УДК 621.396

Г. Л. Варгатюк[1]
М. І. Урсан[1]
Ю. Ю. Юрченко[1]

ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРИСТРОЇВ В МЕРЕЖІ 5G

[1] Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто технології мережевого позиціонування, що враховують специфіку радіо інтерфейсу і архітектури мережі радіо доступу п'ятого і подальших поколінь, для верифікації відомих і перспективних сценаріїв, що розрізняються географічною тоопологією, рухливістю та щільністю позиціонуються опорних пристроїв, а також параметри гетерогенної мережі радіо доступу.

Ключові слова: рухомий зв'язок, мережа радіо доступу, гетерогенна мережа, віртуальна реальність, пропускна здатність, цифрова економіка.

Abstract

Network positioning technologies are considered, taking into account the specifics of the radio interface and architectures of the fifth and subsequent generation radio access network, to verify known and promising scenarios differing in geographical toopology, mobility and density of positioned reference devices, and heterogeneous network radio parameters.

Keywords: mobile communication, radio access network, heterogeneous network, virtual reality, bandwidth, digital economy.

Вступ

Аналіз еволюції мереж рухомого зв'язку (МРЗ) попередніх поколінь 1G-4G показав, що мережеве позиціонування традиційно розглядалося як одна з додаткових можливостей в процесі стандартизації, побудови та експлуатації мереж, яка була затребувана тоді, коли сигнали глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) виявлялися недоступні; визначення місця розташування (ВМР) в МРЗ здійснювали при цьому переважно в інтересах екстрених служб і забезпечення правопорядку. Однак розвинена інфраструктура МРЗ відкривала широкі можливості для мережевої геолокації пристроїв, тому в процесі еволюції, починаючи з аналогових МРЗ 1G, удосконалювалися методи і засоби мережевого позиціонування. Цифрові МРЗ 2G GSM сприяли розвитку мережевого позиціонування з точністю до десятків метрів на вимогу регулятора. Глобалізація МРЗ пов'язана з утворенням партнерського проекту 3GPP (3rd Generation Partnership Project) для стандартизації мереж 3G UMTS. Починаючи з покоління 3G в процесі стандартизації МРЗ в специфікаціях 3GPP стали пред’явлені технічні вимоги до мережевого ВМР. Дана тенденція отримала продовження в мережах 4G LTE і подальший розвиток в мережах 5G NR [1-3].

Для мереж 5G в останніх специфікаціях 3GPP, на відміну від МРЗ попередніх поколінь, вперше були формалізовані вимоги до точності мережевого позиціонування до одного метра для різних сценаріїв. При цьому, крім традиційних для МРЗ 2G-4G випадків екстреного виклику, були описані різні сценарії мережевого позиціонування для народного господарства: послуги на основі позиціонування LBS (Location-based service), позиціонування в промисловості та охороні здоров'я, при управлінні дорожнім рухом , для залізничних і морських вантажоперевезень, а також позиціонування з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Відмінними рисами нових вимог до сценаріїв позиціонування 5G є ключові показники ефективності KPI (Key Performance Indicators), серед яких, крім точності оцінки координат (ОК) по горизонталі і вертикалі, виділяють точність оцінки швидкості і напряму руху, доступність ОК, затримка в її наданні, частота оновлення ОК, енергоспоживання на сеанс ВМР [4, 5].

Для досягнення амбітної задачі позиціонування з точністю до одного метра, що приблизно на порядок менше, ніж в МРЗ попередніх поколінь, в мережах 5G планується використовувати нові технології мережевого позиціонування, а також комбінування первинних вимірювань і оцінок координат різних існуючих технологій ВМР, як входять до специфікації 3GPP, так і сторонніх: ГНСС

(BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS), системи наземного позиціонування з використанням маяка TBS (Terrestrial Beacon Systems), інерційні вимірювальні модулі IMU (Inertial Measurement Unit), мережі радіо доступу (МРД) WiFi / Bluetooth [6]. Існуючі технології позиціонування задовольняють досить широкий спектр вимог в різних сценаріях, особливо при їх спільному використанні. Однак залишаються і такі сценарії, в яких вони не забезпечують необхідної точності, наприклад, всередині приміщень, при відсутності прямої видимості, в умовах щільної забудови, в сценаріях з використанням БПЛА і зонах підвищеної точності ВМР. Тому питання мережевого позиціонування для потреб народного господарства, без сумніву, є актуальними.

Метою роботи є розробка моделей і методів, сценаріїв і рішень для позиціонування пристроїв в мережах п'ятого і наступних поколінь.

Результати дослідження

З технічної точки зору мережеве позиціонування пристроїв в МРЗ, які є джерелами радіовипромінювання (ДРВ) можна розглядати як ВМР в багатопозиційних системах пасивної радіолокації (БПСПР), коли безліч позицій представлено базовими станціями (БС) МРД, які є опорними пунктами прийому (ПП) первинних вимірювань. Позиціонування ДРВ в БПСПР здійснюється за вимірюваннями на просторово рознесених ПП часу і / або напряму приходу сигналів, випромінюваних ДРВ. Найбільш розповсюдженими пасивними вимірюваннями є різницево-дальномірні (РДМ) і кутомірні (КМ). Розробка комплексу моделей і методів ВМР з точки зору БПСПР, як предмета дослідження, в контексті нових особливостей побудови і функціонування МРЗ п'ятого і наступного поколінь, як об’єкта дослідження, дозволяє підкреслити принципово важливі відмінності і нові можливості мережевого позиціонування, що відрізняють його від попередніх поколінь, особливо з огляду на перехід технологій 5G на якісно новий рівень.

На відміну від традиційних в своїй постановці питань побудови, функціонування і управління МРЗ з метою підвищення ефективності надавати надання послуг телекомунікацій, в дослідженні вперше робиться спроба створення методології постановки і рішення задач позиціонування мережевих пристроїв з використанням інфраструктури МРД п'ятого покоління при наданні нових послуг мереж зв'язку п'ятого і наступних поколінь, пов'язаних з визначенням місця розташування.

Таким чином, суть гносеологічного протиріччя полягає в назрілу необхідність створення методологічного апарату постановки і рішення задач позиціонування мережевих пристроїв з використанням інфраструктури МРЗ 5G при наданні нових послуг мереж зв'язку п'ятого і наступних поколінь для потреб цифрової економіки.

Гетерогенна мережа радіо доступу (HetNet) утворюється з макро, мікро і фемтосот, які підвищують повторне використання частот, можуть територіально накладатися один на одного і вимагають певної мережевої координації для обмеження рівня внутрішньо системних перешкод (рисунок 2) [7]. Крім різних по географічній протяжності зон обслуговування, координуватися можуть і стільники, що розрізняються технологією радіо доступу RAT (Radio Access Tech- nology). Конкурентне використання різних RAT в гетерогенної МРД 5G підвищує зв'язність і ПС, проте ускладнюють управління мережею.

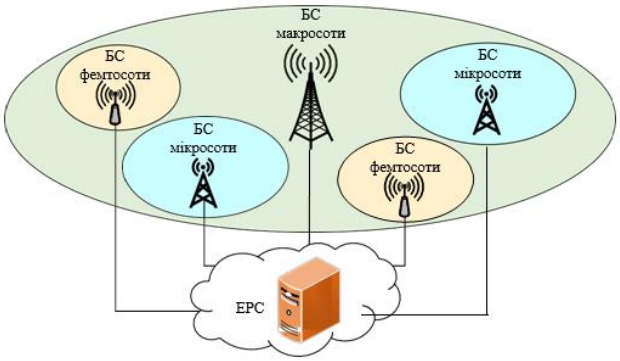

Рис. 2. Архітектура гетерогенної мережі радіо доступу 5G

З аналізу еволюції послуг і технологій при переході до мереж п'ятого покоління можна зробити наступні висновки. Мережі 5G є закономірним етапом розвитку мереж рухомого радіозв'язку і

відрізняються від попереднього покоління якісно як на технічному рівні, так і на призначеному для користувача рівні послуг.

На призначеному для користувача рівні мережі 5G являють собою нову парадигму інфокомунікаційних технологій з принципово новими послугами віртуальної і доповненої реальності VR / AR, послугами з наднизькою затримкою, Інтернета речей IoT на основі масового підключення пристроїв, інтелектуальних послуг на основі великих обсягів даних Big Data , послуг тактильного Інтернету.

На технічному рівні мережі 5G повинні задовольняти вимогам: збільшення пропускної здатності в 10 разів, зростання спектральної ефективності до 3 разів, зменшення наскрізний затримки передачі в 10 разів до 1 мс, збільшення кількості підключаються в соті в 10-100 разів - до 10^6 на 1 км^2, збільшення часу автономної роботи пристроїв IoT / M2M / D2D – до 10 років.

Нові технології мереж 5G проявляються на рівні архітектури, при функціонуванням пристроїв, в задачах управління мережею і з точки зору моделі OSI.

Висновки

Таким чином, мережі 5G є актуальним напрямком дослідження і, безсумнівно, інноваційної екосистемою для постановки і рішення задач мережевого позиціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зарипова Э.Р. Анализ производительности сетей подвижной связи / Э.Р. Зарипова, Е.В. Маркова, Ю.В. Гайдамака. – Москва: РУДН, 2019. – 111 с

2. Гольдштейн Б.С. Инфокоммуникационные сети и системы / Б.С. Гольдштейн. – Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2019. – 208 с.

3. Лихтциндер Б.Я. Беспроводные сенсорные сети / Б.Я. Лихтциндер, Р.В. Киричек, Е.Д. Федотов, Е.Ю. Голубничая, А.А. Кочуров. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2019. – 236 с.

4. Парамонов А.И. Математические модели в сетях связи. Часть 1 / А.И. Парамонов, М.А. Маколкина, Р.В. Киричёк, А.И. Выборнова, Е.Г. Богданова. – Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2019. – 111 с.

5. Самуйлов К.Е. Сети и телекоммуникации. Учебник и практикум / К.Е. Самуйлов, И.А. Шалимов, В.В. Василевский, Н.Н. Васин, Д.С. Кулябов, А.В. Королькова. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 363 с.

6. Yang H.-C. Advanced Wireless Transmission Technologies / H.-C. Yang, M.-S. Alouini. – Cambridge University Press, 2020. – 416 p.

7. Dahlman E. 5G NR. The Next Generation Wireless Access Technology. 2nd Edition / E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold. – Academic Press, 2021. – 608 p.

Варгатюк Ганна Леонідівна — аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

Урсан Максим Іванович — аспірант, спеціальності 172-Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

Юрченко Юрій Юрійович — студент групи ТКС – 20 м, Вінницький національний технічний університет

Науковий керівник: ***Васильківський Микола Володимирович*** — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІРЕН, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Varhatiuk Hanna L. - Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuik@gmail.com

Ursan Maxim I. - Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuik@gmail.com

Yurchenko Yurii Y. - student of TKS group - 20 m, Vinnytsia National Technical University

Supervisor: ***Vasylkivskyi Mykola V.*** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com