

Оценка точности двухчастотных ГНСС-измерений со смартфона Xiaomi Mi8

П. В. Жданова^{1}, С. В. Долин¹*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

*e-mail: jdanovap2002@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются современные возможности высокоточного позиционирования для мобильных систем на платформе Android. Изучены исследовательские работы в области позиционирования с использованием смартфонов, с акцентом на следующие аспекты: обзор фундаментальной работы по сырым измерениям со смартфонов и оценке качества сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для устройств Google Pixel 4, Google Pixel 5, Xiaomi Mi 8 и Samsung Ultra S20 с точки зрения уровня их сигнала и непрерывности фазы несущей, а также описание текущего состояния области исследований позиционирования смартфонов. Проведены эксперименты и выполнена оценка точности получаемого решения со смартфона, оснащённого двухчастотным навигационным чипом, методами Precise Point Positioning (PPP) и относительным методом, в режимах статика и кинематика.

Ключевые слова: смартфон, позиционирование, глобальные навигационные спутниковые системы, несущая фаза, антенна, частота

Evaluation of the accuracy of dual-frequency GNSS measurements from a Xiaomi Mi8 smartphone

P. V. Zhdanova^{1}, S. V. Dolin¹*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies. Novosibirsk, Russian Federation

*e-mail: jdanovap2002@gmail.com

Abstract: The article discusses the modern possibilities of high-precision positioning for mobile systems on the Android platform. The research work carried out in the field of positioning using smartphones has been studied, with an emphasis on the following aspects: review of fundamental work on raw measurements from smartphones and assessment of the quality of signals of global navigation satellite systems (GNSS) for Google Pixel 4, Google Pixel 5, Xiaomi Mi 8 and Samsung Ultra S20 devices in terms of their signal level and the continuity of the carrier phase, as well as a description of the current state of the smartphone positioning research area. Experiments have been carried out and the accuracy of the solution obtained from a smartphone equipped with a dual-frequency navigation chip, Precise Point Positioning (PPP) and relative method, in static and kinematic modes has been evaluated.

Keywords: smartphone, positioning, global navigation satellite systems, carrier phase, antenna, frequency

Введение

GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou – многие эти глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) уже известны обществу. Эта технология нашла применение в различных сферах деятельности. Обычный сотовый телефон также

может быть устройством позиционирования, что охватывает многие слои населения [1].

Задача позиционирования мобильных телефонов в основном нацелена на осуществление автоматического определения их местоположения в пределах сотовых сетей [2].

Все современные смартфоны оснащаются системой навигации GPS, в новых моделях часто можно встретить и другие ГНСС, такие как ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou [3].

В мае 2016 года Google объявила о разработке интерфейса позволяющего, обрабатывать сырые ГНСС-измерения, для смартфонов на базе Android. Выпуск такого прикладного программного обеспечения открыл путь для разработки точных методов позиционирования с использованием сверхнизких датчиков [4].

В 2018 году мобильный бренд Xiaomi выпустил первый в мире двухчастотный смартфон Xiaomi Mi 8 [5]. Смартфон оснащен чипом Broadcom BCM47755, который поддерживает частоты L1/L5 для GPS и E1/E5 для Galileo в дополнение к частоте L1 для ГЛОНАСС и BeiDou. Наличие измерений псевдодиапазона и фазы, несущей на частотах L1/E1 и L5/E5 позволяет пользователю комбинировать измерения, существенно устраняя эффект ионосферной задержки [6]. Это, в свою очередь, приводит к усовершенствованному решению позиционирования Precise Point Positioning.

Ранее смартфоны до Xiaomi Mi 8 принимали сигнал от спутников только на одной частоте L1 (1575 МГц). Эту частоту поддерживают все спутники: американские GPS, российские ГЛОНАСС, европейские Galileo и китайские BeiDou. Но, в отличие от других смартфонов, Xiaomi Mi 8 принимает сразу два сигнала на разных частотах от одного и того же спутника. Вторая частота L5 (1176 МГц) предназначена для применения в ситуациях, от которых зависит жизнь человека, например, в авиации [7].

Смартфоны уже применяли в различных исследованиях. Их использовали в разных целях. Исследователи изучали влияния многолучевости в смартфоне, заменяли встроенную ГНСС-антенну на внешнюю ГНСС-антенну более высшего класса [8]. ГНСС-смартфоны тестировались в быстродействующем статическом режиме (Rapid-static) и в сетевом кинематическом режиме реального времени (NRTK) [9, 10].

Основной источник ошибок позиционирования в мобильных телефонах связан не с чипом ГНСС, а с внутренней антенной и переключением в режим работы с низким энергопотреблением [11].

Так как антенны в смартфоне не имеют стабильного фазового центра как у геодезических ГНСС-антенн, это приводит к погрешностям в определении местоположения, также на результат влияет многолучевость, геометрическая задержка и среднее положения фазового центра [12].

Условия экспериментов

Цель экспериментов – оценить качество получаемого ГНСС-решения со смартфона Xiaomi Mi 8, с использованием всех глобальных навигационных спут-

никовых систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou) и двух частот, в методе PPP, L1/L5 и E1/E5 для систем GPS и Galileo, соответственно.

С помощью программы Geo++ RINEX Logger [13] были взяты сырые измерения со смартфона и выполнена обработка в программном обеспечении RTKLIV, для относительного метода и в online сервисе CSRS-PPP, для метода PPP [14].

Эксперимент по оценке точности координат, получаемых в режиме, статика, относительным методом и PPP, выполнялся на крыше лабораторного корпуса Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ). На пункте с известными координатами NSKE была установлена болванка от Choke-ring антенны, на которой был установлен смартфон (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальная установка на крыше лабораторного корпуса СГУГиТ

Базовой станцией являлся пункт с известными координатами NSKN. Длительность измерений составила 40 минут. После выполнения пост-обработки измерений в программном обеспечении RTKLIV и CSRS-PPP, были определены СКП для каждого из методов (табл.1). Координаты пункта определялись в пространственной прямоугольной системе координат WGS84, на эпоху 2022.133.

Таблица 1

СКП для относительного метода и метода PPP

Относительный метод		
СКП X	СКП Y	СКП Z
0,2616м	0,4478 м	0,3910 м
Метод PPP		
СКП X	СКП Y	СКП Z
0,9940 м	2,5170 м	2,1248 м

Эксперимент по оценке точности координат, получаемых в режиме, кинематика, относительным методом и PPP, выполнялся на автомобиле Kia Rio.

В передней части салона на торпеде, был установлен смартфон. В качестве базовой станции для относительного метода использовался пункт ФАГС NSK1 (рис. 2).



Рис. 2. Экспериментальная установка на торпеде автомобиля

Результатом эксперимента являются треки движений для относительного метода и метода PPP, они выглядят следующим образом (рис. 3). Оранжевые точки – для относительного метода, зеленые – для метода PPP.



Рис. 3. Трек движения на автомобиле

Эксперимент с синхронными измерениями проводился в режиме кинематика для сравнения полученных треков движения со смартфона и ГНСС-приемника. Эксперимент проводился в районе сквера «Монумент славы», а также на территории СГУГиТа в хоккейной коробке. Результаты были обработаны в программном обеспечении RTKLIV для относительного метода, а также на online сервисе CSRS-PPP для метода PPP. Телефон Xiaomi Mi8 был установлен на вехе таким образом, чтобы он находился в вертикальном положении [15] и закреплён рядом с антенной Stonex S800A (рис. 4). С помощью такой установки были получены синхронные измерения с телефона и с приемника и сравнены полученные решения относительно друг друга [16]. Результатом являются полученные треки решений для относительного и PPP методов (рис. 5, 6).



Рис. 4. Экспериментальная установка для получения синхронных измерений со смартфона и приемника



Рис. 5. Треки движения в хоккейной коробке, слева – относительный метод, справа – PPP

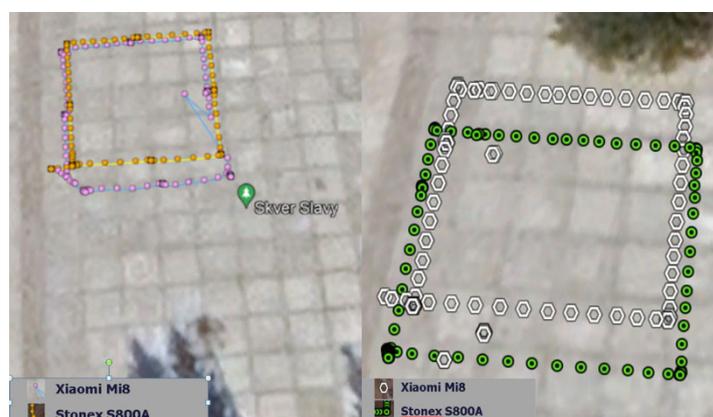


Рис.6. Треки движения на монументе славы, слева – относительный метод, справа – PPP

В процессе выполнения исследований было выявлено, что смартфон с двухчастотным чипом способен выполнять измерения на частотах L1/L5 и E1/E5 и эти данные пригодны для обработки измерений. Благодаря тому, что в смартфоне имеется двухчастотный чип, появляется возможность обрабатывать измерения методом PPP.

Выводы

Проведена оценка точности измерений и получено, что в режиме статика смартфон Xiaomi Mi 8 с двухчастотным чипом Broadcom BCM47755.

В режиме кинематика относительным методом и методом PPP в большинстве случаев определяемая точка оказывалась на полосе движения транспорта.

При сравнении треков движения смартфона и приемника наблюдается смещение, в некоторых случаях определяемые точки совпадают.

Точность и надежность высокоточного позиционирования на основе несущей фазы смартфона в значительной степени зависят от фазовой и амплитудной диаграммы направленности его внутренней антенны. Разрешение неоднозначности целых чисел имеет решающее значение для сантиметрового уровня позиционирования ГНСС [4].

В высокоточном позиционировании смартфона есть некоторые ограничения. К ним относятся низкое качество ГНСС-измерений, их высокая чувствительность к ошибкам многолучевости из-за линейной структуры поляризации антенн, частые проскальзывания цикла и отсутствие наблюдений за фазой, а также отсутствие информации о смещении фазового центра и вариации для большинства смартфонов. Все эти факторы ограничивают пользователей в получении высокоточного позиционирования смартфона. Таким образом, существует спрос на разработку новых методов и алгоритмов для повышения точности и надежности позиционирования смартфонов, а также на разработку приложений на их базе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системы глобального позиционирования мобильных устройств [Электронный ресурс]. – URL: https://zadereyko.info/mestopolojenie_telefonov/sistemu_globalnogo_pozitionirovaniya2.htm (дата обращения: 17.11.2022).
2. Определение местоположения в сетях GSM [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.corporacia.ru/pages/page/show/365.htm> (дата обращения: 17.11.2022).
3. Станет ли двухдиапазонность суперсилой GPS? [Электронный ресурс]. – URL: <https://wireless-e.ru/gps/dvuhdiapazonnost/> (дата обращения: 17.11.2022).
4. GNSS smartphones positioning: advances, challenges, opportunities, and future perspectives | Satellite Navigation | Full Text [Электронный ресурс]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.2f02e8d4-63764d85-bee03c61-74722d776562/https/satellite-navigation.springeropen.com/articles/10.1186/s43020-021-00054-y (дата обращения: 17.11.2022).
5. Dual GPS в Xiaomi Mi 8: двухдиапазонная спутниковая навигация по стандарту L5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ztegid.ru/blog/proshivka/gps-navigatsiya-kak-v-kinostandard-l5-nezametnaya-revolyuetsiya-ot-xiaomi.html> (дата обращения: 17.11.2022).
6. alldatasheet.com. BCM47755KUB1G Datasheet(PDF) - Broadcom Corporation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1022771/BOARDCOM/BCM47755KUB1G.html> (дата обращения: 17.11.2022).

7. Dual GPS в смартфоне — что это и зачем нужно? | AndroidLime [Электронный ресурс]. – URL: <https://androidlime.ru/dual-gps-phone> (дата обращения: 17.11.2022).
8. Geng J. On the feasibility of resolving Android GNSS carrier-phase ambiguities [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/337364943_On_the_feasibility_of_resolving_Android_GNSS_carrier-phase_ambiguities (дата обращения: 17.11.2022).
9. Bakula M. Performance of DGPS Smartphone Positioning with the Use of P(L1) vs. P(L5) Pseudorange Measurements / M. Bakula, M. Uradzinski, K. Krasuski // Remote Sensing. – 2022. – Т. 14. – С. 929.
10. On the feasibility of cm-accurate positioning via a smartphone's antenna and GNSS chip / T. Humphreys [и др.]. – 2016. – 232 с.
11. Niu Z. CIGRLogger / Z. Niu. – 2022.
12. Влияние многолучевости распространения радиоволн от навигационного космического аппарата на точность определения координат GPS-приемником - Беспроводные технологии [Электронный ресурс]. – URL: <https://wireless-e.ru/gps/gnss/> (дата обращения: 17.11.2022).
13. Lachapelle G. GNSS PRECISE POINT POSITIONING WITH ANDROID SMARTPHONES AND COMPARISON WITH HIGH PERFORMANCE RECEIVERS / G. Lachapelle, P. Gratton. – 2019
14. Precise Point Positioning [Электронный ресурс]. – URL: <https://webapp.csrscs-nrcan-nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> (дата обращения: 17.11.2022).
15. Precise Point Positioning Using Dual-Frequency GNSS Observations on Smartphone / Q. Wu [и др.] // Sensors. – 2019. – Т. 19. – С. 2189.
16. Shinghal G. Conditioning and PPP processing of smartphone GNSS measurements in realistic environments / G. Shinghal, S. Bisnath // Satellite Navigation. – 2021. – Т. 2.

© П. В. Жданова, С. В. Долин, 2023