

УДК 621.396

В.В. Довбня

Головне управління внутрішніх військ МВС України, Київ

## ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ GSM ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НАЗЕМНИХ І ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Проаналізована структура системи стільникового зв'язку, особливості їх функціонування та діапазони. Показано, що базові станції стандарту GSM можна використовувати як передавальні позиції в багатопозиційній системі виявлення радіолокаційного типу. Крім того, в статті приведені розрахункові зони виявлення бістатичної системи для наземних і повітряних об'єктів (висота польоту до 1 км). При побудові радіолокаційної системи, що використовує випромінювання базових станцій уздовж доріг, можна робити безперервну оцінку складної обстановки й стежити за швидкісними обмеженнями.*

**Ключові слова:** стандарт GSM, багатопозиційні системи виявлення, дециметрові радіохвилі.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Повітряний простір – зона високого ризику й підвищеної небезпеки. Сучасні повітряні об'єкти (ПО) характеризуються великим діапазоном швидкостей і висот польоту, маневреністю, часто – малою помітністю, можливістю вільно переміщатися в тривимірному просторі. Тому повітряні об'єкти мають потенційно високий ступінь військової й економічної погрози безпеки держави. Радіолокаційний контроль повітряного простору в масштабах країни – абсолютно необхідне загальнодержавне завдання. Основні положення про принципи побудови єдиної системи радіолокаційного контролю повітряного простору викладені в роботі [1].

Сучасна система контролю повітряного простору вирішує наступні основні завдання:

- ведення безперервної радіолокаційної розвідки в повітряному просторі держави й на далеких рубежах до державного кордону;
- забезпечення контролю за законністю й порядком використання повітряного простору;
- виявлення ПО, які являють собою потенційну загрозу державі або іншим учасникам повітряного руху;
- забезпечення контролю за порядком перетинання державного кордону;
- забезпечення безпеки польотів авіації й керування повітряним рухом;
- запобігання конфліктних ситуацій у повітряному просторі й ін.

Слід зазначити, що в сучасних умовах роль військових погроз знижується, а основними стають проблеми тероризму, контрабанди й несанкціонованого використання повітряного простору.

На сьогоднішній день основною проблемою в організації високоефективної системи контролю повітряного простору є створення й підтримка суцільного автоматизованого радіолокаційного поля над

територією держави й прилягаючих територій на малих й гранично малих висотах [2].

Контроль польотів ПО на малих висотах є актуальною проблемою практично для всіх районів України. Відповідно до класифікації повітряного простору [3], в Україні існує повітряний простір, верхня границя якого становить 1500 м. Польоти ПО у цьому діапазоні висот виробляються за правилами візуальних польотів [4], що передбачає відсутність об'єктивного радіолокаційного контролю за польотами повітряних судів засобами системи керування повітряним рухом. Сформована в Україні в останні роки ситуація характеризується зменшенням чисельності й номенклатури радіолокаційних станцій (РЛС); можливості по продовженню їхнього ресурсу (капітальний ремонт) украй обмежені через відсутність запасних частин і фінансування. Розробка й надходження нових РЛС практично відсутні. У результаті радіолокаційний контроль польотів ПО на малих висотах має осередковий характер.

Таким чином, на сьогоднішній день в Україні є необхідність створення іншої радіолокаційної системи виявлення ПО на малих висотах, що й визначає актуальність статті [5, 6].

Метою статті є обґрунтування можливостей використання сигналів станцій мобільного зв'язку для виявлення рухливих об'єктів у приземному повітряному просторі.

### Виклад основного матеріалу

Системи стільникового зв'язку (ССЗ) будується у вигляді сукупності сот (стільників), що покривають певну територію. Соту схематично зображують у вигляді правильних шестикутників. У центрі кожної соти перебуває базова станція (БС), що обслуговує всі рухливі станції (РС) у межах своєї соти. При переміщенні абонента з однієї соти в іншу відбувається передача його обслуговування від однієї БС до іншої. Всі БС з'єднані із центром комутації (ЦК) по виділених провідних, оптичних або радіорелейних

каналах зв'язку. ЦК має вихід на телефонну лінію загального користування (ТфЗК). На рис. 1. наведе-

на спрощена функціональна схема, що відповідає описаній структурі системи.

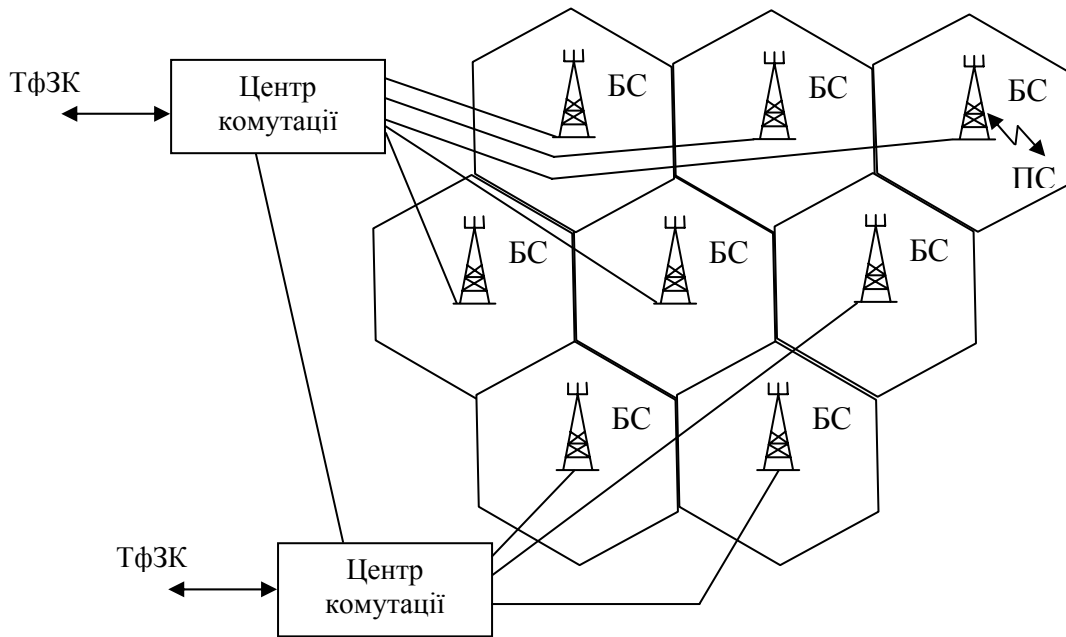


Рис. 1. Функціональна схема CS3 стандарту GSM.

CS3 GSM (Global System for Mobile communications) - глобальна система мобільного зв'язку, діапазони 900, 1800 й 1900 МГц, може включати більше одного ЦК, що обумовлено еволюцією розвитку мережі або обмеженістю ємності комутаційної системи. Важливо відзначити, що стандарт GSM - це єдиний загальноєвропейський стандарт. Це дає можливість використовувати апаратуру системи GSM інших держав, які граничать із Україною. Особливо актуальним це стає в прикордонній зоні.

Системі GSM-900 виділяється 25 МГц для передачі даних з базових станцій 935 – 960 МГц й 25 МГц для передачі з мобільних пристроїв 890-915 МГц. Для системи GSM-1800 виділяється 75 МГц для передачі даних з базових станцій 1805-1880 і 75 МГц для передачі з мобільних пристроїв 1710-1785 МГц. Для ефективного використання виділеної смуги частот використовується комбінація схем FDMA (Frequency Division Multipoint Access - множинний доступ із частотним поділом) і TDMA (Time Division Multiplexing Access – множинний доступ з тимчасовим поділом) [7 – 9].

Однією з особливостей функціонування системи GSM є необхідність обліку ефекту багатопробеневого поширення сигналу. Дециметрові радіохвилі поширюються, в основному, у межах прямої видимості; дифракція на цих частотах виражена слабо, а молекулярного поглинання й поглинання в гідрометеорах (сніг, дощ) практично немає. Однак близькість поверхні, що підстилає, і наявність перешкод (будинків, рельєфу), особливо в умовах міста, приводить до появи відбитих сигналів, які інтерфе-

рують між собою, і сигналом, що пройшов по прямому шляху. Відбиття від поверхні, що підстилає, приводить до того, що потужність прийнятого сигналу убуває пропорційно не другому ступеню відстані між передавачем і приймачем, як при поширенні у вільному просторі, а пропорційно четвертому ступеню цієї відстані, тобто напруженість поля убуває пропорційно квадрату відстані.

Іншим наслідком багатопробеневого поширення є завмирання й перекручування корисного сигналу. Сигнали, що поширюються по різних шляхах, досягнуть антени приймача в різний час. Через цей ефект початковий сигнал розширюється внаслідок запізнювання надходження окремих його елементів. Помітимо, що розширення сигналу внаслідок запізнювання не залежить від руху передавача або приймача, у містах типове значення розширення сигналу внаслідок запізнювання становить близько 3 мкс.

При додаванні декількох сигналів, які виникають при багатопробеневого поширенні, що пройшли по різних шляхах і мають у точці прийому в загальному випадку різні фази, сумарний сигнал може бути як вище за середній рівень, так і помітно нижче. Причому завмирання сигналу, що утворяться при взаємній компенсації сигналів внаслідок несприятливого сполучення їхніх фаз й амплітуд, можуть бути досить глибокими.

Для боротьби із завмираннями в системі GSM використовується два основних методи: рознесений прийом і робота з розширенням спектра.

Як було відзначено вище, у стандарті GSM використовується множинний доступ із частотним

розподілом каналів. На практиці це приводить до того, що в той самий момент часу (одночасно) буде діяти кілька частотних каналів. Ця ситуація зобра-

жена на рис. 2. Як правило, кожній базовій станції виділяється 1 – 6 частот, залежно від планованого навантаження.

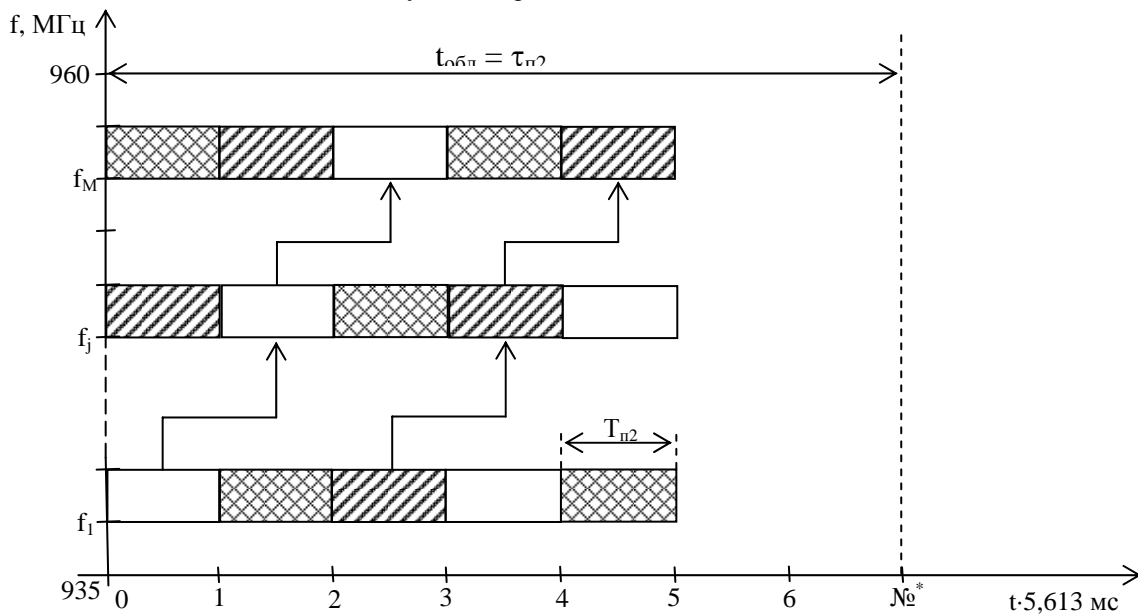


Рис. 2. Перегони по частоті в стандарті GSM.

Базові станції стандарту GSM створюють практично суцільне електромагнітне поле (тенденція розвитку мережі в майбутньому забезпечить суцільне поле), що "притиснуто" до поверхні землі. Тому базові станції стандарту GSM можна використовувати як передавальні позиції в багатопозиційній системі виявлення радіолокаційного типу [10, 11]. Використання сигналів базових станцій для виявлення об'єктів актуально за наступними причинами:

- передавальні антени базових станцій встановлюються на високих опорах (50 м і більше) і при випромінюванні створюють електромагнітне поле, "притиснуте" до поверхні Землі;
- базові станції працюють у дециметровому діапазоні довжин хвиль, у якому забезпечується гарне поширення радіохвиль і відносно дешеві антенні системи;
- кожна базова станція одночасно випромінює сигнал на декількох частотах, створюючи передумови для надійного радіолокаційного спостереження за рахунок багаточастотного режиму роботи;
- працюючи із частотною модуляцією, передавачі забезпечують потужності 50 Вт кожний, що забезпечує достатній енергетичний потенціал при забезпеченні екологічної безпеки;
- відсутність спеціального випромінювання забезпечує дешевину планованої системи;
- розвинена мережа стандарту GSM, у тому числі в суміжних державах, у сполученні з багатопозиційним прийомом, може забезпечити необхідну точність визначення координат і дозволяє використати випромінювання закордонних базових станцій для створення "передпілля" як на суходопутних, так і на морських границях держави;

– всеспрямованість випромінювання в горизонтальній площині й можливість використання тільки одного приймального пункту значно спрощує процедуру огляду простору, тому що відпадають питання синхронізації напрямків зондування й прийому, а також забезпечується можливість одночасного (паралельного) прийому відбитих від об'єктів цілей сигналів у всій зоні підсвічування.

На рис. 3 зображена схема активної радіолокаційної системи з зовнішнім підсвічуванням від ССЗ.

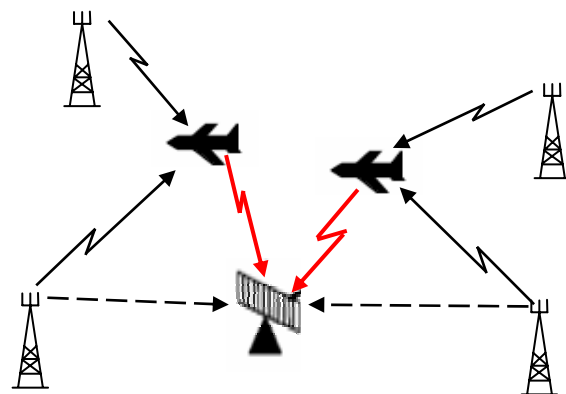


Рис. 3. Принцип активної радіолокаційної системи з зовнішнім підсвічуванням

Серед очікуваних результатів можна виділити наступні:

- виявлення об'єктів без традиційного зондування простору, тобто створення, по-істоті, локатора – "невидимки" ;
- виявлення наземних об'єктів і повітряних об'єктів на гранично малих висотах з дальностями не менш радіонебокраю.

Відзначимо, що виявлення повітряних об'єктів на малих висотах стає усе більше актуальним у зв'язку з розвитком малої (приватної) авіації, що може використатися в терористичних цілях і з метою контрабанди. На даний момент на території України базові станції розташовані практично уздовж всіх автотрас.

При побудові радіолокаційної системи, що використовує випромінювання базових станцій уздовж доріг, можна робити безперервну оцінку складної обстановки й стежити за швидкісними обмеженнями (виявляти порушення перевищення швидкості, визначати місце розташування дорожніх “пробок” і т.д.).

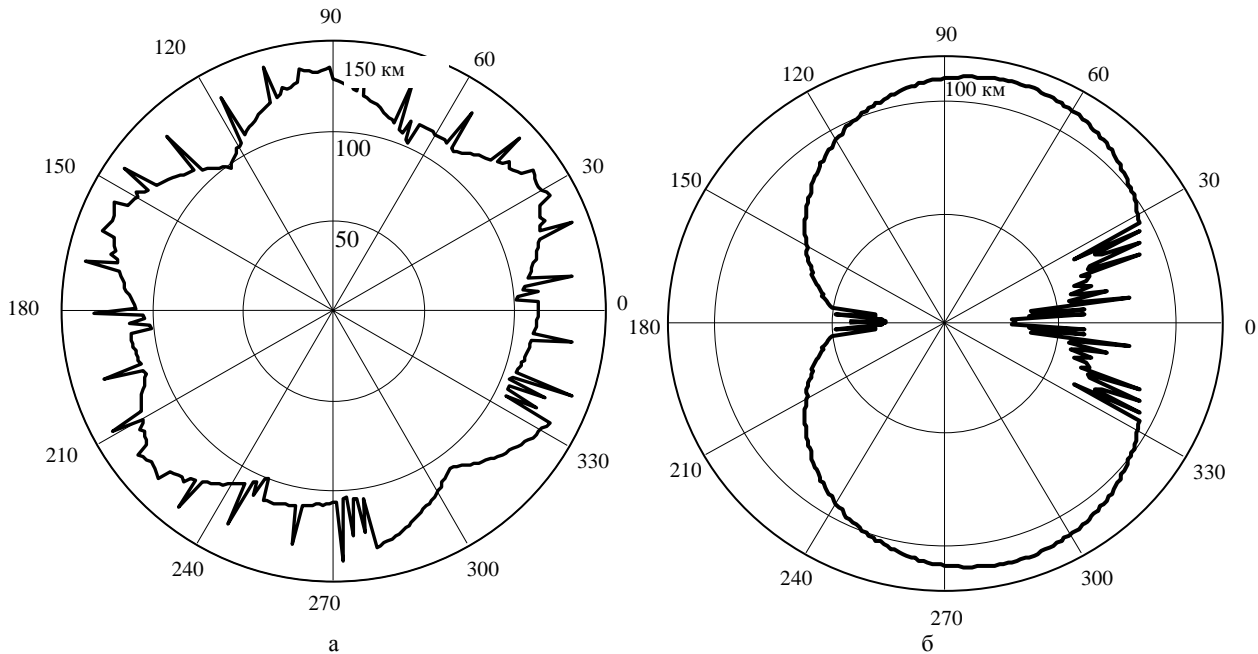


Рис. 4. Зони виявлення бістатичної системи

Наявні на сьогоднішній день результати теоретичних й експериментальних досліджень дозволяють зробити висновок про можливість і доцільність практичного застосування пропонованої системи. Проведені попередні розрахунки показують, що, зокрема, маловисотні й наземні малорозмірні об'єкти (автомобілі, що рухаються, легкі літаки, вертольоти) можуть бути виявлені на дальностях до 100 км.

Конкретний вид зони виявлення залежить від багатьох факторів: геометрії системи, кількості використовуваних базових станцій й їхнього типу, технічної реалізації прийомної позиції.

На рис. 4 зображені розрахункові зони виявлення бістатичної системи (використовується тільки одна базова станція) для наземних і повітряних об'єктів (висота польоту до 1 км). Використовується двосекторна базова станція (розташована біля автотраси), прийомна антена має коефіцієнт підсилення 50 при рівні першого бічного пелюстка -13 дБ, відстань між прийомною позицією й базовою станцією 33 км.

Подальша розробка даної системи вимагає визначення конкретного призначення і її технічних характеристик. Тут потрібні додаткові дослідження, як теоретичні, так і практичні. Останнє має на увазі певний обсяг експериментальних досліджень. Нарешті, варто згадати про наявності подібних робіт й

у країнах близького та далекого зарубіжжя, де, судячи з відкритих публікацій, є деякі труднощі. У наших дослідженнях вони успішно переборюються; крім того, визначаються напрямки й шляхи їхньої реалізації для рішення завдань виявлення й супроводу наземних і повітряних об'єктів.

## Висновки

В статті обґрунтованні можливості використання сигналів станцій мобільного зв'язку для виявлення рухливих об'єктів у приземному повітряному просторі та принципи побудовання активної радіолокаційної системи з зовнішнім підсвічуванням від ССЗ. Крім того, приведені розрахункові зони виявлення бістатичної системи для наземних і повітряних об'єктів (висота польоту до 1 км).

## Список літератури

1. Стеценко О.О. Створення єдиної системи радіолокаційної розвідки повітряного простору: проблеми та шляхи їх розв'язання / О.О. Стеценко, В.Ю. Коротков // Наука і оборона. – К., 1999. – №4. – С. 18-22.
2. Литвинов В.В. Радиолокаторы систем контроля воздушного пространства: ретроспектива и современные проблемы интеграции и унификации / В.В. Литвинов // Прикладная радиоэлектроника. – Х., 2004. – Том 3, №4. – С. 61-74.
3. Приложение №2 к приказу Укрвапаци 28.01.2000 №22 “Классификация воздушного простран-

тва обслуговування повітряного руху України”.

4. Приказ Министерства транспорта Украины №293 от 16.04.2003 “ Про затвердження Правил польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України”.

5. Кондратенко А.П. Принципы и варианты построения радиолокационной системы с использованием излучения мобильной связи / А.П. Кондратенко, П.А. Коваленко, И.С. Добрынин // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2006. – Вып. 4(53). – С. 71-78.

6. Кондратенко А.П. Оценка и сравнение полей подсвета, создаваемых различными радиотехническими системами / А.П. Кондратенко, П.А. Коваленко, А.Н. Коржов // Системы озброєння і військова техніка. – Х., 2006. – № 2 (6). – С. 22-25.

7. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи / В.Г. Карташевский, С.Н. Семенов, Т.В. Фирстова. – М.: Эко – Трендз, 2002. – 299 с.

8. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвиж-

ной связи / Ю.А. Громаков. – М.: Эко – Трендз, 1997. – 238 с.

9. GSM (technikerschule Hannover BBS22). – [Електрон. ресурс]. – Режим доступа к публикации: <http://www.GSM.com>.

10. Черняк В.С. Многопозиционные радиолокационные станции и системы / В.С. Черняк, Л.П. Заславский, Л.В.Осипов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 1. – С. 9-70.

11. M. Cherniakov Direct path interference suppression in bistatic system: DTV based radar./ M. Cherniakov, Rajesh Saini, V. Lenive. – Proc. International Conference RADAR 2003, Adelaide, Australia, pp. 309 – 314, 3 – 5 September 2003.

Надійшла до редколегії 19.02.2009

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент Ю.П.Бабков, Академія внутрішніх військ, Харків.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТИ GSM ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В. Довбня

Проанализированы структура системы сотовой связи, особенности её функционирования и диапазоны работы. Показано, что базовые станции стандарта GSM можно использовать как передающие позиции в многопозиционной системе обнаружения радиолокационного типа. Кроме того, в статье приведены расчетные зоны обнаружения бистатической системы для наземных и воздушных объектов (высота полета до 1 км). При построении радиолокационной системы, использующей излучение базовых станций вдоль дорог, можно осуществлять постоянную оценку сложности дорожной обстановки и следить за скоростными ограничениями.

**Ключевые слова:** стандарт GSM, многопозиционные системы обнаружения, дециметровые радиоволны

## NETWORK USE GSM FOR DETECTION LAND AND AIR OBJECTS

V.V. Dovbnja

The structure of system of cellular communication, feature of its functioning and work ranges are analysed in this article. It is shown that base stations of standard GSM can be used as transferring positions in multisystem of detection of radar-tracking type. Besides, in article settlement zones of detection бистатической systems for land and air objects (height of flight to 1 km) are resulted. At construction of the radar-tracking system using radiation of base stations lengthways roads, it is possible to carry out a constant estimation of complexity of road conditions and to watch high-speed restrictions.

**Keywords:** standard GSM, multisystems of detection, decimeter radiowaves