

УДК: 654.165; 621.396.49; 621.396.969

## **Определение местоположения и управление в современных сетях подвижной радиосвязи**

А. С. Богданов, В. А. Шевцов

### **Аннотация**

Статья раскрывает новый способ определения местоположения и управления в современных сетях подвижной радиосвязи, основанный на интегрированном использовании сети подвижной радиосвязи и разворачиваемой в зоне её действия локальной радионавигационной сети.

### **Ключевые слова**

радиосвязь; подвижный; местоположение; управление; GSM; UMTS; радионавигация; сота; алгоритм; хендовер;

### **Введение**

В настоящей статье представлены основные результаты исследований, выполненных по второму этапу Государственного контракта № П2213 "Создание адаптивных алгоритмов определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS." (шифр "НК-412П") от 11 ноября 2009 г. по направлению "Обработка, хранение, передача и защита информации" в рамках мероприятия 1.2.1 "Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук.", мероприятия 1.2 "Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук и кандидатов наук", направления 1 "Стимулирование закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий" Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

Раскрыта целесообразность разработки принципиально нового способа управления сетями подвижной радиосвязи GSM/UMTS основанного на определении местоположения подвижной станцией по сигналам радионавигационного поля формируемого локальной радионавигационной сетью (ЛРС), разворачиваемой в зоне действия сети подвижной радиосвязи. Использование ЛРС обосновано проведенным сравнительным анализом существующих и перспективных радионавигационных систем с точки зрения реализации процедуры передачи обслуживания. Предложены основные структуры ЛРС, включая соответствующие им алгоритмы формирования радионавигационного поля.

### 1. Управление в сетях подвижной радиосвязи.

Центральное место в задачах управления сетью подвижной радиосвязи занимает процедура передачи обслуживания (хендовер) возникающая при перемещении подвижной станции (MS) находящейся в режиме установленного соединения из зоны обслуживания одной базовой станции (BTS) в зону обслуживания другой BTS (рис.1).

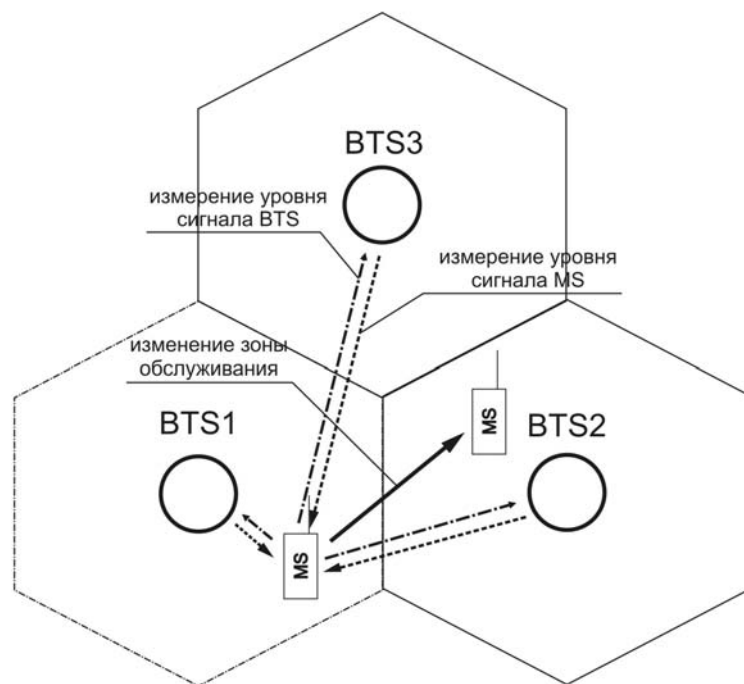


Рис. 1. Изменение зоны обслуживания MS.

При удалении MS от BTS, снижается уровень принимаемых базовой и подвижной станцией сигналов и на границе сот возникает необходимость смены BTS. Решения о переключении пользовательского канала в режиме установленного соединения принимается

сеть. При снижении уровня сигнала ниже порогового MS производит измерения сигналов приходящих от близлежащих BTS с передачей результата в сеть, а сеть подвижной связи организует измерения сигнала мобильной станции с нескольких близлежащих к подвижной станции базовых станций. По результатам измерений принимается решение о выполнении передачи обслуживания, определяется новая базовая станция и момент переключения.

В сетях связи UMTS процедура передачи обслуживания происходит следующим образом. Также как и в сети GSM в сетях UMTS активация процедуры передачи обслуживания основывается на анализе критерия качества сигнала, т.е. переход в режим передачи обслуживания инициируется при снижении качества или напряжённости радиосигнала ниже определённых порогов, а также по критерию увеличения нагрузки - переход в режим передачи обслуживания инициируется, если пропускная способность соты достигла или превосходит максимальное значение.

Процесс передачи обслуживания в системе UMTS, состоит из трёх основных этапов, идентичных этапам в системе GSM:

- проведение измерений;
- принятия решения о передачи обслуживания;
- выполнения процедуры передачи обслуживания.

В соответствии с техническими условиями TS 25.331 3GPP, проводимые UE (User Equipment- оборудование абонента) измерения, группируются различным образом в зависимости от текущей необходимости [1]:

1. Одночастотные измерения, включающие измерения напряжённости в физических нисходящих каналах для сигналов на одной и той же частоте;
2. Межчастотные (двухчастотные) измерения, включающие измерения напряжённости в физических нисходящих каналах для сигналов на различных частотах.
3. Межсистемные измерения, охватывающие измерения напряжённости в физических нисходящих каналах, которые принадлежат к другим системам подвижной радиосвязи, например GSM.
4. Измерения величины исходящего (восходящего) трафика абонента.
5. Измерения качества связи, например коэффициент ошибок блоков нисходящей линии.
6. Внутренние измерения - измерения уровня мощности передачи UE и уровня сигнала, принимаемого UE.

В рамках UMTS применяется процедура передачи обслуживания, которая во многом повторяет концепцию, принятую для других систем CDMA. В сетях UMTS выделяют три типа хендовера - жёсткий, мягкий и плавный (более мягкий).

Жёсткий хендовер используется при передаче соединения системе связи предыдущего поколения (1G). В данном случае осуществляется передача соединения с изменением частотного канала. Поскольку в этом случае одновременный приём информации несколькими станциями невозможен, текущее соединение прерывается.

Поскольку в системах, использующих технологию CDMA, возможна работа смежных сот на одной и той же частоте становится возможным как получение UE сигналов из RNC двух смежных сот, так и получение сигнала от абонентского оборудования двумя различными сотами, что обеспечивает передачу обслуживания без разрыва соединения, т.е. мягкий хендовер.

Плавный хендовер заключается в том, что каналы от двух RNC воспринимаются как один объединённый, и один из каналов исключается после его значительного ослабления. Использование плавного хендовера, как правило, происходит при передаче управления в различных секторах одной соты.

Технические условия 3GPP как обязательное требование определяют возможность передачи обслуживания между двумя различными сетями радиодоступа, то в системе UMTS должна обеспечиваться возможность передачи обслуживания между UTRAN и GERAN. Оборудование UE по результатам измерений оценивает состояние ближайших сот GSM, окружающих соту UTRAN. Эту возможность сети UTRAN дает использование режима выделения временных интервалов. В этом режиме оборудованию UE предоставляется некоторое время для проведения измерений в полосе GSM и определения оптимального варианта хендовера. Информация о сотах доставляется RNC с отчётами о результатах измерений таким же образом, как и в сотах UTRAN.

Анализируя вышеизложенное, становится очевидным, что для реализации процедуры передачи обслуживания необходим контроль в реальном масштабе времени качества установленных соединений для всех активных абонентов сети подвижной радиосвязи, а при снижении выбранного показателя качества ниже некоторого установленного уровня, контроль качества установленного соединения, одновременно несколькими базовыми станциями, с целью выбора новой обслуживающей базовой станции. В данный процесс, особенно при межсетевом хендовере, вовлекаются практически все основные элементы сети подвижной радиосвязи, включая различные каналы обмена информацией, что создает высокую нагрузку сети и может приводить к отказам в обслуживании абонентов.

В работе [2] предложен новый способ сотовой связи, заключающегося в том, что процедура определения местоположения мобильной станции для решения задач управления, первоначально выполнявшаяся силами сети подвижной связи, начинает выполняться оборудованием мобильной станции. При этом работа сети подвижной связи может быть представлена в виде последовательного решения следующих основных задач:

- определение местоположения абонента силами подвижной станции;
- выбор подвижной станцией обслуживающей базовой станции;
- реализация сетью подвижной связи типовых процедур управления соединением.

Определение местоположения МС производится благодаря наличию в МС приемника сигналов спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС. В результате использования предложенного способа, система управления сотовой сети перестает осуществлять контроль уровня сигналов подвижных станций в реальном времени с целью реализации процедуры передачи обслуживания, а освободившиеся ресурсы сети могут быть перераспределены для решения других задач. Благодаря данному подходу в сетях сотовой связи появляются новые функциональные возможности, в частности определение положение абонентов с высокой точностью, синхронизация режимов работы оборудования МС и сети, формирование сот произвольного размера, четкого определения границ сети, особенно вблизи государственной границы, возможности осуществления вертикального роуминга (в высотных зданиях), формирования микро и пикосот, оказания ряда дополнительных услуг, льготной тарификации и д.р.

Рассмотренный способ базируется на определении местоположения по сигналам ГНСС GPS/ГЛОНАСС, для которого характерны следующие основные недостатки:

- Низкие энергетические характеристики сигнала НКА;
- Отсутствие возможности работы в помещениях, в салоне общественного транспорта, метрополитенах, подземных переходах, горных местностях, городах с плотной застройкой и в приполярных областях;
- Невозможность работы в сложных метеоусловиях (туман, дождь, высокая облачность);

- Недостаточная точность позиционирования при проведении абсолютных измерений;
- Недопустимо низкая точность позиционирования (более 100 м) в точках с низким углом возвышения рабочего созвездия спутников;
- Возможность легкого подавления спутниковых сигналов

Указанные недостатки затрудняют непосредственное использование рассматриваемого способа для решения задач определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS, поскольку данная задача должна быть решена на всей территории зоны покрытия сети, включая помещения, подземные сооружения, местность с плотной застройкой, а её решение должно быть инвариантно к географическому месту нахождения сети подвижной радиосвязи. Возникает задача определения оптимального, с позиций нового способа сотовой связи изложенного в [2], метода определения местоположения и, таким образом, разработки нового способа управления сетью подвижной радиосвязи, на базе выбранного метода.

## **2. Определение возможности использования сигналов существующих радионавигационных систем для решения задач определения местоположения в сетях подвижной радиосвязи**

Проведем сравнительную оценку погрешностей определения местоположения существующих радионавигационных систем, результаты которой систематизируем в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная оценка погрешности определения местоположения

№ п/п	Наименование системы	Метод проведения измерений	Точность определения местоположения
1.	ГНСС	абсолютный	~ 10 м.
		относительный	0,5 - 5 м.
		относительный (двухчастотные и / или фазовые приемники, значительное время измерений)	1 - 10 см.
		относительный (неограниченное время измерений, решения принимаются еженедельно)	Несколько мм.
2.	LORAN-C / Чайка	абсолютный	60 - 1500 м.
3.	РСДН-20	абсолютный	2 - 10 км.
4.	Сотовые сети связи	TDoA AoA	30 - 100 м.
		E-OTD TOA	90 – 2000 м.
		Cell - ID	50 – 3000 м.

5.	Сети Bluetooth, WLAN	-	3 – 100 м.
6.	Active BAT	-	3 - 10 см.
7.	UWB	TDoA + AoA	5 - 15 см.
8.	Псевдоспутники	-	5 – 10 см.

Основными критериями выбора системы радионавигации для решения задач определения местоположения и управления в сетях подвижной радиосвязи являются:

- возможность определения местоположения на всей зоне действия сети подвижной радиосвязи;
- работоспособность системы на всем протяжении работы сети подвижной радиосвязи;
- обеспечение необходимой точности определения местоположения;
- работа системы в реальном масштабе времени или с задержкой, не оказывающей влияния на решение основных задач сети подвижной радиосвязи;
- возможность интеграции оборудования используемой радионавигационной системы в существующую инфраструктуру сети подвижной радиосвязи.

Упрощенно топология сети подвижной радиосвязи (рис. 2) представляет собой совокупность обслуживающих базовых станций (сот). Размеры соты определяются плотностью абонентов сети на обслуживаемой базовой станцией территории, а также величиной формируемого абонентами трафика. Выделяют макросоты, с радиусом обслуживания 1,5 – 30 км., микросоты, с радиусом обслуживания менее 450 м. и пикосоты с радиусом обслуживания менее 50 м.

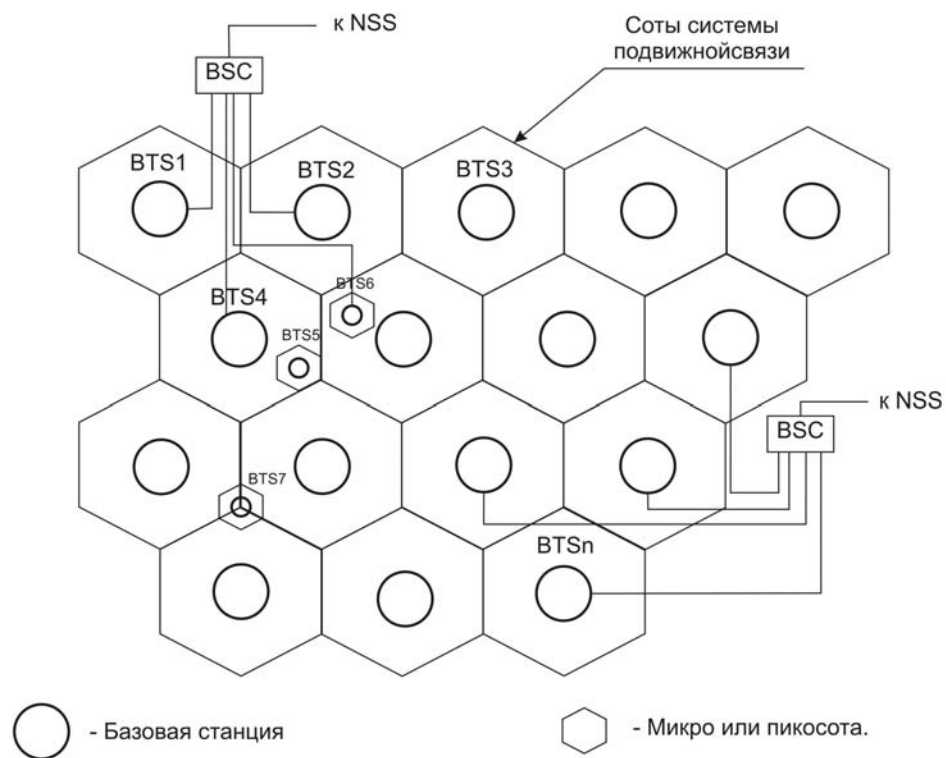


Рис. 2. Упрощенная топология сети подвижной связи.

Анализируя вышеизложенные критерии, учитывая существующую топологию сетей подвижной радиосвязи, можно прийти к выводу, что использование систем LORAN-C / ЧАЙКА, РДСН – 20, а также собственных методов определения местоположения, используемых в сетях подвижной связи [3], для решения задачи определения местоположения и управления в сетях GSM/UMTS, в частности реализации процедуры передачи обслуживания, не представляется возможным, поскольку точность определения местоположения в указанных системах соизмерима с радиусом обслуживания используемых в сети подвижной радиосвязи пикосот, а следовательно не может быть обеспечено определение местоположения абонента в пределах пикосоты. Использование сигналов ГНСС, работающих преимущественно в дифференциальном режиме, для решения задачи определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS возможно только в качестве резервной системы определения местоположения и управления, используемой сетью при отказе основной системы.

Существующие локальные радионавигационные системы, построенные на основе действующих беспроводных сетей передачи информации (Bluetooth, WLAN), обладают максимальной точностью, которая позволяет осуществлять позиционирование абонентов в пределах пикосоты, однако определение местоположения абонентов, производится силами сервера беспроводной сети, что, в предположении интеграции, рассматриваемых ЛРС в сети



подвижной связи, помимо необходимости размещения дополнительного оборудования на территории зоны покрытия сети, включая размещение оборудования на каждом этаже здания, вызовет существенное увеличение нагрузки на действующее оборудование сети подвижной связи, в связи с необходимостью обработки данных полученных от указанного оборудования и на их основе осуществления централизованного определения местоположения абонентов сети.

Точностные характеристики локальных радионавигационных систем Active BAT и UWB полностью обеспечивают требуемую точность определения местоположения в современных сетях подвижной радиосвязи, однако, система Active BAT использует ультразвуковой диапазон частот для излучения зондирующих импульсов, что вызывает необходимость открытого ношения абонентского оборудования, кроме того, как и в системах на базе беспроводных сетей, используется централизованное управление системой определения местоположения абонента. Система UWB для обеспечения заданной точности излучает сверхширокополосные импульсы малой мощности, в связи с чем требуется установка оборудования определения местоположения (около 4 датчиков на 50 м<sup>2</sup>) в каждом помещении. В условиях открытого пространства размещения указанного количества датчиков экономически не целесообразно, а зачастую и технически не возможно. Таким образом, использование рассмотренных систем для решения задач определения местоположения и управления в зоне действия сети подвижной радиосвязи не представляется возможным.

### **3. Системы определения местоположения на базе псевдоспутников.**

Для решения задачи определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS заслуженный интерес представляют системы определения местоположения с использованием псевдоспутников. Для известных в настоящее время псевдоспутников характерны следующие особенности:

- Высокие энергетические характеристики формируемого радионавигационного поля;
- Высокая точность определения местоположения;
- Невысокая стоимость несинхронного псевдоспутника;
- Возможность обеспечения независимости от синхронизации с помощью сигналов ГНСС;

- Возможность автономной работы системы;
- Наличие обратной связи со спутником по быстроразворачиваемым беспроводным сетям;
- Передача сигналов в диапазоне L1, L2 ГЛОНАСС на частотах не используемых в настоящее время НКА;
- Передача сигнала, используя не используемые в настоящее время коды НКА на частоте L1, L2 GPS;
- Использование структуры сигналов аналогичных структуре формируемой НКА;
- Возможность передачи сигналов на любой другой частоте с использованием внешнего конвертора частот.

Следует отметить, что локальные радионавигационных систем с использованием псевдоспутников не свободны от некоторых недостатков. Работа псевдоспутников использующих свободные коды диапазонов L1, L2 GPS создает актуальную, для систем с кодовым разделением каналов, проблему «ближний - дальний», заключающуюся в том, что навигационные космические аппараты (НКА), находясь на значительном удалении от земли, формируют у её поверхности радионавигационное поле с практически одинаковыми низкими энергетическими характеристиками сигнала для любого НКА. Введение в эту систему наземных псевдоспутников, работающих на одинаковых с космической группировкой частотах, формирующих локальное радионавигационное поле, характеризующиеся существенно более высокими энергетическими характеристиками, приведет к недоступности сигналов НКА для радионавигационного приемника, вследствие перегрузки его радиочастотного тракта сигналами псевдоспутников. В более выигрышной ситуации находится система ГЛОНАСС, использующая частотное разделение навигационных сигналов НКА, что позволяет использовать псевдоспутники на свободных частотных каналах. Предстоящая интеграция систем ГЛОНАСС и GPS, мировое перераспределение радиочастотного спектра, запуск новых спутников ГЛОНАСС-К [4], введение новых сигналов с частотным разделением каналов в диапазоне L3 (1,2 ГГц), сигналов с кодовым разделением каналов на частотах 1,575 ГГц (диапазон L1) и 1,176 МГц (диапазон L5), вероятный отказ от использования в системе ГЛОНАСС, для гражданского применения, метода частотного разделения каналов, делает не целесообразным планирование долгосрочного использования псевдоспутников на свободных частотах системы ГЛОНАСС для формирования локальной системы определения местоположения.

Высокие энергетические характеристики формируемого при помощи псевдоспутников радионавигационного поля, возможность обеспечения высокоточного определения местоположения, невысокая стоимость оборудования, автономная работа системы, обосновывают использование в сетях подвижной радиосвязи основных принципов построения систем определения местоположения, выполненных на базе псевдоспутников, и определяют целесообразность формирования локального радионавигационного поля на территории сетей подвижной радиосвязи GSM/UMTS, с целью решения задач определения местоположения и управления.

#### 4. Разработка состава и структуры локальной радионавигационной сети

Для обеспечения высокоточного позиционирования, исключения указанных выше недостатков известных как локальных, так и глобальных систем определения местоположения, для решения задач управления сетью, в зоне действия сети подвижной радиосвязи GSM/UMTS формируют локальное радионавигационное поле. Для этого в структуре системы подвижной радиосвязи на территории зоны покрытия сети подвижной радиосвязи устанавливают источники радионавигационных сигналов (ИРС) (рис.3).

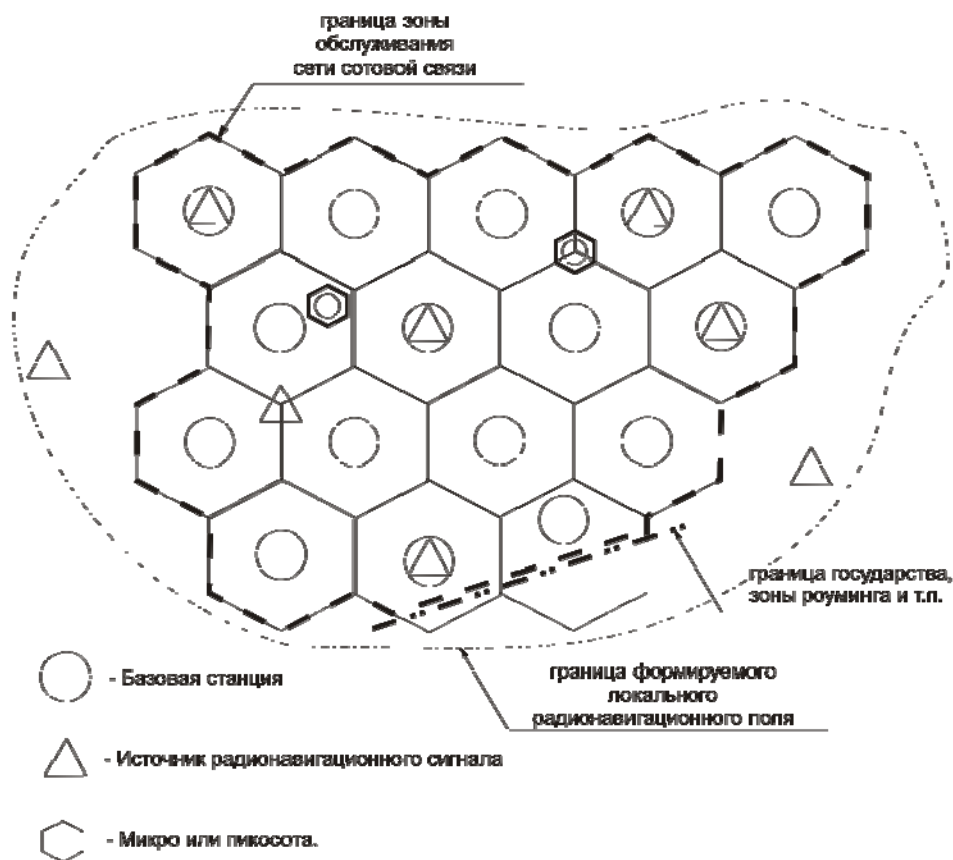


Рис.3. Принцип формирования локального радионавигационного поля.

Размещение ИРС производится таким образом, чтобы подвижная станция принимала сигналы необходимого, для обеспечения решения поставленной задачи определения местоположения, количества источников радионавигационных сигналов. В случае определения местоположения на плоскости, например, вдоль автомагистралей, в любой точке сети достаточно обеспечить прием трех источников радионавигационных сигналов, для определения местоположения в пространстве, например в условиях города – четырех источников РНС. Согласно [3] увеличение точности определения местоположения достигается за счет увеличения количества используемых ИРС или выбора места их установки. Установка ИРС производится преимущественно на базовых станциях сети сотовой связи, но потенциально может устанавливаться и автономно, используя различные высотные здания, сооружения и т.п. Автономная установка ИРС может предусматриваться для обеспечения непрерывности ЛРП и обеспечения заявленных точностных характеристик на границах зоны обслуживания сети подвижной радиосвязи или участках сложной географической обстановки (плотная городская застройка, горная местность и т.д.).

Локальная радионавигационная сеть предназначена для формирования ЛРП и может быть выполнена по следующим основным структурным схемам:

- Автономная ЛРС с использованием собственной сети синхронизации;
- Автономная ЛРС с использованием контрольно-корректирующей станции (ККС) распространяющей потребителю корректирующую информацию;
- ЛРС с использованием для обеспечения синхронизации ИРС сигналы ГНСС.

#### **4.1. Автономная ЛРС с использованием собственной сети синхронизации**

Структурная схема системы приведена на рис. 4.

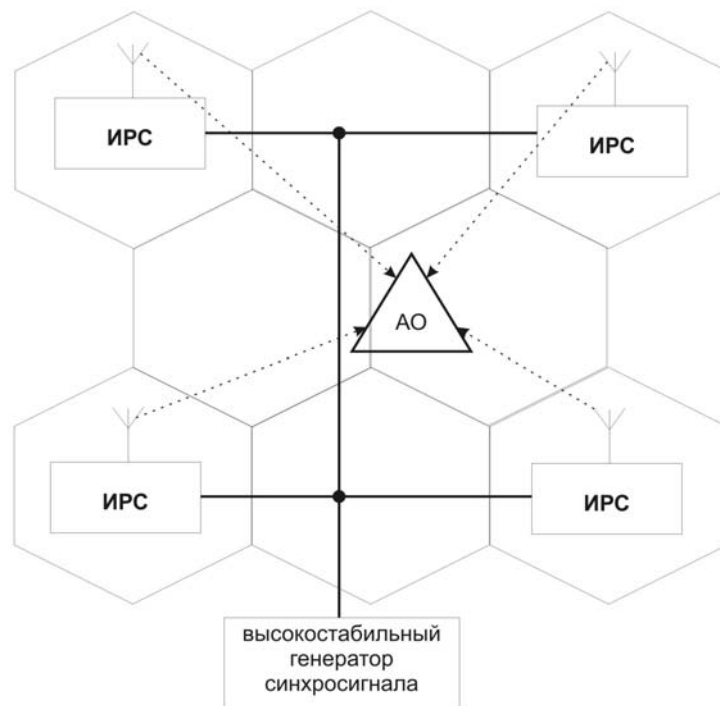


Рис. 4. Автономная ЛРС с использованием собственной сети синхронизации.

Система состоит из совокупности ИРС непрерывную синхронизацию которых осуществляет высокостабильный генератор синхросигналов (ВГС) используя существующую или специально созданную сеть синхронизации, которая имеет соединение с сетью подвижной радиосвязи для обмена необходимой информацией. ВГС является структурным элементом ЛРС и размещается на территории сети подвижной радиосвязи.

Помимо навигационного сигнала, для решения задачи определения местоположения и управления, каждый ИРС транслирует дополнительную информацию в виде поправки представляющей собой задержку распространения синхросигнала от ВГС до соответствующего ИРС. Возможна работа без трансляции дополнительной информации, при этом начало излучения сигналов каждого ИРС системы принудительно смещают к времени начала излучения навигационного сигнала ИРС, время распространения сигнала до которого от ВГС максимально. Сеть синхронизации выполняется на базе оптоволокну и/или радиоканала. ЛРС может содержать неограниченное число ИРС. Алгоритм формирования ЛРП для рассмотренной ЛРС приведен на рис. 5.

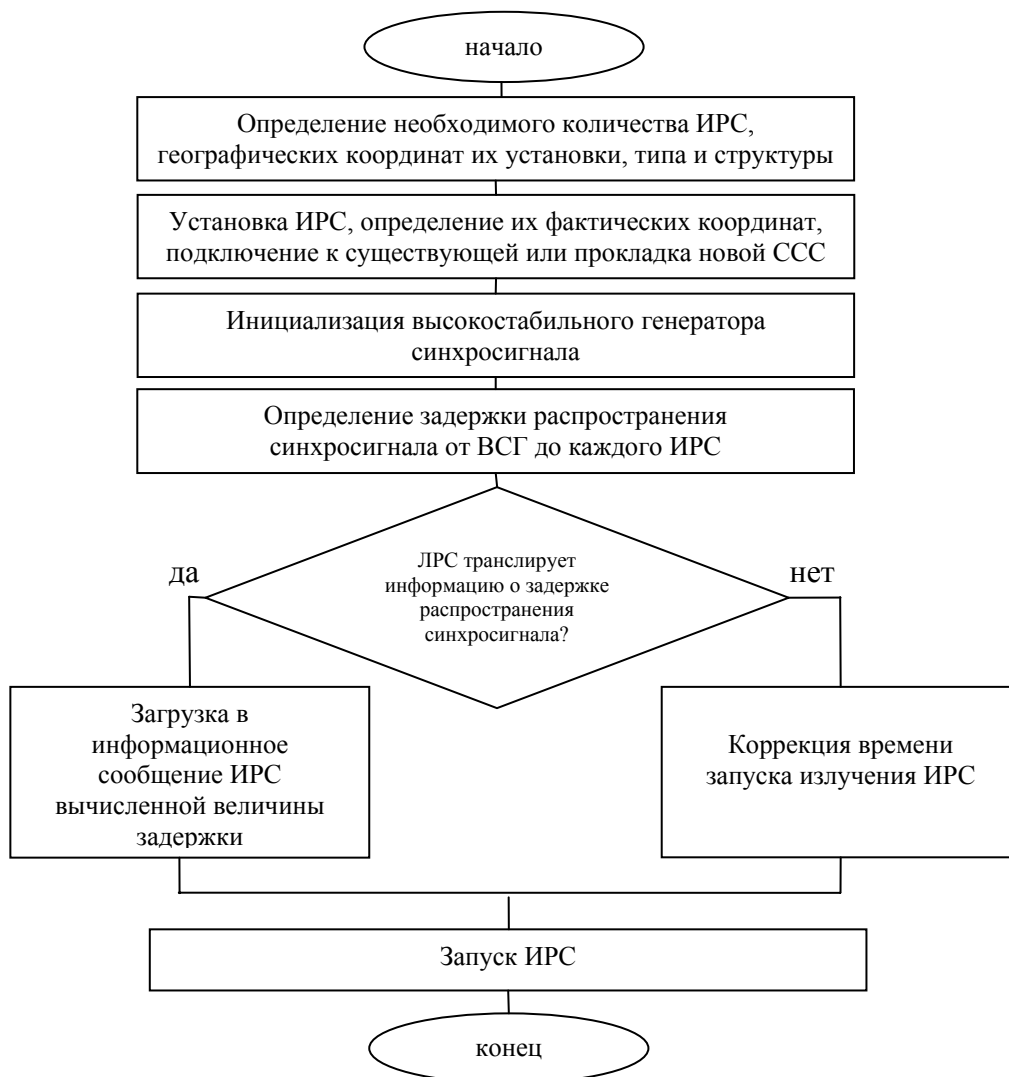


Рис. 5. Блок-схема алгоритма формирования ЛРП автономной ЛРС с использованием собственной сети синхронизации.

Возможна модернизация предыдущей системы в автономную ЛРС с использованием собственной сети синхронизации (ССС) высокой надежности отличающуюся наличием в каждом ИРС собственного генератора синхросигнала (СГС) стабильность которого достаточна, для поддержания работы ЛРС с необходимыми точностными характеристиками в период отсутствия сигнала ВСГ при его отказе или отказе ССС. Кроме того, в данной структуре сети возможна самостоятельная работа ИРС с периодической синхронизацией ЛРС по сигналам ВСГ.

Отличительной особенностью автономной ЛРС показанной на рис. 6 является наличие контрольно-корректирующей станции осуществляющей синхронизацию ИРС расположенных на территории ЛРС. В состав каждого ИРС входит СГС периодическая или непрерывная синхронизация которого осуществляется с помощью ККС.

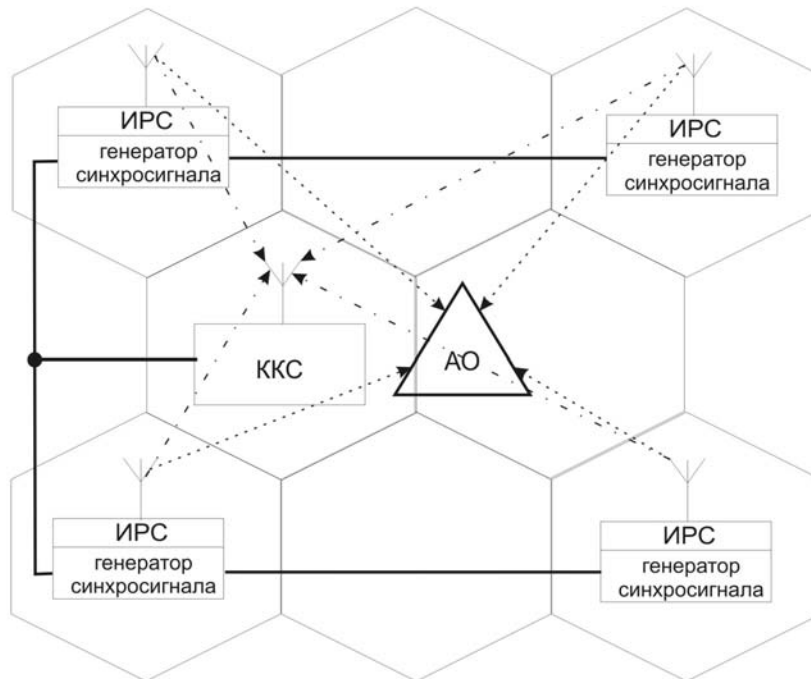


Рис.6. Автономная ЛРС с синхронизацией ИРС ККС.

ККС, координаты которой известны, осуществляет прием и анализ сигналов излучаемых ИРС с известными координатами, после чего производит вычисление расстояния ИРС – ККС. В случае его не соответствия расчетному, ККС используя ССС производит корректировку фазы СГС соответствующего ИРС. АО потребителя вычисляет свои координаты в обычном (абсолютном) режиме. Отличительной особенностью данной системы является то, что сигналы совокупности ИРС, находящихся под управлением ККС не могут быть использованы в других фрагментах ЛРС. Указанная особенность определяет преимущественное использование данной структурной схемы для решения задачи определения местоположения и управления в метрополитенах, зданиях, сооружениях и других локальных территориях. Алгоритм формирования ЛРП для данной ЛРС приведен на рис. 7.



Рис. 7. Блок схема алгоритма формирования ЛРП автономной ЛРС с синхронизацией ИРС ККС.

#### 4.2. Автономная ЛРС с использованием ККС распространяющей потребителю корректирующую информацию.

ЛРС может быть организована согласно структурной схеме, показанной на рис. 9, без использования собственной сети синхронизации.

ККС расположенная в зоне действия совокупности ИРС осуществляет прием радионавигационных сигналов их обработку и определяет либо координаты собственного местоположения, либо псевдодальности до ИРС. Результат обработки сравнивается с известными координатами ККС или вычисленными по известным координатам ККС и ИРС расстояниями между ККС и ИРС. Полученную разницу считают ошибкой определения



местоположения – корректирующей информацией, включающую в себя все возможные факторы и распространяют, например, по радиоканалу потребителю. Потребитель определяет свое местоположения с учетом полученной от ККС корректирующей информации. В системе должна быть предусмотрена возможность периодической

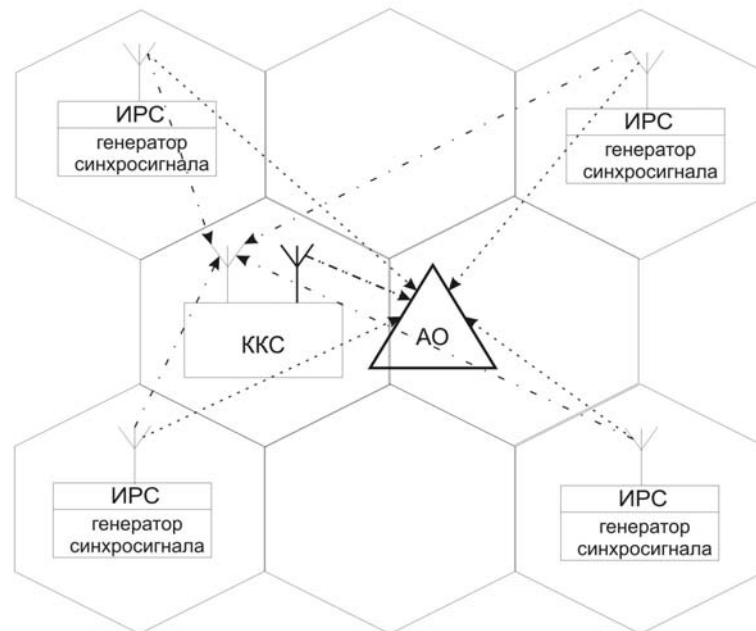


Рис. 8. ЛРС с использованием ККС распространяющей корректирующую информацию.

синхронизации ИРС для исключения выхода разрядности корректирующей информации за установленные пределы, при этом синхронизация ИРС может осуществляться с минимальной точностью, например по радиоканалу. Блок-схема алгоритма формирования ЛРП в системе показан на рис. 8.

Система может содержать неограниченное число ИРС, объединенных в зоны обслуживания различными ККС. Обеспечивается возможность использования ИРС для определения местоположения в зоне обслуживания различных ККС. Преимуществом данной ЛРС является возможность учета особенностей распространения радиоволн в зонах установки ККС.



Рис. 9. Блок схема алгоритма формирования ЛРП ЛРС с использованием ККС распространяющей корректирующую информацию.

#### 4.3. ЛРС с использованием для обеспечения синхронизации ИРС сигналы ГНСС.

В качестве СГС могут быть использованы сигналы ГНСС (рис. 10). В данной системе, в структуру ИРС входит приемник сигналов НКА ГНСС являющийся источником синхросигнала, что исключает необходимость разворачивания ССС и позволяет определить местоположения ИРС с высокой точностью. В данной системе положение ИРС может быть оперативно изменено обслуживающим персоналом, с целью минимизации погрешностей определения местоположения, например, из-за эффектов многолучевого распространения радиоволн. Структурная схема может использоваться на первоначальном этапе

разворачивания любой рассмотренной ранее ЛРС, с целью минимизации погрешностей определения местоположения и точного определения координат выбранного места установки ИРС. Недостатком структуры является её зависимость от сигналов ГНСС,

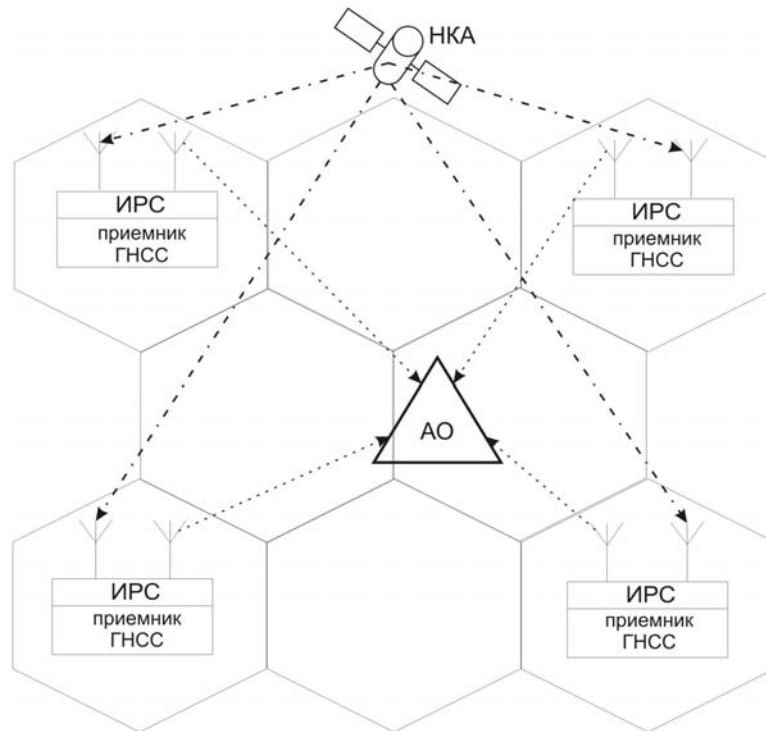


Рис. 10. Структурная схема ЛРС с использованием для обеспечения синхронизации ИРС сигналов ГНСС.

необходимость размещения в ИРС приемника ГНСС, однако структура может быть использована в местах, где сигналы ГНСС недоступны или их уровень недостаточен, при

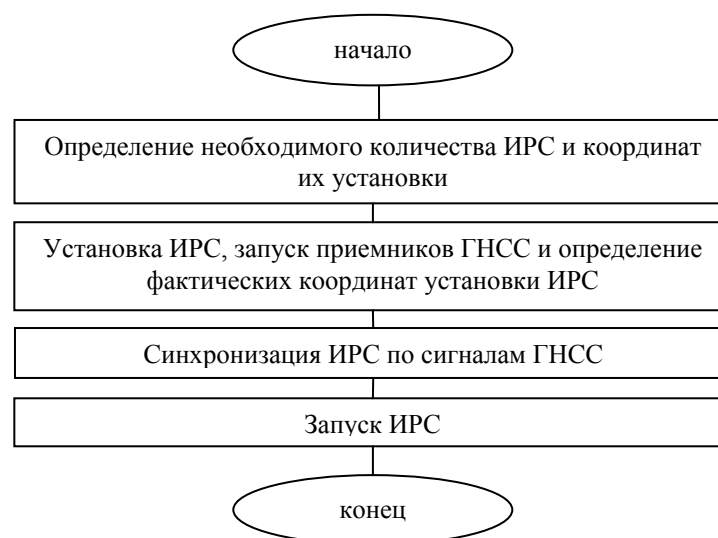


Рис.11. Блок-схема алгоритм формирования РП ЛРС использующей для обеспечения синхронизации ИРС сигналов ГНСС

условии вынесения антенны приемника ГНСС в зону уверенного приема сигналов НКА. Алгоритм формирования ЛРП на территории ЛРС приведен на рис. 11.

На территории зоны покрытия сети радиосвязи GSM/UMTS рассмотренные структурные схемы ЛРС могут использоваться комбинированно, с целью обеспечения заданной точности решения задачи определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS. В случае необходимости обеспечения абонентов сети сигналами точного времени в ЛРП вводят информацию о связи системного времени с выбранной системой точного времени. Для распространения необходимой информации от сети подвижной связи абонентам посредством локальной радионавигационной сети на этапе проектирования предусматривается организация соединения «сеть подвижной связи – ЛРС».

### **Заключение**

В процессе проведенных исследований показано, что реализация процедуры передачи обслуживания, в действующих сетях подвижной радиосвязи, сопряжена с возникновением значительных вычислительных нагрузок, что ведет к необходимости разработки новых методов управления сетью подвижной радиосвязи. Существующие способы определения местоположения, применяемые в сетях подвижной радиосвязи, не могут быть использованы для решения задач управления сетью, поскольку их погрешность определения местоположения соизмерима с зоной обслуживания пикосот. На основе сравнительного анализа существующих и перспективных систем радионавигации и различных режимов их функционирования, определена возможность и целесообразность формирования локального радионавигационного поля для решения задачи определения местоположения и управления на территории зоны покрытия сети подвижной радиосвязи. Обоснована возможность использования сигналов ГНСС в качестве резервных, при недоступности локального радионавигационного поля. Изложены основные принципы формирования ЛРП на территории зоны действия сети подвижной радиосвязи. Предложен состав и структуры локальных радионавигационных сетей, осуществляющих формирование ЛРП, включая соответствующие им алгоритмы формирования ЛРП и основные принципы их функционирования.

## Библиографический список

1. Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен. Сети UMTS. Москва, Техносфера, 2007 – 464 с. ил.
2. Громаков Ю. А., Шевцов В. А. Способ сотовой связи. Мобильные системы, апрель 2007 г., с. 20-25;
3. Отчет о НИР «Создание адаптивных алгоритмов определения местоположения и управления в сетях связи GSM/UMTS» / Этап 1. Москва, МАИ, 2009 г. – 73, ил.// ЦИТИС инв. № 02201050605;
4. Создание навигационного космического аппарата нового поколения «Глонасс-К» в ОАО «ИСС» / ОАО «ИСС» // URL: <http://www.npopm.ru/?cid=news&nid=1078&ses=1f54bdb54c7fc2a56efb0> (дата обращения 01.07.2010)

## Сведения об авторах

1. Алексей Сергеевич Богданов, с.н.с., Московского авиационного института (Государственного технического университета), к.т.н., e-mail: bogdanov\_mai@mail.ru.
2. Вячеслав Алексеевич Шевцов, проректор по научной работе Московского авиационного института (Государственного технического университета), д.т.н., профессор, e-mail: vs@mai.ru