

## СИНХРОНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ В СОТОВОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

*М.С. Лохвицкий, доцент кафедры «Теории вероятностей и прикладной математики» МТУСИ, к.т.н. 111024, г. Москва; ул. Авиамоторная, 8А.*

**УДК 621.396**

**Аннотация.** Для синхронизации работы мобильных терминалов в сотовой связи можно использовать спутниковые системы определения местоположения. Естественно, этот метод возможно применять только при работе с терминалами, в которых эта функция заложена. В статье рассматриваются мероприятия, которые необходимо провести для внедрения этого способа синхронизации. Рассматривается также вопрос, как часто нужно производить корректировку местоположения сотовой связи. Приведены конкретные примеры определения частоты измерений в зависимости от возможной скорости передвижения мобильного терминала.

**Ключевые слова:** мобильная связь; синхронизация работы мобильных терминалов; время упреждения; спутниковые системы определения местоположения; изобретение; способ сотовой связи; формула гаверсинусов.

### SYNCHRONIZATION OF MOBILE TERMINALS IN THE CELLULAR COMMUNICATION WITH THE USE OF LOCATION DETERMINATION SYSTEMS

*Mikhail Lokhvitsky, associate professor of «The theory of probability and applied mathematics» department, MTUCI, Ph. D., 111024, Moscow, ul. Aviamotornaya, 8A.*

**Annotation.** Location-based satellite systems can be used to synchronize mobile terminals in cellular communications. Naturally, this method can be used only when working with terminals, in which this function is incorporated. The article discusses the activities that need to be carried out to implement this method of synchronization. The question of how often is needed to adjust the location of cellular communication is also being considered. Concrete examples of determining the measurement frequency are given depending on the possible speed of movement of a mobile terminal.

**Keywords:** mobile communication; synchronization of mobile terminals; lead time; satellite positioning systems; invention; cellular communication method; haversinus formula.

#### Введение

Во всех системах сотовой связи, в которых применяется временное мультиплексирование, необходимо синхронизировать работу мобильных терминалов с базовой станцией [1-7]. В действующих стандартах сотовой связи необходимые измерения производятся на базовой станции и в соответствии с ними выдаются команды управления на мобильные терминалы.

Для команд управления используются специальные логические каналы и (или) вместо передачи трафика подаются соответствующие команды управления. В [4] предложен альтернативный метод синхронизации работы мобильных терминалов. В этом изобретении предлагается перенести измерения непосредственно на мобильные терминалы. Это можно сделать, используя встроенные в мобильные терминалы приемники спутникового определения местоположения. При помощи спутниковой системы определения *GPS, GLONASS и GALILEO* на приемник мобильной станции поступают данные о его местоположении (рис. 1).

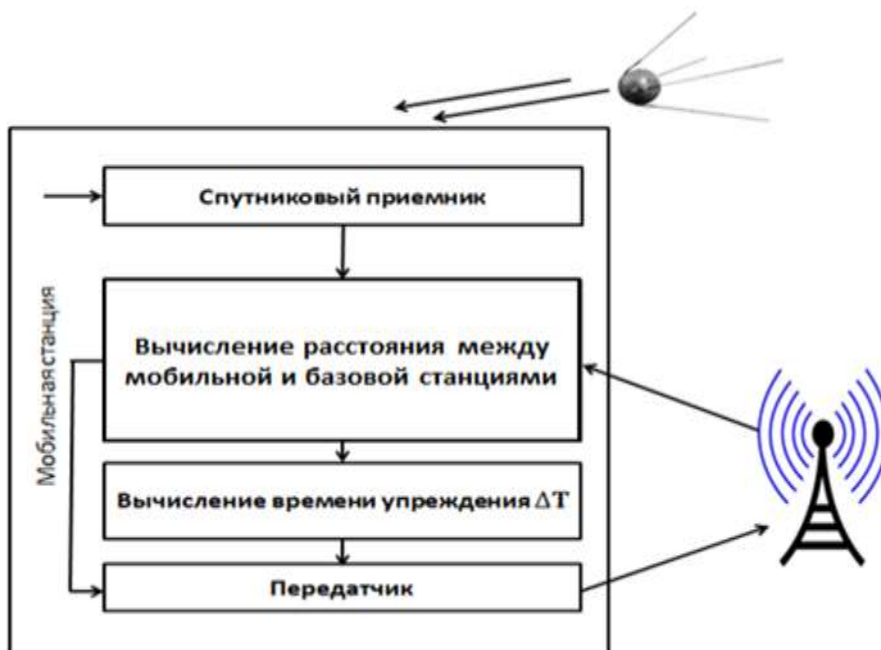


Рисунок 1

Как правило, система включает в себя более трех спутников, что позволяет определять местоположение даже в пространстве.

После получения координат приемником, они передаются на блок вычисления расстояния от мобильного терминала до базовой станции. В тоже время, на этот блок поступают координаты базовой станции. Для определения расстояния до базовой станции в блоке вычисления расстояния первоначально вычисляют угловую разницу между точками на сфере по формуле гаверсинов [3, 8]:

$$\Delta\sigma = 2 \arcsin \left\{ \sqrt{\sin^2 \frac{\phi - \phi_0}{2} + \cos \phi \cos \phi_0 \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2}} \right\} \quad (1)$$

где:  $\phi, \lambda; \phi_0, \lambda_0$  – широта и долгота двух точек в радианах;  
 $\Delta\lambda$  – разница координат по долготу.

Для вычисления расстояния  $S$ , необходимо полученную величину умножить на радиус Земли, а именно 6371 км. Вычисленное расстояние поступает на следующий блок – блок вычисления времени упреждения:

$$\Delta T = S / V \quad (2)$$

где:  $S$  – расстояние между станциями;

$V = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость распространения сигнала по радиоканалу.

В соответствии с изменением расстояния пропорционально изменяется и мощность передаваемого сигнала.

Полученная информация о времени упреждения используется только в мобильном терминале, т. е. не передается на базовую станцию.

### Вопросы внедрения изобретения «Способ сотовой связи»

Описанный выше способ вычисления времени упреждения и мощности сигнала позволяет сократить объем управляющей информации, поступающей с базовой станции. Кроме того, нет необходимости применять большой защитный интервал в пакете доступа [1, 2].

В связи с внедрением этого изобретения в настоящей работе остановимся на следующих вопросах:

1. Где (в каких системах, сотах и т.д.) рекомендуется внедрить упомянутое выше изобретение?
2. Какие мероприятия, изменения необходимо провести для внедрения изобретения в действующие или планируемые системы радиосвязи?
3. Как часто нужно производить определение местоположения мобильного терминала.

Остановимся подробнее на этих вопросах:

1. Рассмотрим где внедрять изобретение?
  - 1.1. Внедрять изобретение можно во всех системах мобильной связи с временным мультиплексированием сигналов. Естественно, что применять изобретение можно только, если в мобильный терминал встроены приемник определения местоположения, что, как правило, в мобильных терминалах последних выпусков выполняется.
  - 1.2. Естественно не использовать изобретение в сотах с маленьким радиусом, где не нужно изменять время упреждения и менять уровень сигнала мобильных терминалов.
2. Для внедрения изобретения нужно:

Измерить географические координаты базовых станций в тех сотах, где нужно изменять время упреждения и менять уровень сигнала мобильных терминалов.

  - 2.1. Внести информацию пункта 2.1 в пакет информации, передаваемый каждой базовой станцией по широкополосному каналу управления;
  - 2.2. Во все мобильные терминалы загрузить программы вычисления времени упреждения и вычисления мощности сигнала в соответствии с изобретением;
  - 2.3. Командой запуска работы программы вычисления времени упреждения и вычисления мощности сигнала для мобильного терминала при переходе в режим передачи информации будет служить наличие информации о географических координатах базовой станции в пакете информации на широкополосном канале. Если такой информации в широкополосном канале управления нет, то мобильные терминалы в этой соте работают по стандартной схеме синхронизации:
    - а) используют укороченную последовательность синхронизации в пакете доступа;
    - б) ждут соответствующих команд с базовой станции на изменение времени упреждения и изменение уровня мощности сигнала.
  - 2.4. Базовая станция должна уметь определять мобильные терминалы, которые сами вычисляют время упреждения и мощность сигнала, так как на сети остаются устаревшие аппараты, в которых нет функции определения местоположения. Для этого можно предложить несколько вариантов:
    - 2.4.1. Использовать идентификационный номер мобильного терминала *IMEI* (непосредственно сам номер или запасные цифры в этом идентификационном номере) [1, 2].
    - 2.4.2. Использовать для идентификации современного оборудования (да или нет) пакет доступа: если мобильный терминал современный, то он уже вычислил время упреждения и может использовать весь пакет доступа. Так, использовать более длинную последовательность в пакете доступа. Например, повторить ее два раза в одном запросе (одном временном интервале). Последнее одновременно будет повышать и соответствующую вероятность получения доступа в сеть. Устаревшие мобильные терминалы будут работать по старинке с укороченными пакетами доступа.
3. Рассмотрим вопрос о зависимости периодичности определения местоположения в зависимости от скорости передвижения мобильной станции.

Например, в стандарте GSM защитный интервал составляет 8,25 бита и 30,4425 мкс (8,25 бит \* 3,69 мкс). Разрешим запаздывание сигнала длительностью 5 мкс, 10 мкс или 15 мкс. За указанное время сигнал проходит расстояние равное 1500 м, 3000 м или 4500 м соответственно [1, 2].

Рассмотрим несколько примеров скоростей, с которыми могут перемещаться мобильные терминалы. Скорость передвижения мобильной станции равна 7 км/ч (1,94 м/с), так как является средней скоростью передвижения пешего человека. Расстояния 1,5 км, 3 км и 4,5 км человек проходит за 12 мин 53 с, 25 мин 46 с, 38 мин 39 с. Следовательно, если сота базовой станции охватывает только пешеходную зону, частота измерения времени упреждения составляет 38 мин (если брать разрешенное запаздывание 15 мкс).

Средняя скорость автомобиля в городе составляет 24 км/ч (6,67 м/с). Расстояния 1,5 км, 3 км и 4,5 км автомобиль с этой скоростью проезжает за 3 мин 44 с, 7 мин 29 с, 11 мин 8 с соответственно. Таким образом, время упреждения базовой станции, охватывающей среднестатистические дороги города, можно измерять каждые 11 мин (при разрешенном запаздывании 15 мкс).

Максимально разрешенная скорость автомобиля на МКАД составляет 100 км/ч (27,7 м/с). Рассматриваемые расстояния автомобиль проезжает за 54 с, 1 мин 48 с, 2 мин 42 с. Следовательно, автомобиль со скоростью 100 км/ч проходит расстояние в 4500 м за 162 с, поэтому достаточно производить измерение времени упреждения каждые 2 мин 42 с.

Максимальная скорость на платных дорогах составляет 130 км/ч (36,1 м/с). Автомобиль на максимально допустимой скорости преодолет рассматриваемые расстояния за 41 с, 1 мин 23 с, 2 мин 4 с соответственно. Поэтому, если базовая станция охватывает такую дорогу, измерение времени упреждения необходимо каждые 2 мин 4 с.

Высокоскоростные поезда передвигаются со скоростью 200 км/ч (55,6 м/с). Такой поезд за 26 с, 53 с и 80 с проедет 1500 м, 3000 м, 4500 м соответственно.

Сравнение частоты измерения времени упреждения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимая величина запаздывания (мкс)	5	10	15
Пройденное расстояние (м)	1500	3000	4500
Скорость передвижения мобильной станции:	Необходимая частота измерения времени упреждения	Необходимая частота измерения времени упреждения	Необходимая частота измерения времени упреждения
Пешеход	773 с	1546 с	2319 с
Средняя скорость автомобиля	224 с	449 с	674 с
Автомобиль на МКАД	54 с	108 с	162 с
Платные дороги	41 с	83 с	162 с
Высокоскоростной поезд	26 с	53 с	80 с

### Вывод

В статье показано, что для использования изобретения необходимо провести несложные действия, которые больше относятся к организационным вопросам, чем к чисто техническим. Использовать изобретение нужно только в сотах с большим радиусом. Более того возможно существенно увеличить этот радиус для тех мобильных терминалов, в которых введены соответствующие изобретению мероприятия. При этом радиус соты будет ограничен только максимальной мощностью мобильного терминала.

## Литература

1. Лохвицкий М.С., Мардер Н.С. Сотовая связь: от поколения к поколению – М.: Изд-во ИКАР, 2014. – С. 236.
2. Лохвицкий М.С., Сорокин А.С., Шорин О.А. Мобильная связь: стандарты, структуры, планирование. – М.: Изд-во Горячая линия-Телеком, 2018. – С. 264.
3. Лохвицкий М.С., Шорин А.О. Способ сотовой связи. Патент RU 2 667 3906 C1, H04B 7/26, приоритет 27.09.2018.
4. Лохвицкий М.С. Синхронизация работы мобильных терминалов в сотовой связи с использованием спутниковых систем // Экономика и качество систем связи, 2017. – № 4(6). –С. 51-55.
5. Аджемов А.С., Лохвицкий М.С., Хромой Б.П. Обеспечение единства измерений времени соединения и объема информации в системах мобильной связи // Экономика и качество систем связи, 2016. – № 1. – С. 18-23.
6. Moray Rumney. LTE and Evolution to 4G Wireless. Design and Measurement Challenges. Agilent Technologies. WILEY. 2013. – P. 626.
7. Шахгильдян В.В., Лохвицкий М.С. Методы адаптивного приема сигналов. – М.: Изд-во СВЯЗЬ, 1974. – С. 3-158.
8. Лохвицкий М.С., Кудин А.В., Евсеева А.А. Определение области с фиксированным временем упреждения в сотовой связи. В книге «Мобильный бизнес: Перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. РАЕН. 2018. – С. 33-38.