

СИНХРОНИЗАЦИЯ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ В СОТОВОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

М.С. Лохвицкий, доцент кафедры «Теории вероятностей и прикладной математики» МТУСИ, к.т.н, msl2@mtuci2.ru

УДК 621.396

Аннотация. Для синхронизации работы мобильных станций с базовыми предлагается определять их координаты с помощью спутниковых систем. Используя полученные координаты, определяется расстояние от мобильных терминалов до базовой станции.

Ключевые слова: синхронизация мобильных станций; время упреждения; координаты базовой станции; координаты мобильной станции; определение местоположения; спутниковая система.

SYNCHRONIZATION OF MOBILE TERMINALS WORK IN CELLULAR COMMUNICATION WITH THE USE OF SATELLITE SYSTEMS

Mikhail Lokhvitsky, associate professor of the "Probability theory and applied mathematics" department MTUCI, candidate of technical sciences

Annotation. To synchronize the operation of mobile stations with the base stations it is proposed to determine their coordinates using satellite systems. Using the obtained coordinates, the distance from the mobile terminals to the base station is determined.

Keywords: synchronization of mobile stations; time advance; coordinates of base stations; coordinates of mobile station; determining location; satellite system.

Во всех стандартах сотовой связи необходимо синхронизировать работу мобильных терминалов с базовой станцией. Это особенно важно, если используется временное мультиплексирование сигналов. Для синхронизации базовая станция периодически передает по широкополосному каналу заранее определённые последовательности. По этим последовательностям мобильные терминалы осуществляют синхронизацию по времени и частоте [1-4]. Но, при удалении мобильной станции от базовой необходимо увеличивать мощность сигнала и изменять время упреждения при передаче сигнала. Последнее необходимо, так как, если мобильная станция находится далеко от базовой, то во избежание «наползания» сигнала от этой мобильной станции на следующий временной интервал нужно начать передачу раньше. Для этого ввели термин «timeadvance» – «время упреждения». Во время сеанса связи базовая станция производит измерение уровня приходящего сигнала и время запаздывания в приходе сигнала от мобильной станции и даёт соответствующие команды на корректировку. Эти команды поступают с базовой станции по специальным выделенным каналам управления. Однако, в условиях большой мобильности эти команды нужно передавать чаще, и тогда даже часть каналов трафика заменяется на каналы управления. Так, в GSM используется канал FACCH – быстрый совмещенный (ассоциированный) канал управления. Для этих действий используется специальный термин «Stealing flag» (флаг украденных из трафика бит). Такой «флаг» показывает наличие замены трафика на управление [1]. Это, естественно, снижает скорость передачи.

Кроме выше сказанного, из-за того, что в момент, когда мобильная станция запрашивает доступ к сети, отсутствует информация о величине расстояния от мобильной станции до базовой, соответственно, отсутствует и информация о времени упреждения передачи сигнала от мобильной станции. В этих условиях необходимо применять специальный пакет доступа с большим защитным интервалом (так в GSM длина такого интервала составляет 68,25 длительности бита, в сравнении со стандартным пакетом, в котором длина защитного

интервала составляет всего $-8,25$ длительности бита). Такая величина защитного интервала позволяет не допустить «наползания» пакета доступа на следующий временной интервал даже, если мобильная станция находится на границе соты, однако снижает скорость передачи полезной информации. Одновременно, такая величина защитного интервала в пакете доступа вводит ограничения на величину максимального радиуса соты (в GSM – максимальный радиус равен 35 км).

Таким образом, недостатками известного способа являются низкая скорость передачи полезной информации из-за передачи дополнительной управляющей информации по каналам трафика, а также наличие ограничений на величину максимального радиуса сот.

Глобальное решение этой проблемы дано в способе сотовой связи [5], предполагающего использование встроенного в мобильную станцию приемника спутниковой системы определения местоположения. Такие приемники, как правило, уже встроены в современные мобильные терминалы. Согласно [5], мобильная станция определяет свои координаты и передает их на базовую станцию, которая транслирует их в центр управления системы сотовой связи. В свою очередь, базовая станция передает на мобильную станцию информацию, содержащую координаты и характеристики базовой станции и файл фрагмента цифровой географической карты той соты, где находится данная мобильная станция и соседних сот с координатами их границ. Далее вычисляют рабочие параметры соответствующих каналов связи, которые передаются на мобильный терминал. Сравнение текущих данных местоположения мобильной станции с координатами границ сот позволяет определить и необходимость хендвера.

Недостатком выше изложенного способа является необходимость передачи в центр управления системы сотовой связи и на мобильную станцию файлов с фрагментами цифровой географической карты местности, что существенно снижает скорость передачи полезной информации, особенно в условиях высокой подвижности мобильных станций, так как эти файлы нужно передавать часто.

К тому же из-за того, что не известно время упреждения на начальном этапе работы мобильной станции, в пакетах доступа используется большой защитный интервал, что также снижает скорость передачи полезной информации и ограничивает размер соты [6-11].

В данной статье предлагается время упреждения работы мобильного терминала и уровень передаваемого сигнала определять непосредственно на самом этом устройстве без обращения на базовую станцию и в центр управления сетью. Для решения этой задачи необходимо знать координаты базовой станции и мобильного терминала. Координаты базовой станции вычисляют заранее и передают по широкополосному каналу вместе с информацией о соте и сети. А координаты мобильной станции определяются, используя встроенный в мобильную станцию приемник спутниковой системы определения местоположения. Применяя формулу расстояния между двумя точками на сфере, можно вычислить расстояние от мобильной станции до базовой станции, а зная это расстояние, определить время упреждения и уровень сигнала (всё это непосредственно на мобильной станции).

Такой способ определения времени упреждения и уровня сигнала позволяет повысить скорость передачи сигнала за счет сокращения управляющей информации, поступающей с базовой станции на мобильную станцию, сократить длину защитного интервала в пакете доступа, а также увеличить радиус соты.

Схема организации сотовой связи, реализующая предложенный выше способ, представлена на рис. 1.

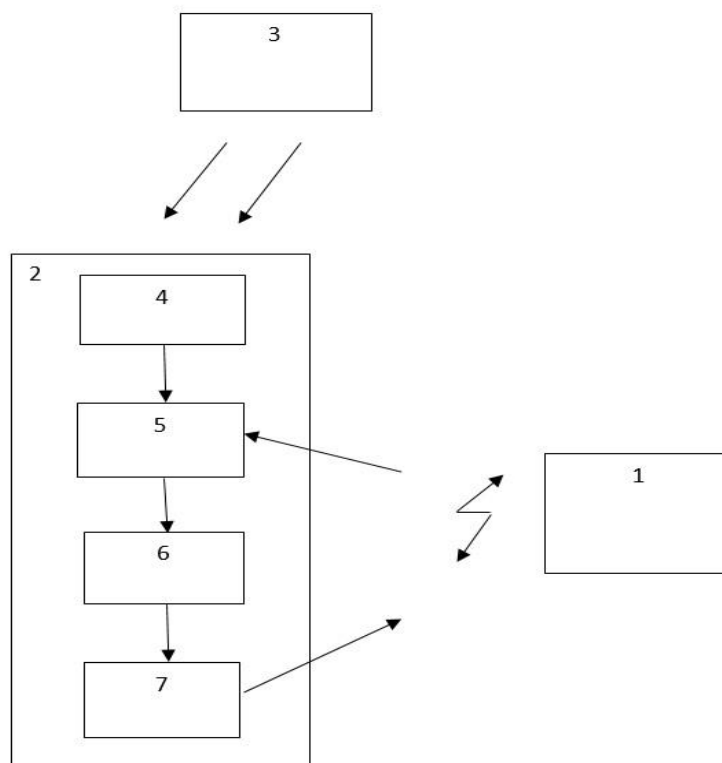


Рисунок 1

Система сотовой связи включает базовую станцию 1, множество мобильных станций 2, одна из которых представлена на чертеже, и спутниковую систему 3 определения местоположения.

Спутниковая система 3 определения местоположения типа GPS, GLONASS, GALILEO или других аналогичных спутниковых систем включает в себя совокупность спутников (более трех), что позволяет мобильной станции осуществлять определение местоположения не только в плоскости поверхности земли, но и в пространстве, а также осуществляет временную синхронизацию работы мобильных и базовых станций.

Мобильная станция 2 содержит приемник 4 спутниковой системы определения местоположения. Приемник вычисляет текущие координаты мобильной станции. Эти координаты мобильной станции и координаты базовой станции поступают на блок 5 вычисления расстояния до базовой станции, выполненный на основе ПЭВМ типа PC. Сначала определяют угловую разницу между точками на сфере по формуле гаверсинусов

$$\Delta\sigma = 2 \arcsin \left\{ \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right\}$$

$\Phi_1, \lambda_1; \Phi_2, \lambda_2$, – широта и долгота двух точек в радианах;

$\Delta\lambda$ – разница координат по долготе;

Для вычисления расстояния необходимо угловую разницу умножить на величину радиуса Земли.

С выхода блока 5 вычисления расстояния до базовой станции информация о расстоянии до базовой станции 1 передается на вход блока 6 вычисления времени упреждения и уровня сигнала, в котором производится вычисление величины времени упреждения, соответствующей расстоянию до базовой станции 1:

$$T = S / V,$$

где:

S – расстояние до базовой станции;

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

Время упреждения используется в передатчике 7 мобильной станции.

Благодаря тому, что вычисление времени упреждения и уровня сигнала производится на самой мобильной станции, сокращается количество управляющей информации, поступающей с базовой станции и, соответственно, возрастает скорость передачи полезной информации.

Кроме того, так как известна величина расстояния от мобильной станции до базовой и, соответственно, время упреждения передачи сигнала, отсутствует необходимость использовать большой защитный интервал, что также увеличивает скорость передачи полезной информации

Уменьшение длины защитного интервала в пакете доступа можно использовать для передачи дополнительной информации с мобильной станции. Кроме того, это позволяет увеличить радиус соты в GSM, что особенно важно, когда базовые станции находятся на берегу, а абонентские терминалы на судах.

Литература

1. Лохвицкий М.С., Мардер Н.С. Сотовая связь: от поколения к поколению. – М.: Изд-во ИКАР, 2014. – С. 112.
2. Аджемов А.С, Лохвицкий М.С., Хромой Б.П. Обеспечение единства измерений времени соединения и объёма информации в системах мобильной связи // Экономика и качество систем связи, 2016. – № 1. – С.18-23.
3. Шахгильдян В.В., Лохвицкий М.С. Методы адаптивного приёма сигналов. – М.: Издательство СВЯЗЬ,1974. – С. 3-158.
4. Аджемов А.С., Хромой Б.П., Лохвицкий М.С. Метрологическое обеспечение перспективных мобильных сетей. Сборник материалов XXXV Международной конференции РАЕН “Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом”, 2014. – С. 26-36.
5. Патент RU 2227373, МПК H04B 7/26, приоритет 12.08.2003.
6. Lohvitskij M.S. Mositaltel training centre // Электросвязь, 1995. – № 11. – С. 15.
7. Шорин О.А., Бокк Г.О. К вопросу об электромагнитной совместимости стандартов четвертого поколения // в книге: мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом сборник материалов (тезисов) XXXVII международной конференции РАЕН. 2016. – С. 4-6.
8. Шорин О.А., Бокк Г.О., Аверьянов Р.С., Шорин А.О. Оптимизация геометрии адаптивной антенны для сотовой сети с OFDM сигналами // в книге: мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом сборник материалов (тезисов) XXXVII международной конференции РАЕН, 2016. – С. 7-8.
9. Аверьянов Р.С., Шорин А.О. Оценка оптимальных параметров OFDM-сигналов с учетом мобильности абонентов // Электросвязь, 2015. – № 12. – С. 60-65.
10. Акимов В.Н., Бабин А.И., Шорин А.О. Радиомодемы диапазонов VHF/ UHF в задачах охраны и мониторинга объектов // Спецтехника и связь, 2009. – № 1. – С. 50-58.
11. Шорин А.О. Оценка влияния скорости перемещения абонентов на удельную интенсивность потока потерь соединений в сетях с OFDM-сигналами // Электросвязь, 2017. – № 1. – С. 35-39.