

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 528.3

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ DGPS/RTK РЕЖИМУ СУПУТНИКОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРИ ЧАСТКОВО ЗАКРИТОМУ ГОРИЗОНТІ

Булакевич С.В., Ревуцький В.Р., Волошина О.О., Куницький М.О.

Національний університет водного господарства та природокористування

Досліджено точність супутникових спостережень при частково закритому горизонті. Роботи виконували на території Рівненської області. Вимірювання провели у різних режимах. Експериментальні роботи дають можливість отримання високоточних координатних визначень у режимі реального часу з використанням NTRIP-технології. Було виявлено, що швидкість і надійність цього результату залежать також від оператора стільникового зв'язку.

Ключові слова: NTRIP-технології, RTK режим позиціонування, базова станція, визначення координат точок.

Постановка проблеми. Технології високоточного визначення координат з використанням глобальних супутникових навігаційних систем (ГНСС) GPS і ГЛОНАСС в останнє десятиліття завоювали провідні позиції у галузі навігації, геодезії, кадастру тощо. Розвиток означених технологій відбувається як у напрямку постійного підвищення точності та надійності, так і в напрямку підвищення оперативності координатних визначень. Сьогодні вершиною таких технологій є так звані RTK (від англ. Real Time Kinematic) режим позиціонування.

RTK режим являє собою відносно визначення координат у реальному масштабі часу з використанням високоточних фазових спостережень за сигналами ГНСС. Сьогодні рівень точності RTK режиму позиціонування, за умови використання сучасної двочастотної апаратури, становить одиниці сантиметрів. У найпростішому варіанті система апаратно-програмних засобів для реалізації RTK режиму складається з базового ГНСС приймача, який розташовано у точці з відомими координатами (базова RTK станція), рухомого ГНСС приймача (RTK ровера), засобів зв'язку, а також зовнішнього контролера роверного приймача з програмним забезпеченням для відображення та реєстрації вимірювальних даних (координат точок та їхніх маркерів). Робота у RTK-режимі геодезичного знімання виконується в такий спосіб. Базова станція та роверний приймач виконують безперервні виміри псевдовідстаней і фаз несучих за сигналами ГНСС. Базова станція формує та передає роверному приймачу за допомогою каналу зв'язку DGPS/RTK корекції у форматі RTCM. Роверний приймач враховує прийняті від базової станції корекції у своєму рішенні, виконуючи розрізнення фазових невизначеностей спостережень (методи «on-the-fly») та координатні визначення у реальному часі. Як канал зв'язку найчастіше використовується УКХ радіозв'язок у частотному діапазоні 430-470 МГц. Такий підхід часто застосовується на практиці, але не позбавлений цілої низки недоліків, пов'язаних з труднощами організації надійного каналу радіозв'язку між базовою станцією та роверним приймачем на необхідних відстанях.

Вихід із цієї ситуації вбачається у використанні сучасних Internet-технологій передавання даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Спеціально для реалізації RTK режиму Федеральним агентством Німеччини з картографії та геодезії (BKG) була розроблена технологія NTRIP (від англ. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) [1], що містить три основні компоненти – систему (сервер) збору та накопичення даних – NtripServer, програмного маршрутизатора Мережі Інтернет – NtripCaster і програмної приймальної частини – NtripClient. За своєю суттю NTRIP є спеціальним TCP-протоколом передавання даних за допомогою мережі Інтернет із забезпеченням надійного та багатокористувачевого доступу до корекцій і спостережень мереж базових станцій [2]. Технологію NTRIP добре апробовано на практиці у розвинутих країнах світу в умовах розвитку мереж швидкісного Інтернету за бездротовими принципами [3-5]. У запропонованій статті наведено результати одного з перших комплексних експериментальних досліджень реалізації NTRIP-технології в Україні, які були виконані під керівництвом академіка НАН України Я.С. Яцківа в 2007 р. в ході інноваційного проекту із створення прототипу інформаційно-вимірювальної системи підтримки геодезичних та кадастрових зйомок.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідженню точності RTK-режиму в умовах обмеженої видимості в Україні приділено мало робіт, публікацій. В даній роботі планується дослідити практично отримані на місцевості дані у залісненій місцевості та дати пропозиції щодо можливостей їх подальшого використання.

Мета, завдання, склад апаратно-програмних засобів та програма реалізації експериментальних досліджень. Основною метою експериментальних досліджень було практичне відпрацювання технології передавання даних від базової станції за допомогою NTRIP-технології і оцінка точності RTK-рішення та тривалості часу ініціалізації рішення на роверному GPS/ГЛОНАСС приймачі при різних величинах базових векторів. Під час виконання експериментальних досліджень передбачалося вирішити такі завдання:

1. Оцінити можливості базової GPS станції RIVN визначення координат точок у режимі реального часу.

2. Реалізувати, налагодити та відпрацювати передавання DGPS/RTK корекцій через NTRIP Caster мережі Systemnet.

3. Відпрацювати приймання DGPS/RTK корекцій роверним GPS/ГЛОНАСС приймачем

за допомогою NtripClient і GSM/GPRS каналу зв'язку на наявному GNSS обладнанні Leica 1200.

4. Оцінити точність та надійність отримуваних рішень у режимі реального часу в різних умовах спостережень.

До експериментальних робіт залучався такий склад апаратно-програмних засобів:

1. Базова DGPS/RTK станція RIVN всеукраїнської мережі Systemnet на основі багаточастотного GPS приймача LEICA GR10.

2. Роверний RTK приймач на основі багаточастотного GPS/ГЛОНАСС приймача Leica 1200 та антени геодезичного класу точності Leica AX1202 GG.

3. GSM/GPRS модем LEICA GFU 24.

4. Програмне забезпечення Trimble Bussines Centre для постсеансної обробки вимірювальних даних і порівняльного аналізу результатів експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу. Експериментальні дослідження було виконано на території Рівненської області у 2015 році. Попередньо методом статичного геодезичного знімання було виконано визначення координат еталонних точок на місцевості, які були розташовані на різних відстанях від базової станції RIVN у залісненій місцевості з частково закритим горизонтом. Накопичення вимірювальних даних у вибраних точках здійснювалось упродовж 30 хвилин з інтервалом 1 раз на секунду. Всі накопичені дані було попередньо проаналізовано та відкориговано програмним пакетом Trimble Bussines Centre, що гарантувало їхню високу якість та відсутність аномальних вимірів. Координати всіх точок ровера оцінено на міліметровому рівні точності, результати оцінок координат у статичному режимі зйомки наведено в табл. 1.

Після визначення координат еталонних точок були виконані експериментальні роботи, пов'язані безпосередньо

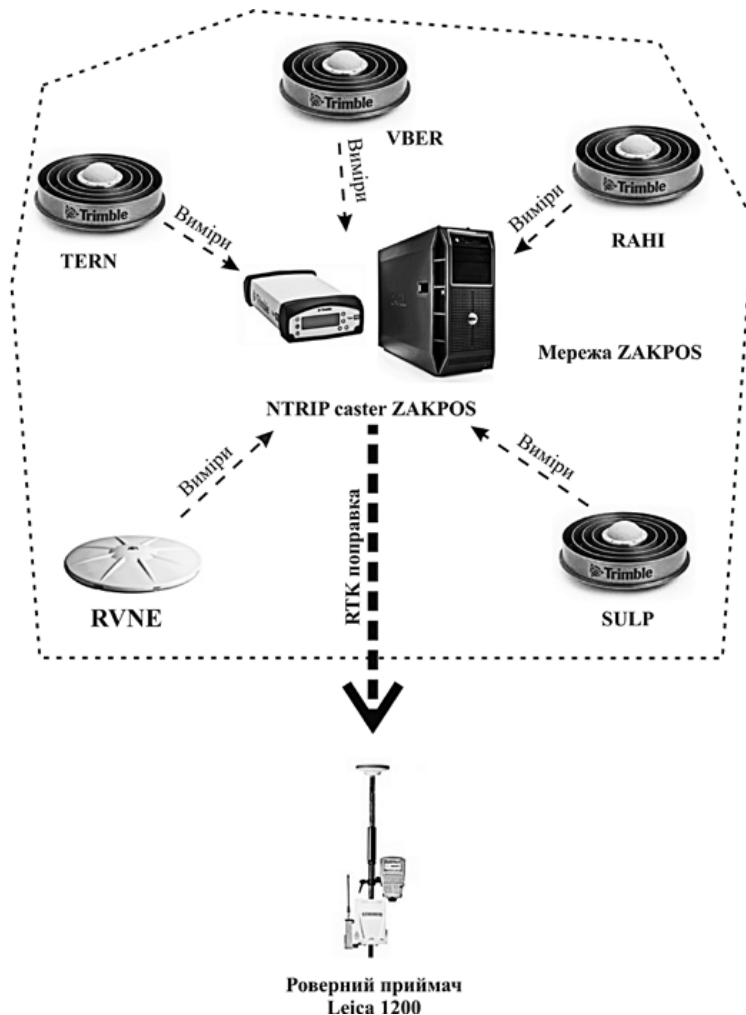


Рис. 1. Функціональна схема виконання експериментальних досліджень

Таблиця 1

Координати еталонних точок (фіксовані та визначені у статичному режимі значення)

Точка	Довгота, WGS-84	Широта, WGS-84	Висота, м	Відстань, км
Базова станція RIVN	50° 37' 26.41595»	26° 16' 1.99374»	263.0679	Рівне
№ 1	50°35'53,91026»	26°11'47,93336»	229,460	Рівне
№ 2	50°37'52,15617»	26°11'47,93336»	244,338	Рівне
№ 3	50°33'39,80842»	26°06'00,17746»	282,271	С. Грушвиця
№ 4	50°20'01,48642»	26°06'11,40999»	326,755	Острозький район

Таблиця 2

Результати порівняльного аналізу координат пунктів, що отримані в реальному часі, з координатами післясеансного оброблення

Точка	База, м	Відхилення середнього значення від еталона, м			СКП відносного середнього значення, м			Час ініціалізації, с
		Широта	Довгота	Висота	Широта	Довгота	Висота	
№ 1	2127,807	0,006	0,005	0,02	0,04	0,02	0,04	10
№ 2	5437,977	0,002	0,003	0,009	0,025	0,02	0,035	15
№ 3	12445,971 m	0,003	0,002	0,004	0,01	0,01	0,02	20
№ 4	32209,445 m	0,005	0,003	0,02	0,03	0,02	0,04	20

з дослідженням роботи RTK-режиму. Для цього було використано NTRIP маршрутизатор мережі Systemnet та допоміжне програмне забезпечення. Диференціальні корекції та «сири» первинні виміри базової станції RIVN передавалися на центральний сервер мережі Systemnet який територіально знаходився в м. Київ, де перенаправлялися до мобільного приймача та архівувалися для виконання постсеансного аналізу. Роверний GPS/ГЛОНАСС приймач по черзі було розташовано в еталонних точках. Мобільний приймач мав зв'язок з мережею Інтернет через GSM модем.

Запропоновану функціональну схему експериментальних робіт наведено на рис. 1.

Результати експериментальних досліджень. Всі рішення в RTK режимі було отримано у двочастотному режимі фіксованим розрізненням фазових невизначеностей (L1L2-fixed). Оцінки координат у реальному масштабі часу було порівняно з еталонними значеннями, що одержані в режимі постобробки. У табл. 2 наведено сумарні характеристики порівнянь за декількома сотнями реалізацій оцінок координат у реальному часі.



Рис. 2. Місця розташування роверного приймача в еталонних точках

Результати порівнянь свідчать, що максимальна похибка (СКП) визначень координат не перевищувала значень 4 см для всіх точок при часі ініціалізації до 25 с. Такий великий час ініціалізації fixed – рішення приймача був пов'язаний тільки з якістю каналу GSM/GPRS зв'язку. Здебільшого час ініціалізації не перевищував 10 с навіть при короткочасному зникненні GSM/GPRS каналу зв'язку. На рис. 3 наведено отримані нев'язки координатних визначень у RTK режимі для планових координат (а) та висоти б) відповідно для точок № 3 та № 4. На

рисунках можна спостерігати періодичні короткочасні викиди, що були зумовлені відсутністю GSM/GPRS – зв'язку у ці інтервали часу.

Висновки та пропозиції. 1. Виконані експериментальні роботи продемонстрували можливість одержання високоточних координатних визначень сантиметрового рівня точності у режимі реального часу з використанням NTRIP-технології передавання диференціальних корекцій.

2. Одним з найважливіших елементів комплексу RTK-системи є організації GSM/GPRS-каналу зв'язку. У разі використання таких комплексів потрібно урахувувати такі чинники:

– швидкість й надійність інформаційного обміну між Інтернет-провайдером, що надає доступ до NTRIP Caster, і конкретним оператором стільникового зв'язку;

– вибір тарифного плану у разі використання GPRS-зв'язку користувачем;

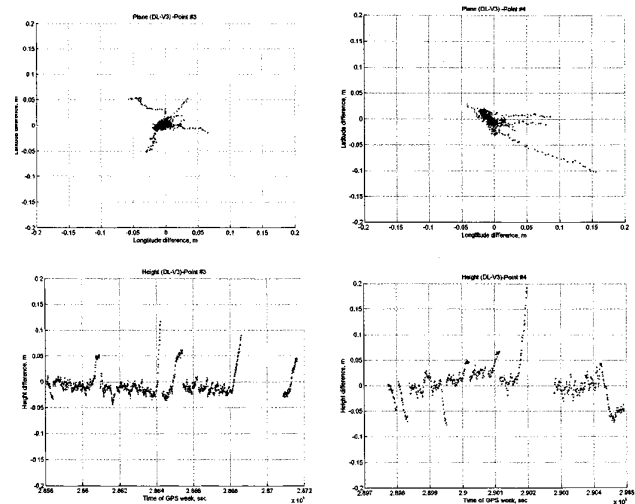


Рис. 3. Графіки похибок координатних визначень

– загальне завантаження мережі оператора мобільного зв'язку, яке залежить від часу доби та інших чинників.

Вирішення цих проблем вимагає консультацій з операторами мобільного зв'язку та їхнього урахування.

4. Реалізація DGPS-режиму субметрової точності на цьому етапі виконання роботи не викликає принципових проблем, однак і у такому разі потрібно надійніший зв'язок, ніж під час експериментів.

5. У перспективі для організації високоточного координатного сервісу необхідно розглянути можливість й інших технологій мобільного Інтернету, такі, як Wi-Fi і Wi-MAX.

Список літератури:

1. Weber G., Gebard H., Dettmering D. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) in: «A Window on the Future of Geodesy», Proceedings of the International Association of Geodesy // IAG General Assembly, Sapporo, Japan June 30 – July 11, 2003 Series: International Association of Geodesy Symposia, Vol. 128, Sanso F. (Ed.), 2005.
2. Transport Protocol Definition Vers. 1.0 // електронний ресурс: <http://igs.bkg.bund.de/root/ftp/NTRIP/documentation/NtripImplementation.pdf>
3. Jeonghan Kim, Sanghoon Jeon, Changdon Kee Test Result of RTK-GNSS Using Compact RTK Correction Messages Combined With NTRIP // ION 2005 National Technical Meeting, Proceedings CD-ROM.
4. Ruizhi Chen, Xiyin Li, Georg Weber Test Results of an Internet RTK System Based on the STRIP Protocol // The European Navigation Conference GNSS 2004, Proceedings CD-ROM.
5. Jan Cisak, Magdalena Mank, Lukasz Zak Preliminary results of the use of EUREF-IP pilot project in Warsaw Metropolis based on two NTRIP servers of EPN stations BOG1 and JOZ2 // електронний ресурс: <http://www.>

- epncb.oma.be/_newsmails/papers/eurefsymposium_2004/preliminary_results_of_the_use_of_eurefip_pilot_project_in_warsaw_metropolis.pdf
6. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol Downloads // электронный ресурс: http://igs.bkg.bund.de/index_ntrip.htm
 7. EUREF's Ntrip Example Implementation // электронный ресурс: <http://igs.bkg.bund.de/root ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf>
 8. Жалило А.А., Шелковенков Д.А. ОСТАВА: Многофункциональный программный инструментарий обработки и анализа GPS/GNSS наблюдений // Сборник материалов XIV Международной конференции по интегрированным навигационным системам, 28-30 мая 2007 г., Санкт-Петербург. – С. 319-321.
 9. Zhalilo A., Shelkovenkov D. Features and service performance of multifunctional software toolkit «ОСТАВА» for processing and analysis of GPS/GNSS observations, GEOS 2007 Conference Proceedings, Prague, Czech Republic, 1-2 March 2007, pp. 102-110.
 10. Zhalilo A.A., Sadanova N.V. Pre-Processing & Analysis software «ОСТАВА_PPA»: concept, possibilities and features, initial test results // Proceedings of the 2004 International Symposium on GNSS/GPS (GNSS 2004), Sydney, Australia, 6-8 December 2004.
 11. GrafNav / GrafNet ver. 7.80: User Guide // NovAtel Waypoint Group. – Publication Number: OM-200000105. Revision Level: 3. – Revision Date: 2007/03/15. – 313 p.

Булакевич С.В., Ревуцкий В.Р., Волошина О. А., Куницкий М.А.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ DGPS/RTK РЕЖИМА СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ЧАСТИЧНО ЗАКРЫТОМ ГОРИЗОНТЕ

Аннотация

Исследована точность спутниковых наблюдений при частично закрытом горизонте. Работы выполняли на территории Ровенской области. Измерения провели в разных режимах. Экспериментальные работы дают возможность получения высокоточных координатных определений в режиме реального времени с использованием NTRIP-технологии. Было обнаружено, что скорость и надежность этого результата зависят также от оператора сотовой связи.

Ключевые слова: NTRIP-технологии, RTK режим позиционирования, базовая станция, определение координат точек.

Bulakevich S.V., Revutsky V.R., Voloshina O.A., Kynickiy M.O.

National University of Water and Environmental Engineering

IMPLEMENTATION OF RESEARCH DGPS/RTK MODE SATELLITE POSITIONING WHILE THE SHARE CLOSED HORIZON

Summary

Investigated the accuracy of satellite observations in the partially closed horizon. The work performed on the territory of the Rivne region. Measurements conducted in various modes. Experimental enable reception of high-definition coordinate in real time using NTRIP-technology. It was found that the speed and reliability of results also depend on the service provider.

Keywords: NTRIP-technology, RTK positioning mode, the base station, determining the coordinates of points.