *наземні станції контролю*.

Основними задачами цього сегменту є: визначення ефемерид супутників і поправок їх годинників, прогноз орбіт супутників, завантаження навігаційного повідомлення в пам'ять бортових комп'ютерів супутників. Крім того, є і інші задачі, наприклад, нагляд за підготовкою супутників до запуску, забезпечення запуску і тому подібне.

Космічний сегмент складається із супутників, які здійснюють передачу сигналів GPS.

Кожний супутник здійснює два витки довкола Землі в день на орбіті близько 20000 км від Землі. На кожному супутнику розташований атомний годинник і вони постійно передають спеціальні сигнали з часом за своїми годинниками, а також персональну інформацію про своє положення, щоб вони могли бути виявлені наземними станціями.

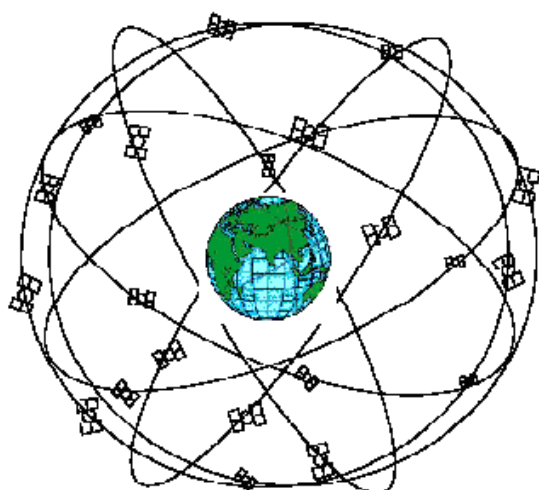
У таблиці 4.1 приведена коротка порівняльна характеристика систем NAVSTAR і ГЛОНАСС.

Угрупування систем NAVSTAR і ГЛОНАСС (рис.4.8) складається із **24 постійно діючих супутників** із орбітальним періодом 12 годин на висоті близько 20200 км від поверхні Землі (ГЛОНАСС - період 11 годин 15 хвилин, висота 19100 км.). В шести різних площинах, які мають нахил до екватора в 55° , розташовано по 4 супутники (в ГЛОНАСС відповідно 3 площини по 8 супутників з нахил до екватора $64,8^\circ$). Вказана висота необхідна для забезпечення стабільності орбітального руху супутників і зменшення фактору впливу опору атмосфери.

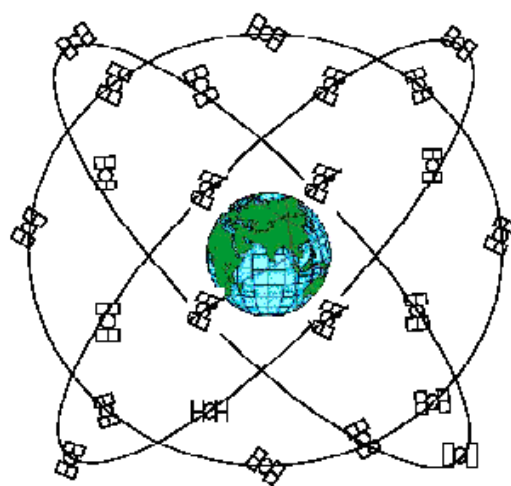
Таблиця 4.1.

Порівняльна характеристика систем NAVSTAR і ГЛОНАСС

Система	К-ть КА	Кількість орбітальних площин / супутників	Рознесення орбітальних площин, град.	Нахил орбіти до екватора	Висота КА, км.	Час обороту КА
NAVSTAR	24	6/4	60°	55°	20200	12 годин
ГЛОНАСС	24	3/8	120°	$64,8^\circ$	19100	11 годин 15 хвил.



NAVSTAR



ГЛОНАСС

Рис.4.8. Космічний сегмент систем NAVSTAR і ГЛОНАСС

Для системи ГЛОНАСС характерний повтор орбіт супутниками кожні 8 днів. Оскільки в кожній площині розташовано

8 супутників, кожний з них займає місце попереднього через декілька днів. GPS такий принцип не використовує.

Європейським Союзом і Європейським Аерокосмічним Агентством спільно 26 травня 2003 року було ухвалено рішення про початок розвитку європейської системи **GALILEO** (“Галілео”). Система призначена тільки для цивільного використання, на відміну від системи GPS, яка належить військовим США, і вони залишають за собою право частково загубляти сигнал або зовсім його відключати коли їм заманеться.

Країни Європейського союзу почали розгортання цивільної глобальної СНС “Галілео”, що базується на своїх власних супутниках. Передбачається, що глобальна СНС “Галілео” повинна:

- бути незалежною від GPS, але взаємодіяти з нею;
- знаходитись під управлінням європейського суспільства (США намагаються встановити повний або частковий контроль над цією системою);
- більш точною і доступною, здатною швидко знаходити і оповіщати про несправність елементів системи;
- рентабельною;
- відкритою для участі інших партнерів, зокрема України.

Очікується, що “Галілео” увійде до ладу в 2013 році, коли на орбіту будуть виведені всі **30** запланованих супутників (27 операційних і 3 резервних). Космічний сегмент буде доповнений наземною інфраструктурою, що включає два центри управління і глобальну мережу передаючих і приймаючих станцій.

Для систематичного збору даних вимірювань зусиллями Європейського Аерокосмічного Агентства була створена всесвітня мережа наземних станцій стеження обладнаних приймачами.

Планується, що «Галілео» передаватиме один загальнодоступний сигнал OAS (Open Access Service - служба відкритого доступу) і один або два сигнали з контрольованим доступом CAS (Controlled Access Service - служба контрольованого доступу). Сигнал OAS повинен бути еквівалентний GPS і забезпечувати визначення місця з точністю до 3-4 м. Ця інформація залишиться безкоштовною до тих пір, поки зберігатиметься безкоштовне використання GPS.

Проте розвитку системи “Галілео” заважають розбіжності європейських країн у фінансуванні програми. Наприклад, Франція активно підтримує її розвиток, що означає для цієї країни незалежність від технологій США. Інші країни вважають, що вигідніше використовувати безкоштовно систему GPS. Початкові капіталовкладення в систему “Галілео” налічують близько 1,1 мільярдів Євро. Повністю програма повинна обійтися Європейським країнам в 3 мільярди Євро, включаючи вартість інфраструктури на Землі. Дві третини капіталовкладень будуть зроблені приватними компаніями і інвесторами, а одна третина Європейським Союзом і Європейським Аерокосмічним Агентством. Планується, що система буде безкоштовна для всіх, але точні сигнали передаватимуться за окрему плату.

Крім країн ЄС досягнуті домовленості на участь в проекті з державами - Китай, Ізраїль, Південна Корея, Україна і Росія. Крім того, ведуться переговори з представниками Аргентини, Австралії, Бразилії, Чилі, Індії, Малайзії.

Сегмент користувача призначений для визначення координат і складових вектора швидкості споживача з використанням навігаційного поля систем. Апаратура військових і прирівняних до них користувачів дозволяє повністю реалізувати функціональні можливості систем і одержати максимальну точність. Цивільне устаткування має деякі обмеження і дещо “урізані” можливості.

Схема роботи GPS/GSM системи Axiom.Logistics приведена на рис.4.9.

4.2. Принципи роботи GPS – приймачів

Вибір устаткування напряму залежить від точності, яку необхідно одержати.

Всі GPS приймачі можна розділити на дві категорії ґрунтуючись на тому, як вони обробляють GPS сигнал:

- **С/А кодові приймачі** (цивільного вживання), які використовують інформацію, що міститься в супутниковому сигналі для обчислення місцеположення об'єкту;
- **фазові приймачі**, які використовують сам радіосигнал для обчислення місцеположення об'єкту.

Ці два методи обробки не є взаємно виключними. Деякі С/А кодові приймачі можуть виконувати обмежену обробку фази, і всі фазові приймачі можуть обчислювати положення, засновані на кодових вимірюваннях. Без диференціальної обробки, обидва типи приймачів можуть обчислювати тільки положення, засновані на кодових вимірюваннях. Якщо Міністерство Оборони США не запускає в дію програму виборчого доступу (Selective Availability або S/A), то точність визначення місцеположення складає від 2-х до 5 метрів.

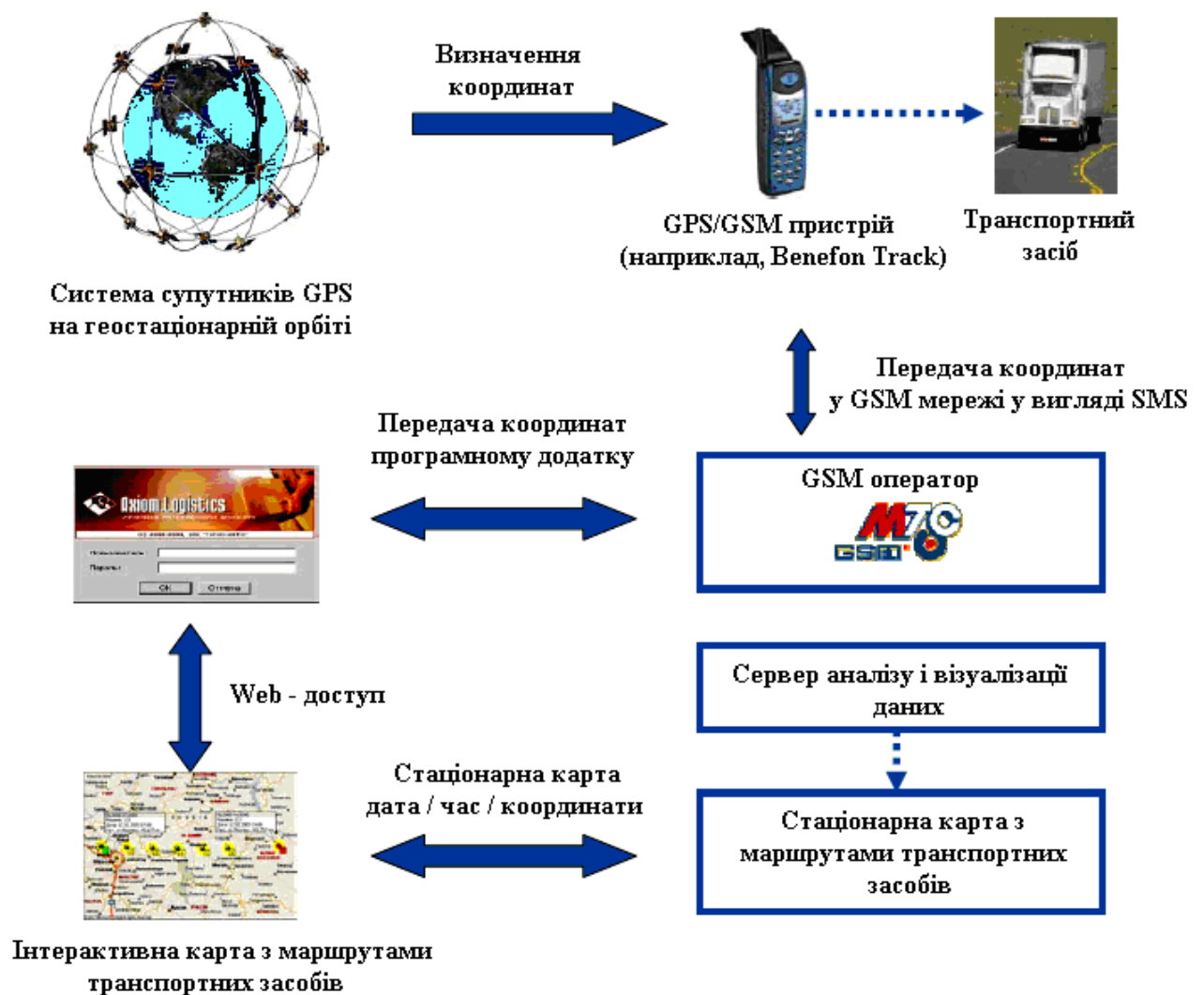


Рис.4.9. Схема роботи GPS/GSM системи Axiom.Logistics

С/А кодові приймачі

GPS приймачі, які застосовуються для картографування і ГІС додатків використовують метод вимірювання сигналу заснованого

на C/A (Coarse/Acquisition) коді. Точність цих приймачів знаходиться в діапазоні від дециметрового до 5 метрів (з диференціальною корекцією).

Кодовим приймачам не потрібно здійснювати безперервне захоплення сигналу з супутників для обчислення місцеположення. Це дозволяє обладнанні працювати на територіях з сильною забудовою і в місцях з обмеженою видимістю, наприклад, під деревами.

Фазові приймачі

Фазові приймачі використовуються для зйомки території і розвитку геодезичних мереж і працюють з фазою несучого сигналу. Методи обробки фази несучого сигналу вимагають, щоб декілька приймачів працювало одночасно. Звичайно, ці приймачі мають точність до $1\text{см} \pm 1\text{мм}$ на 1 км відстані між ними. Цю відстань звичайно називають *довжиною базової лінії*. Фазові приймачі відрізняються більш жорсткими вимогами до обробки і збору даних. Якщо робота проводиться в кінематичному режимі, то приймачі повинні здійснювати безперервне захоплення сигналу, принаймні від 4-х супутників для обчислення місцеположення об'єкту. Фазові приймачі вимагають прямого проходження сигналу із супутника.

Кількість каналів

Як було сказано вище, для визначення точних просторових координат об'єкту необхідно, принаймні чотири GPS супутники.

Увага: GPS координати можуть бути одержані за вимірюваннями і з 3-х супутників, якщо відоме точне значення висоти. Проте, якщо висота (над еліпсоїдом WGS-84) відома неточно, то помилки у визначених планових координатах матимуть той же порядок, що і для висоти. Даний метод відомий як обчислення планових (2D) GPS координат. Планові (2D) GPS координати звичайно мають великі помилки через проблеми у визначенні точної висоти.

Одноканальним GPS приймачам доводиться здійснювати послідовно захоплення кожного GPS супутника. По цьому каналу здійснюється як стеження за супутниками, так і передача технічної інформації про стан супутника і системи в цілому.

Багатоканальні GPS приймачі використовують декілька каналів для стеження за декількома супутниками одночасно. Вони працюють більш ефективно, чим одноканальні приймачі. В ідеальних умовах, із стаціонарно розташованим С/А кодовим приймачем, коли немає ніяких перешкод, що закривають видимість супутників, багатопроменевого перевідбиття сигналу або інших чинників, які понижують точність, різниця практично буде непомітна. Проте в реальних умовах, коли приймач пересувається або сигнал від супутників може уриватися, приймачі з великим числом каналів працюватимуть краще. Тому необхідно мати, принаймні, 4-х канальний GPS приймач для виконання високоточних робіт з використанням фазових вимірювань. Це пов'язане з тим, що фазовому приймачу потрібен один канал на кожний супутник для виконання вимірювань.

Якщо GPS приймач використовується як базова станція, у край бажано, щоб відстежувався кожний видимий супутник. Тому, в даний час пропонуються для таких задач приймачі з 9 або 12 каналами. При використанні маски, що рекомендується, по куту підвищення, рідко можна зустріти місце, де одночасно спостерігається більше 9 супутників і ніколи, якщо більше 12 супутників.

Приймачі, що використовуються як пересувні, можуть відстежувати принаймні 8 супутників одночасно. Це більш ніж достатньо для більшості додатків. Під час руху або при визначенні координат нерухомих об'єктів на місцевості для обчислення місцеположення потрібно мінімум 4 супутники.

С/А і Р- кодові приймачі

GPS супутники передають два коди на одній і тій же несучій частоті. Приймачі для ГІС - додатків і картографування, подібно більшості цивільних GPS приймачів, використовують грубий С/А код. GPS супутники також передають точний код (Р - код). Більшість військових приймачів армії США і їх союзників використовує Р - код. Деякі цивільні приймачі для топографічної зйомки і створення опорних мереж можуть використовувати Р - код в доповненні до С/А коду.

P-код дещо більш точний, але використовується, як правило, військовими споживачами. Коли P-код зашифрований (так званий Y-код) армійські приймачі мають можливість розшифровки сигналу. Таке шифрування сигналу, також називається Anti-Spoofing (A/S) і застосовується, коли Міністерство Оборони США, вважає це необхідним для забезпечення безпеки США.

4.3. Протокол NMEA для обміну даними GPS

NMEA («National Marine Electronics Association») — повна назва «NMEA 0183» — текстовий протокол зв'язку морського (як правило, навігаційного) обладнання між собою. Став особливо популярний у зв'язку із розповсюдженням GPS приймачів, що використовують цей стандарт. (В даний час впроваджується стандарт «NMEA 2000»).

Якщо приймач має послідовний інтерфейс RS-232, узгоджений по напругах і швидкості передачі (звично 4800, 8, N, 1) із стандартним, то «спілкуватися» з таким приймачем можна, підключивши його до IBM PC-сумісного комп'ютера і користуючись якою-небудь термінальною програмою. В якості такої можна використовувати, наприклад, PuTTY або програму «HyperTerminal», що входить до складу ОС Windows.

Загальний вид рядків в NMEA 0183:

- ➡ символ «\$».
- ➡ 5-буквений ідентифікатор повідомлення. Перші дві букви — ідентифікатор джерела повідомлення, наступні три букви — ідентифікатор формату повідомлення, згідно протоколу NMEA 0183 певної версії.
- ➡ список даних (букви, цифри і точки), розділених комами; якщо які-небудь дані відсутні усередині рядка, коми все одно ставляться (наприклад«,,»); деякі поля в кінці рядка можуть бути відсутні.
- ➡ символ «*».
- ➡ 2-значне 16-ричне число — контрольна XOR-сума всіх байт в рядку між «\$» і «*».
- ➡ <CR><LF> (кінець рядка).

Повний набір NMEA-повідомлень і команд достатньо великий, проте часто використовують єдине повідомлення: «мінімум

навігаційних даних RMC», що рекомендується. Якщо приймач GPS не налагоджений інакше, то, як правило, RMC-рядки посилаються автоматично з інтервалом в 1 секунду. Іноді виробники приймачів супутникової навігації нехтують стандартами, додаючи власну інформацію, забуваючи передавати кінець рядка, тощо.

RMC-рядок (пропусків і перенесень усередині рядка немає):

\$GPRMC,hhmmss.ss,A,GGMM.MM,P,gggmm.mm,J,v.v,b.b,ddmmyy,x.x,n,m*hh<CR><LF>

Значення полів:

- «GP» — прийом сигналів GPS (в деяких системах «GL» зарезервоване для ГЛОНАСС)

- «RMC» — «Recommended Minimum specific»

- «hhmmss.ss» — час фіксації місцеположення по Грінвічу UTC: «hh» — години, «mm» — хвилини, «ss.ss» — секунди. Довжина дробової частини секунд варіюється. Лідируючі нулі не опускаються.

- «A» — статус: «A» — дані достовірні, «V» — недостовірні.

- «GGMM.MM» — широта: GG - градуси; MM.MM - хвилини. Лідируючі нулі не опускаються.

- «P» — «N» для північної або «S» для південної широти.

- «gggmm.mm» — довгота: ggg - 3 цифри градусів, mm.mm - хвилини. Лідируючі нулі не опускаються.

- «J» — «E» для східної або «W» для західної довготи.

- «v.v» — горизонтальна складова швидкості відносно землі у вузлах. Число з плаваючою точкою. Ціла і дробова частини змінної довжини.

- «b.b» — шляховий кут (напрямок швидкості) в градусах. Число з плаваючою точкою. Ціла і дробова частини змінної довжини. Значення рівне 0 відповідає руху на північ, 90 — схід, 180 — південь, 270 — захід.

- «ddmmyy» — дата: день місяця, місяць, останні 2 цифри року (ведучі нулі обов'язкові).

- «x.x» — магнітна відміна (*магнитное склонение*) в градусах (часто відсутня), розрахована по деякій моделі. Число з плаваючою точкою. Ціла і дробова частини змінної довжини.

- «**n**» — напрям магнітної відміни: для отримання магнітного курсу магнітну відміну необхідна «**E**» — відняти, «**W**» — додати до істинного курсу.

- «**m**» — індикатор режиму: «**A**» — автономний, «**D**» — диференціальний, «**E**» — апроксимація, «**N**» — недостовірні дані (часто відсутній, дане поле, включаючи кому, відсутнє в старих версіях NMEA).

- «**hh**» — контрольна сума.
- <**CR**> — байт рівний **0x0D**.
- <**LF**> — байт рівний **0x0A**.

Приклад 1. RMC-рядка:

\$GPRMC,125504.049,A,5542.2389,N,03741.6063,E,0.06,25.82,200906,,*3B

- 12 годин 55 хвилин 4,049 секунд UTC
- «**A**» — достовірно
- широта 55° 42,2389', північна
- довгота 37° 41,6063', східна (в Москві)
- швидкість 0,06 вузлів
- напрям руху 25,82 градуси
- 20 вересня (20) 06 року
- магнітна відміна не вказана
- напрям магнітної відміни не вказаний
- індикатор режиму відсутній
- контрольна сума 0x3B

Приклад 2. RMC-рядка:

\$GPRMC,,V,,,,,,080907,9.6,E,N*31

- «**V**» — недостовірно
- 8 вересня (20) 07 року
- магнітна відміна східна, 9.6°
- «**N**» — недостовірні дані
- контрольна сума 0x31

Вся решта полів відсутня (фактично, немає сигналу від супутників).

4.4. Огляд GPS – приймачів

На сьогоднішній день ринок пропонує широкий вибір GPS-приймачів: портативні, стаціонарні, наручні, автомобільні, авіаційні, комп'ютерні. Передові розробки і моделі приймачів представлені фірмами Garmin, Magellan, Cobra. Функціональні можливості і вартість приймачів дуже сильно розрізняються. Приведемо невеликий порівняльний огляд найпопулярніших GPS - приймачів за критерієм “вартість-якість”.

GPS-приймач GARMIN GEKO 101

Модель Garmin Geko 101 (рис 4.10 а) – це мініатюрний, легкий (вага всього 88 гр.), водонепроникний і простий у використанні прилад для користувачів - початківців системи GPS. Він не має засобів підключення до комп'ютера і зовнішнього живлення і може зберігати в пам'яті всього 250 шляхових точок і жодного маршруту.

Характеристики:

- 12 годин роботи на 2 AAA батареях;
- Місткість шляхового журналу (Tracklog) 3000 точок;
- Розмір екрану (висота × ширина) 100 × 64 пікселів;
- Ціна – 150 USD.



а)



б)



в)

Рис. 4.10. GPS приймачі сімейства GARMIN

Портативний навігатор GARMIN E-trex Camo

12-канальний портативний GPS-приймач у водонепроникному корпусі забарвлення типу камуфляж (рис 4.10 б) . Зручний

компактний корпус з гумовими накладками з боків легко уміщається в руці або в кишені. Забарвлення типу камуфляж приладу не дозволить демаскувати себе на полюванні або рибалці. Кількість шляхових точок: 500. Кількість маршрутів: 1 (50 точок). Додаткові параметри, що відображаються: поточна швидкість, середня швидкість, час сходу/заходу сонця, максимальна швидкість, що обнуляється, таймер, вимірник відстані. Підтримувані системи координат: LAT/LON, UTM/UPS, Мейденхедська, MGRS та інші. Підтримувані стандарти обміну даними: RS232 з форматами NMEA 0183, RTCM 104 для даних DGPS, формат для обміну між приладами «Garmin». Інтерфейс русифікований.

Розміри: 11.2 × 5.1 × 3.0 см. Вага: 150 гр. Живлення: 2 батареї типу AA. Час роботи від одного комплекту батарей: до 22 годин. Ціна: 285 USD.

GPS-навігатор GARMIN eTrex Legend C

Компактний портативний GPS навігатор Garmin (рис 4.10 в), має кольоровий екран (256 кольорів) з високим дозволом 220 × 176 точок. Дисплей приладу пристосований до роботи на яскравому сонці. Нова технологія збереження енергії батарей дозволяє новим навігаторам працювати тривалий час всього на 2-х AA батареях (до 36 годин). Модель має 24 Мб пам'яті для завантаження детальних карт місцевості (у тому числі карт України), а також вмонтовану базову карту Європи. Базова карта дозволяє приладу автоматично прокладати маршрут з урахуванням дорожньої мережі. Як і всі нові моделі Garmin – eTrex Legend C має можливість підключення до комп'ютера через USB інтерфейс, причому інтерфейс COM тепер уже не підтримується. Ще однією особливістю нового приладу є те, що він підтримує живлення через USB кабель. Ще однією відмінністю від попередніх моделей серії eTrex є наявність звукової сигналізації в деяких функціях (таких наприклад, як наближення до цілі). Ціна – 425 USD.

GPS-навігатор MAGELLAN SporTrak

Модель SporTrak – це базова модель нової лінійки портативних GPS навігаторів Magellan (рис 4.11 а).

Це доступний за ціною і простий в експлуатації навігатор. Він достатньо компактний, легкий (172 гр.) і при цьому має достатньо великий дисплей (5.8×3.6 см, 160×104 пікселів) з підсвічуванням.



а)

б)

в)

Рис. 4.11. GPS приймачі сімейства MAGELLAN

Прилад має вмонтовану базу точок по містах світу (додаткові точки можна завантажувати з дисків MapSend або DataSend) і пам'ять 1 Мб (тільки для точок). Новою функцією лінійки SporTrak є вмонтована система допомоги (покрокові інструкції пояснюють, як виконати ту чи іншу операцію). Оригінальна функція NorthFinder показує напрям на північ, навіть коли об'єкт не рухається. Також загальними для всіх моделей серії SporTrak є наступні характеристики і функції:

- Підтримка 20 маршрутів, 500 шляхових точок і 2000 точок шляхового журналу (треку);
- Живлення: 2 батареї типу АА, заявлений виробником час роботи - 14 годин;
- Управління за допомогою 8-ми кнопок і плоского джойстика (як і у старих 300-х навігаторів);
- Водозахищеність, причому прилад плаває у воді;
- Календар мисливця/риболова, а також інформація про час сходу і заходу сонця.

Ціна – 261 USD.

GPS-приймач MAGELLAN Meridian Marine GPS

Дана модель (рис 4.11б) створена спеціально для тих, хто подорожує по воді (моряків, яхтсменів, рибаків, тощо).

Вона має вмонтовану картографічну базу об'ємом 16 Мб, проте ця база містить інформацію тільки про водні шляхи і об'єкти (маяки, буї, порти, тощо). GPS навігатори Meridian являють собою новий ступінь в розвитку персональних засобів навігації, адже конструктори Magellan оснастили ці прилади слотом для популярних карт пам'яті SD (об'ємом 8, 16, 32, 64 Мб і більше), які використовуються для зберігання картографічної інформації. Також загальними для всіх моделей серії Meridian є наступні характеристики і функції:

- підтримка 20 маршрутів, 500 шляхових точок і 2000 точок шляхового журналу (треку);
- живлення: 2 батареї типу АА, заявлений виробником час роботи - 14 годин;
- водозахищеність, причому прилад плаває у воді;
- календар мисливця/риболова, а також інформація про час сходу і заходу сонця;
- вмонтована система допомоги на російській мові (покрокові інструкції пояснюють, як виконати ту чи іншу операцію);
- функція NorthFinder показує напрям на північ, навіть коли об'єкт не рухається.

Ціна – 594 USD.

GPS-навігатор MAGELLAN Meridian Color

Портативний GPS навігатор з кольоровим екраном (рис 4.11в). Кольоровий екран може помітно полегшити сприйняття електронної карти з великою кількістю об'єктів. Решта характеристик даної моделі аналогічна Meridian Gold. GPS навігатори Meridian являють собою новий ступінь в розвитку персональних засобів навігації, адже конструктори Magellan оснастили ці прилади слотом для популярних карт пам'яті SD (об'ємом 8, 16, 32, 64 Мб і більше), які використовуються для зберігання картографічної інформації.

Ціна – 689 USD.

Навігатор Cobra GPS 100

GPS навігатор початкового рівня, що не має можливості для підключення до комп'ютера (рис 4.12 а).

Основні характеристики:

- Кількість шляхових точок – 500;
- Кількість маршрутів/точок в маршруті – 1/50;
- Розмір екрану (висота × ширина) 128 × 64 пікселі;
- Водонепроникний.

Ціна – 160 USD.



а)

б)

Рис. 4.12. GPS приймачі сімейства Cobra

Навігатор Cobra GPS 500

Навігатор Cobra GPS 500 (рис 4.12 б) відрізняється від молодшої моделі можливістю підключення до комп'ютера, наявністю вмонтованої пам'яті, картографічної бази даних і можливістю зберігати 20 маршрутів. За допомогою комп'ютера і відповідного програмного забезпечення, у внутрішню пам'ять приладу можна завантажити складений наперед маршрут.

Основні характеристики:

- Кількість шляхових точок – 500;
- Кількість маршрутів/точок в маршруті – 20/50;
- Розмір екрану (висота × ширина) 128 × 64 пікселів;
- Водонепроникний;

- Місткість шляхового журналу (Tracklog) – 2000 точок.
Ціна - 210 USD

4.5. Система управління рухом автомобільного транспорту з використанням системи GPS

Сучасні підходи до створення систем управління рухом автомобільного транспорту допускають широке використання сучасних методів геодезичних вимірювань, в першу чергу *GPS - технологій*. **Супутникова радіонавігаційна система** або, як вона ще називається *глобальна система визначення місцеположення GPS* (Global Position System) **забезпечує високоточне визначення координат і швидкості об'єктів в будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час доби, в будь-яку погоду, а також точне визначення часу.**

Система управління рухом автомобільного транспорту (СУРАТ) повинна вирішувати наступні задачі:

- контроль поточного місцезнаходження транспортного засобу;
- можливість управління як окремим об'єктом, так і групою об'єктів;
- відображення координат об'єктів на планшеті (карті місцевості), а також зберігання даних для подальшого їх аналізу;
- отримання інформації про технічний стан транспортного засобу;
- організація безпеки руху автомобільного транспорту;
- контроль маршруту і параметрів руху автомобільного транспорту;
- визначення точного часу початку і закінчення руху автомобільного транспорту за маршрутом, згідно шляхового листа;
- контроль точності виконання водіями поставлених завдань і проведення аналізу причин їх невиконання (порушення);
- складання оптимального маршруту руху автомобільного транспорту.

Переважно СУРАТ будуються згідно приведеного на рис. 4.13 варіанту.

Основною функцією СУРАТ є визначення місцезнаходження автомобільного транспорту. Для цього використовуються