

УДК: 654.165; 621.396.49; 621.396.969

Передача обслуживания по сигналам локальной радионавигационной сети

А. С. Богданов, В. А. Шевцов

Аннотация

Статья описывает сущность адаптивного алгоритма передачи обслуживания в перспективных интегрированных сетях связи и радионавигации, определяет состав и структуру цифровой карты местности передаваемой в подвижную станцию для реализации предложенного алгоритма.

Ключевые слова

радиосвязь; подвижный объект; определение местоположения; GSM; UMTS; радионавигация; адаптивный алгоритм; хендовер; передача обслуживания.

Введение

В настоящей статье представлены основные результаты исследований, выполненных по Государственному контракту № 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.

Предложен алгоритм передачи обслуживания, реализуемый силами подвижной станции сети подвижной радиосвязи с использованием сигналов сформированного локального радионавигационного поля, рассмотрен состав и структура цифровой карты местности передаваемой на подвижную станцию для реализации процедур управления, уделено внимание и критериям адаптации разработанного алгоритма к изменяющимся условиям функционирования сети подвижной радиосвязи.

1. Алгоритм передачи обслуживания

Задача передачи обслуживания (хендовер) имеет высокое научное и практическое значение, поскольку её решение необходимо осуществлять в реальном масштабе времени с использованием значительных ресурсов сети подвижной радиосвязи.

Разработанный алгоритм передачи обслуживания (рис.1.) заключается в том, что при первоначальной регистрации в сети, выполняемой при включении подвижной станции, подвижная станция по сигналам локальной радионавигационной сети (ЛРС) [1] определяет свое местоположение, и анализируя транслируемую с источников радионавигационного сигнала (ИРС) дополнительную информацию, содержащую, в частности, цифровую карту местности включающую границы зон обслуживания базовых станций, находящихся в зоне действия ИРС, определяет в зоне обслуживания какой базовой станции (БС) она находится, осуществляет передачу в выбранной БС своих текущих координат, после чего реализуется типовая процедура регистрации подвижной станции в сети.

При перемещении подвижной станции, подвижная станция, используя алгоритм определения местоположения по сигналам ЛРС, определяет свое местоположение и осуществляет периодическое сравнение своего местоположения с координатами границ зоны обслуживания текущей базовой станции, при этом в память подвижной станции, используя сигналы ЛРС, извлекают координаты и условные номера (идентификаторы) соседних базовых станций.

В случае если координаты подвижной станции пересекают зону обслуживания текущей базовой станции, подвижная станция, обновляет информацию о координатах соседних базовых станций, и производит выбор новой базовой станции, к зоне действия которой она относится после пересечения границ текущей базовой станции.

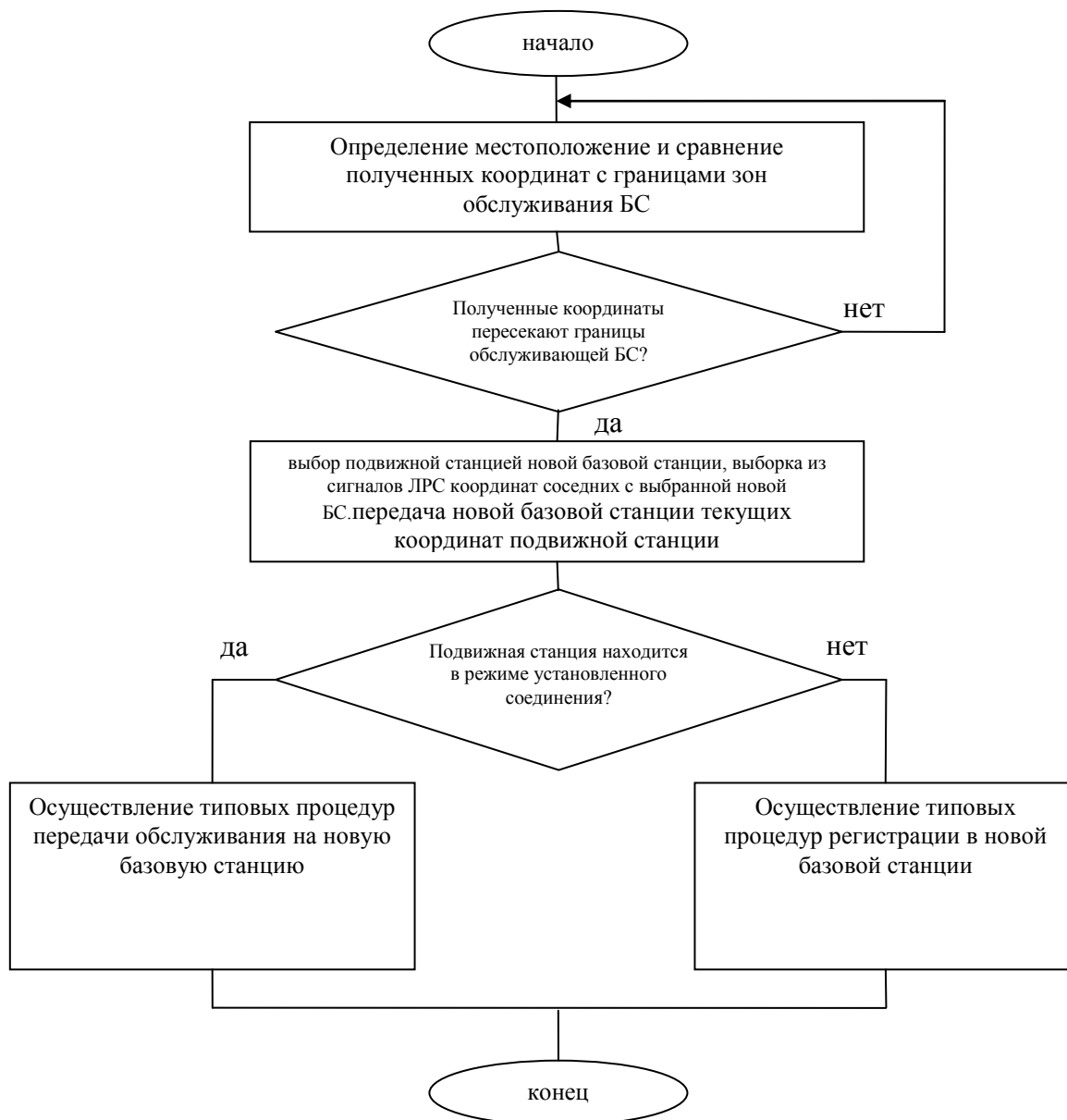


Рис. 1. Блок-схема алгоритма передачи обслуживания в сетях подвижной связи GSM/UMTS по сигналам ЛРС.

Произведя выбор новой базовой станции, подвижная станция передает в сеть свои координаты и идентификатор выбранной базовой станции, после чего, в зависимости от наличия или отсутствия установленного соединения, реализуются либо типовые процедуры передачи обслуживания, т.е. фактически коммутации установленного соединения с текущей на новую базовую станцию или типовые процедуры регистрации подвижной станции в зоне действия новой базовой станции.

Таким образом, подвижная станция самостоятельно принимает решение о необходимости передачи обслуживания, осуществляет выбор новой обслуживающей базовой станции, при этом сеть подвижной радиосвязи осуществляет только типовые процедуры переключения абонента (коммутации соединения), без осуществления

многочисленных измерений в реальном масштабе времени для принятия решения о необходимости передачи обслуживания и выборе новой обслуживающей БС для каждого абонента сети.

2. Состав и структура цифровой карты местности передаваемой на подвижную станцию для реализации процедур управления

Цифровая карта местности является центральным элементом разрабатываемых адаптивных алгоритмов определения местоположения и управления в сетях подвижной связи GSM/UMTS и используется для реализации процедур управления сетью, а также для предоставления информации о значимых, с точки зрения пользователя, объектах.

Цифровая карта местности состоит из набора координат точек, описывающих границы зон обслуживания базовых станций ($T_1(x,y) \dots T_n(x,y)$), ребер ($a_1 \dots a_n$), соединяющих указанные точки, для получения необходимой конфигурации зон обслуживания БС, координат точек, описывающих местоположение БС ($BC_1(x,y) \dots BC_n$), координат точек описывающих местоположение ИРС ($ИРС_1(x,y) \dots ИРС_n(x,y)$), ККС, координат точек ($P_1 \dots P_n$) и ребра ($b_1 \dots b_n$), описывающие границы местоположения значимых, с точки зрения пользователя, объектов (магазины, кафе, точки доступа в интернет, метро, автомобильные трассы, топливные заправки и т.д.), координат точек и ребра описывающие границу зоны действия сети подвижной радиосвязи, границы областей (роуминг). Кроме того на цифровую карту местности, аналогичным образом, могут наноситься координаты границ различных зон тарификаций,

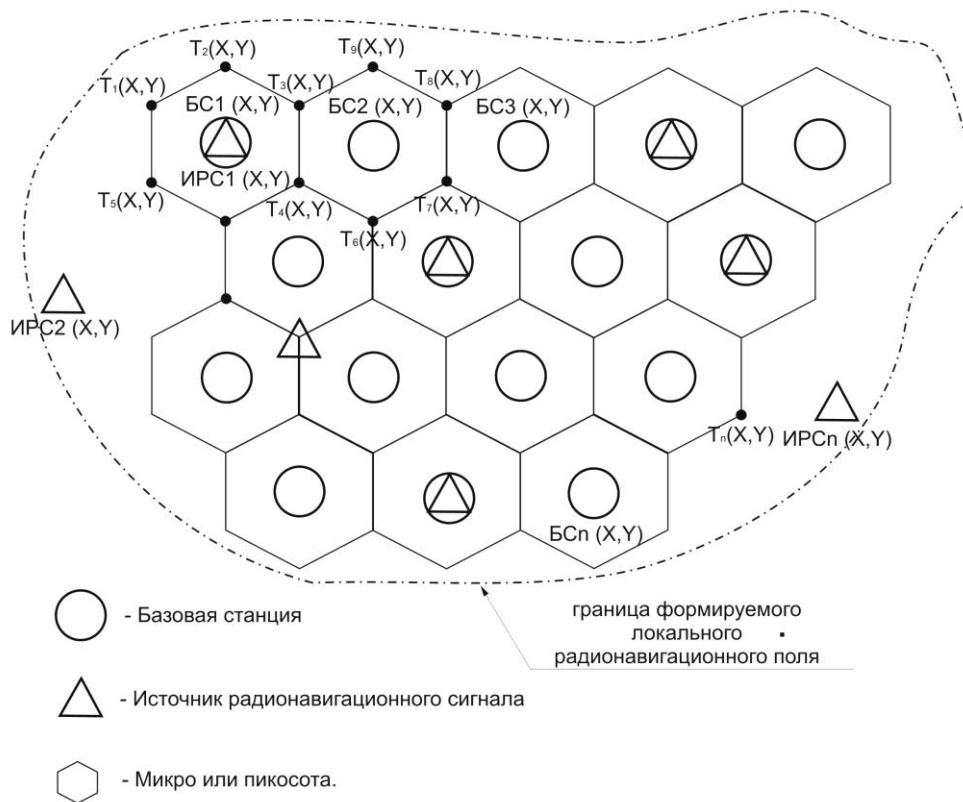


Рис.2. Цифровая карта местности необходимая для реализации операций управления сетью подвижной связи.

в том числе и разработанных индивидуально для абонента или групп абонентов.

Структура разработанной электронной карты местности, необходимой для решения задач управления сетью приведена на рис. 2.

В общем виде, указанные выше объекты, могут представлять собой как точки трехмерного пространства (базовые станции, источники радионавигационного сигнала, объекты инфраструктуры и т.д.), так и пространственные фигуры (зоны обслуживания базовых станций, зоны обслуживания ИРС), конфигурация которых может быть произвольна (рис.3).

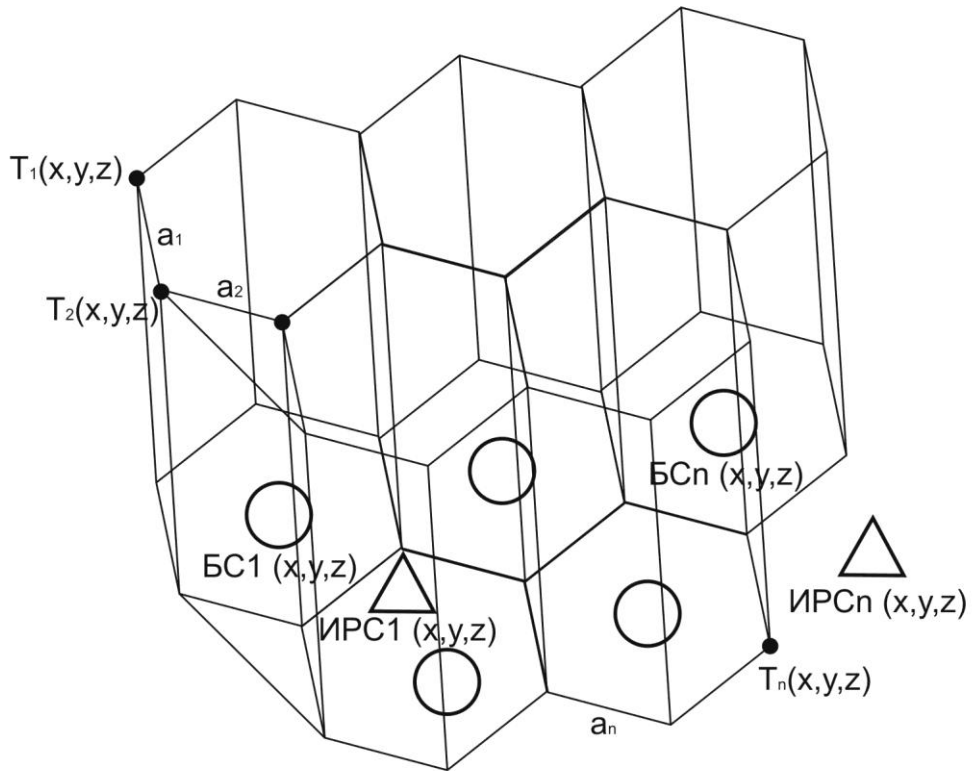


Рис.3. Пространственное представление цифровой карты местности.

Таким образом, цифровая карта местности сети подвижной радиосвязи может быть представлена в виде некоторого неориентированного графа G , который однозначно определяется заданием пары множеств (T, A) , где T - множество вершин графа; A - множество ребер графа. Более удобным является описание неориентированного графа с помощью матрицы смежности Q или инциденции I . При этом вершины B и C называют смежными, если существует соединяющее их ребро, а рассматриваемое ребро называется инцидентным вершинам B и C .

Поскольку для использования матрицы I необходимо введения обозначения всех используемых ребер, что ведет к некоторой избыточности в обозначениях, определим матрицу смежности для произвольной карты местности:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{T_{11}} & q_{T_{12}} & \dots & q_{T_{1n}} \\ q_{T_{21}} & q_{T_{22}} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{T_{n1}} & q_{T_{n2}} & \dots & q_{T_{nn}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где: $q_{T_{ad}}$ - элемент матрицы Q принимающий значение «1» если ребро из некоторой точки $T_a(x,y,z)$ в некоторую точку $T_d(x,y,z)$ существует, или «0» если ребро из точки $T_a(x,y,z)$ в точку $T_b(x,y,z)$ не существует.

При отображении отдельной точки пространства, т.е., например, координат расположения базовых станций или источников радионавигационного сигнала, соответствующий элемент матрицы, расположенный на её диагоналях, принимает единичное значение.

Очевидно, что используя матрицу смежности, можно описать любой объект произвольной формы, представленный совокупностью точек и ребер, на цифровой карте местности, что необходимо для решения задачи управления в сетях связи GSM/UMTS. Любой элемент матрицы смежности может быть снабжен необходимыми комментариями, в качестве которых могут использоваться идентификаторы базовых станций, совокупность БС находящихся в зоне обслуживания того или иного ИРС и т.д.

Для упрощения хранения, передачи и обработки цифровой карты местности, следует использовать её фрагментацию, т.е. определение матрицы смежности только для совокупности объектов (участка сети) значимых с точки зрения решения задачи управления на том или ином участке сети подвижной радиосвязи. Передачу полной цифровой карты местности или её фрагмента подвижной станции целесообразно осуществлять путем включения цифровой карты местности в дополнительную информацию излучаемую источниками радионавигационных сигналов. При этом одним из возможных методов распространения цифровой карты, является метод трансляции каждым ИРС фрагмента цифровой карты местности находящегося в зоне его обслуживания.

3. Выбор критериев адаптации алгоритмов определения местоположения и управления

Один из достаточно сложных, но весьма важных этапов решения любой практической задачи связан с проблемой выбора алгоритмов её решения из нескольких существующих. Очень часто скорость вычислений и точность решения задачи зависят от управляющих параметров алгоритма (структуры алгоритма), в большинстве случаев определяемых пользователем. Способ выбора оптимальных значений этих параметров, которые соответствовали бы индивидуальным особенностям решаемой задачи, зачастую чрезвычайно трудно поддается формализации или является неизвестным. Поэтому особый

интерес представляют алгоритмы, обладающие свойствами адаптивности, то есть обладающие возможностью учёта индивидуальных особенностей типа решаемой задачи.

Критериями адаптации алгоритма называют параметры алгоритма, анализируя которые алгоритм изменяет свою структуру или некоторые характерные параметры управления, с целью адаптации, т.е. повышению устойчивости к изменяющимся условиям функционирования, определяемых внешней средой.

Для решения задач определения местоположения и управления сетью подвижной радиосвязи, в частности, целесообразно использовать следующие критерии адаптации:

- по количеству доступных ИРС;
- по величине перемещения подвижной станции;
- по степени загруженности БС.

Адаптивное управление алгоритмом определения местоположения и управления с использованием критерия адаптации в виде количества доступных ИРС, заключается в том, что подвижная станция, находясь в зоне действия ЛРС анализирует принимаемые от ИРС сигналы и производит определение количество доступных в точке своего местоположения ИРС – критерия количества доступных ИРС ($K_{ИРС}$), после чего принимает решение о типе решаемой навигационной задачи в данных условиях. При этом если величина рассчитанного критерия:

$$\begin{cases} K_{ИРС} < 3 - \text{определение местоположения по сигналам ЛРС не возможно;} \\ K_{ИРС} = 3 - \text{возможно определение местоположения на плоскости;} \\ K_{ИРС} > 3 - \text{возможно определение местоположения в пространстве.} \end{cases} \quad (2)$$

Использование данного критерия позволяет подвижной станции адаптироваться к типу сформированного ЛРП, без поддержки сети определять необходимый для решения тип радионавигационной задачи, а также обеспечивает работоспособность системы подвижной радиосвязи в условиях частичного или полного отказа ЛРС, путем использования сигналов альтернативных систем определения местоположения (ГНСС).

Одной из операций, выполняемых алгоритмом передачи обслуживания в сетях подвижной связи GSM/UMTS по сигналам ЛРС, является сравнение полученных координат подвижной станции с границами зоны обслуживания текущей базовой станции. Постоянное выполнение данной задачи приводит к увеличению уровня энергопотребления подвижной станции. Для оптимизации данного процесса, а также минимизации вероятности возможного отказа в обслуживании ПС при реализации

процедуры хендовера, повышения экономичности ПС и увеличения времени её непрерывной работы, необходимо введения критерия величины перемещения подвижной станции $S_{пс.}$, при этом:

$$\begin{cases} S_{пс} < S' - \text{необходимо уменьшение периода сравнение координат ПС;} \\ S_{пс} = S' - \text{период сравнения координат ПС соответствует оптимальному;} \\ S_{пс} > S' - \text{необходимо уменьшение периода сравнение координат ПС;} \end{cases} \quad (3)$$

где S' - максимальное пространственное значение допустимой погрешности определения момента пересечения границы зоны обслуживания сети подвижной радиосвязи.

Для поддержание критерия $S_{пс}$ с заданным уровнем точности на необходимом для работы сети подвижной радиосвязи уровне S' , производят определение и изменение периода сравнения фактических координат подвижной станции с границами зоны обслуживания текущей БС, используя информацию о скорости перемещения мобильной станции. Рассматриваемый критерий позволяет обеспечить определение местоположения строго через заданные величиной S' отрезки пространственного перемещения мобильной станции, и определяет инвариантность погрешности определения момента пересечения границы зоны обслуживания сети подвижной радиосвязи к скорости перемещения подвижной станции.

Для реализации процедуры управления сетью, в подвижную станцию в составе дополнительной информации, ИРС передает степень загруженности базовых станций, в виде количества абонентов, которые могут быть обслужены БС с заданным идентификатором (n) в настоящий момент времени. При подключении абонента к выбранной базовой станции степень её загруженности уменьшается на единицу. Указанное число абонентов определяет критерий адаптации алгоритма по степени загруженности базовой станции L_n , при этом:

$$\begin{cases} L_n = 0 - \text{подключение к выбранной БС невозможно,} \\ \quad \quad \quad \text{необходим поиск альтернативной БС;} \\ L_n \neq 0 - \text{подключение ПС к выбранной БС допускается.} \end{cases} \quad (4)$$

Применение данного критерия позволяет реализовать запуск процедуры поиска альтернативной базовой станции способной осуществить обслуживание абонента, использование которого дает возможность исключить отказ передачи обслуживания, или регистрации подвижной станции в выбранной базовой станции, и тем самым предупредить отказ в обслуживании абонента со стороны сети подвижной радиосвязи.

С учетом предложенных критериев адаптации, блок-схема разработанного адаптивного алгоритма передачи обслуживания в сетях подвижной связи GSM/UMTS по сигналам ЛРС будет иметь следующий вид (рис.4):

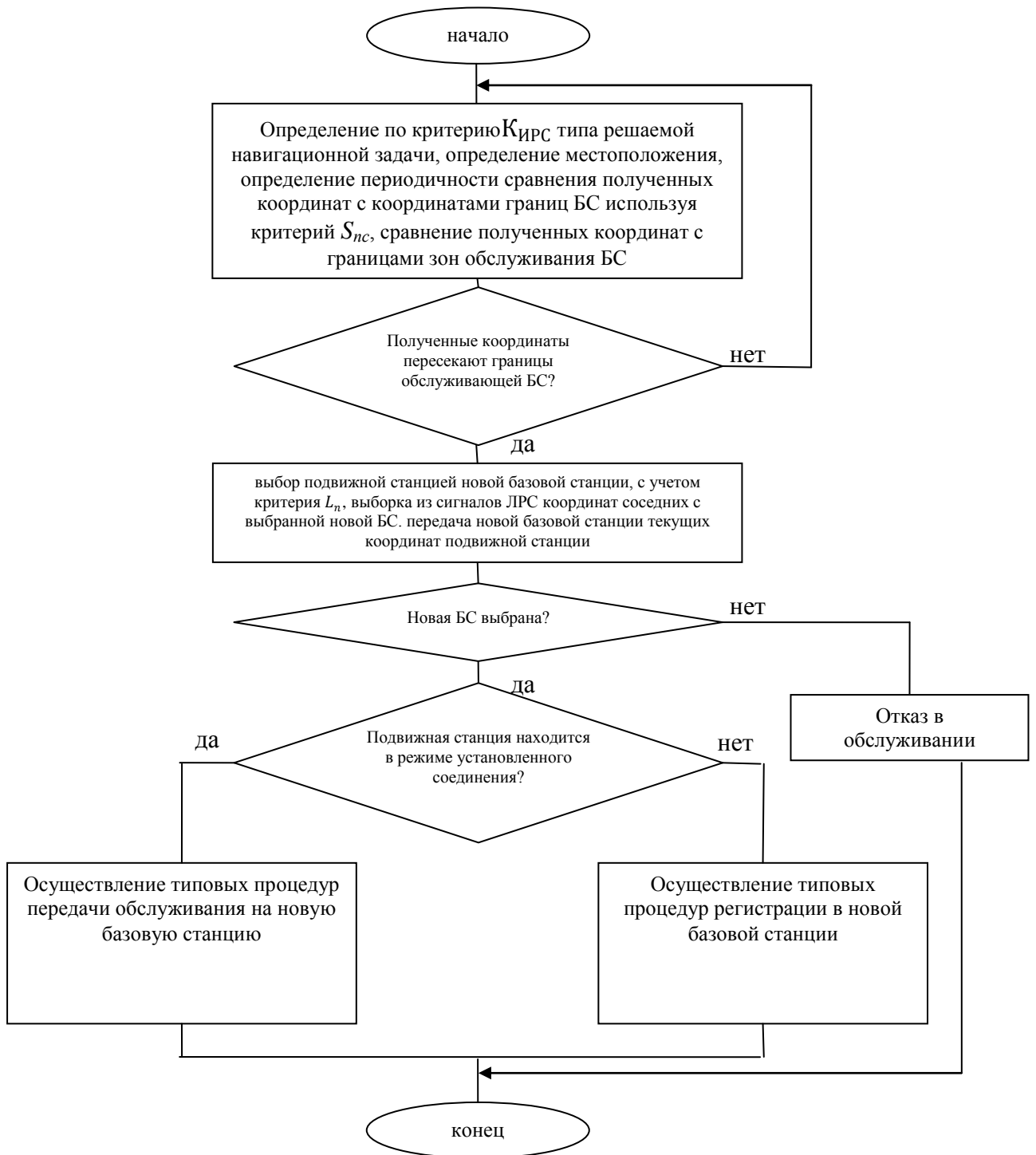


Рис. 4. Блок-схема алгоритма передачи обслуживания в сетях подвижной связи GSM/UMTS по сигналам ЛРС с учетом критериев адаптации.

Заключение

В процессе проведенных исследований разработан алгоритм передачи обслуживания реализуемой подвижной станцией по сигналам формируемого в зоне действия сети подвижной радиосвязи локального радионавигационного поля, существенно снижающий вычислительную нагрузку на сеть подвижной радиосвязи благодаря реализации процедуры передачи обслуживания в подвижной станции, предложены и обоснованы критерии его адаптации к изменяющимся условиям функционирования сети. Разработан состав и структура цифровой карты местности, включаемой в структуру сигналов локальной радионавигационной сети, в виде матрицы смежности, дающей возможность отражения на цифровой карте местности, в виде совокупности узлов и ребер, любого объекта произвольной формы, что необходимо для решения задачи передачи обслуживания в интегрированных сетях связи и навигации.

Библиографический список

1. А. С. Богданов, В. А. Шевцов. Определение местоположения и управление в сетях подвижной радиосвязи GSM/UMTS. Москва, Электронный журнал «Труды МАИ» Выпуск № 40, 2010 // URL: www.mai.ru/science/trudy/ (Дата обращения 27.05.2011)

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. Шевцов Вячеслав Алексеевич, проректор по научной работе Московского авиационного института (государственного технического университета), д.т.н., профессор, e-mail: ys@mai.ru

