

Harish Igor Emelyanovich

Essentukskiy Institute of Management, Business and Right.

E-mail: vitalij-vx@mail.ru.

2, Jermolova Street, Essentuki, 357600, Russia.

Phone: +79286359738.

The Department Higher Mathematics and Informatics; Senior Lecturer.

УДК 621.396

Ю.М. Туляков**АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОТОВЫХ И РАДИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ НАЗЕМНОЙ СВЯЗИ**

Для повышения надежности связи определяются варианты алгоритмов взаимодействия сотовой и радиальных систем с позиций их межсистемного хендвера. Дается оценка этим алгоритмам, на основании которой разрабатывается требуемый алгоритм взаимодействия этих систем. При этом учтены методы «порогового уровня», «выдержки времени», «гистерезиса», «сравнения уровней сигнала» и комбинации этих методов для переключения с одной базовой станции на другую в режимы «слабого сигнала», «скоростного движения абонентской станции». В итоге при синтезе алгоритма межсистемного взаимодействия за основу использованы случаи «слабого сигнала» и «скоростного движения абонентской станции».

Надежность; алгоритм; хендвер; сотовая и радиальная системы связи.

Yu.M. Tulyakov**ALGORITHMIC ESTIMATION OF INTERACTION OF CELLULAR AND RADIAL SYSTEMS OF MOBILE COMMUNICATION**

Variants of interaction algorithms cellular and radial systems are defined for increase of communication reliability, from positions intersystem handover. The estimation of algorithms is made, on this basis the algorithm of interaction of these systems is developed. Methods of "threshold level", «endurance of time», "hysteresis", «comparison of levels of a signal» and a combination of these methods for switching from one base station on another and modes of "a weak signal", «high-speed movement of user's station» are thus considered. As a result at synthesis of algorithm of intersystem interaction for a basis cases of "a weak signal» and «high-speed movement of user's station» are used.

Reliability; algorithm; handover; cellular and radial communication systems.

Для повышения надежности подвижной наземной связи предлагается [1] системы сотовой связи дополнять радиальными системами, переключение на которые происходит при ухудшении сотовой связи. Это реализуется за счет введения в сотовую систему базовых станций радиальной системы (БС_{РС}), взаимодействующих через контроллер БС (КБС) с базовыми станциями сотовой системы (БС_{СС}). При этом приоритет связи и межсистемного хендвера абонентских (мобильных) станций (АС) отдается БС_{СС}.

Проиллюстрируем с помощью рис. 1 условия работы такого хендвера при изменении (ослаблении) уровня сигнала (отношения мощностей сигнала и помехи – P_C/P_{Π}) в зависимости от расстояния R , от соседних БС_{СС1} и БС_{СС2}, а также от БС_{РС} при заданном минимально допустимом (пороговом) уровне $(P_C/P_{\Pi})_{\text{пор}}$ для нормальной (с требуемой помехоустойчивостью) работы АС.

На рис. 1,а видно, что при перемещении от БС_{СС1} к БС_{СС2} уровень их сигналов на границах зон действия не оказывается ниже $(P_C/P_{\Pi})_{\text{пор}}$ и возможен хендвер между ними. Несмотря на то, что уровень сигнала от БС_{РС} на этих границах выше этих БС, хендвера на БС_{РС} не происходит – «условие приоритетности сотовой системы над радиальной».

Рис. 1,б иллюстрирует ситуацию переключения на BC_{PC} только при условии, когда уровень сигнала от BC_{CC1} и BC_{CC2} становится ниже порогового. При этом происходит восполнение связи или ее улучшение за счет BC_{PC} на участке $R_{доп}$.

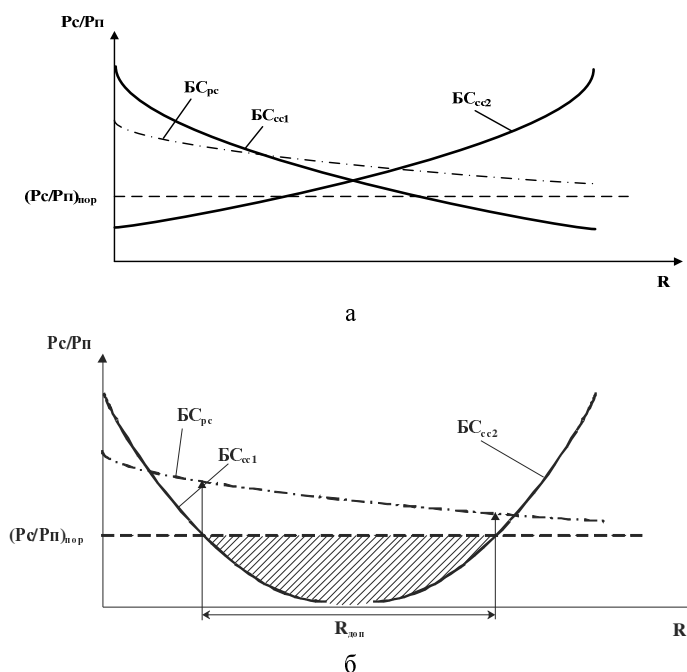


Рис. 1. Условия хэндовера в радиально-сотовой системе: а – хэндовер между BC_{CC1} и BC_{CC2} ; б – хэндовер между BC_{CC} и BC_{PC} при слабых сигналах BC_{CC1} и BC_{CC2}

Поскольку приведенный пример скорее иллюстрирует идею взаимодействия радиальной системы с сотовой сетью, для обоснованного определения алгоритма хэндовера при таком взаимодействии проанализируем принципы его организации на примере GSM сотовой связи. Этот анализ проводится на основании оценок, сделанных совместно с Дворяниновым О.А., дипломантом Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева.

Хэндовер делится на составляющие части: методология, протокол, алгоритмы и метрики, которые базируются на положениях в [2, 3]. Метрическая информация передается на КБС и в центр коммутации подвижной связи для ее использования алгоритмом хэндовера.

Алгоритм принятия решения относительно инициации хэндовера не специфицирован в рекомендациях стандарта GSM, но тем не менее можно перечислить [4, 5] основные методы организации применяемых алгоритмов:

- ◆ метод сравнения RSS;
- ◆ метод порогового уровня (Threshold);
- ◆ гистерезис (запаздывание);
- ◆ выдержка времени (Dwell timer);
- ◆ комбинации вышеперечисленных методов.

Дадим оценку этим алгоритмам.

Анализ алгоритмов принятия решения инициации межсистемного хэндовера. При анализе алгоритмов, организованных по перечисленным методам, за оценочный параметр примем RSS. Коротко охарактеризуем эти алгоритмы.

При методе сравнения уровней сигнала -RSS переход от текущей станции будет осуществляться, как только уровень сигнала от новой станции превысил значение уровня сигнала текущей. Этот случай иллюстрируется на рис. 1. Это простейший метод, который в сложных «многобазовых» и мобильных условиях не учитывает особенности флуктуаций уровня сигнала.

Алгоритм по методу порогового уровня (Threshold) основан на принятии положительного решения о проведении процедуры хэндовера в том случае, если сигнал новой базовой станции больше сигнала текущей, а сигнал текущей станции при этом опустился ниже уровня условного порогового минимума χ . Недостатком данного метода является то, что переключение на новую базовую станцию не учитывает разности уровней между сигналами, что может повлечь за собой все новые и новые процедуры хэндовера, а это дополнительный трафик сигнальной информации и возможность обрыва связи.

При гистерезис-методе переключение на другую базовую станцию происходит в том случае, когда величина принимаемого сигнала от новой станции превышает величину текущего уровня сигнала на некоторую величину $\Delta_{RSS} = H$. Недостатком такого метода является то, что переход происходит в любом случае, даже, если необходимости в этом нет.

Удачным решением можно считать совмещение двух последних вышерассмотренных методов так, чтобы переключение происходило при пересечении уровня сигнала текущей станции с минимальным и при превышении новой на величину $\Delta_{RSS} = H$. Проиллюстрировать действие такого хэндовера можно в следующем виде (рис. 2).

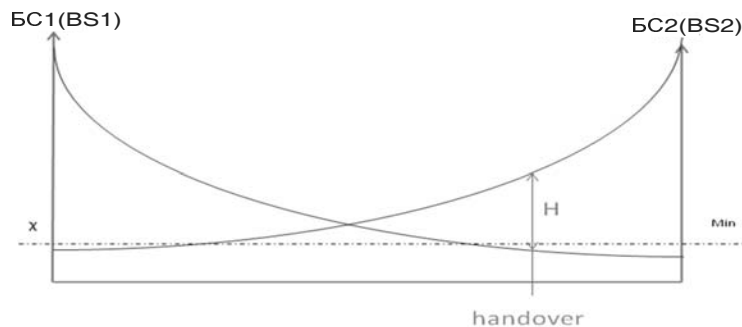


Рис. 2. Хэндовер по совмещенным методам «порогового уровня» и «гистерезис-метода»

В форме алгоритма такой комбинированный хэндовер можно представить выражением

$$\text{Choose } _BSnew_ \text{ if } _Pnew = Pold + H _ \text{ and } _ Pold < \chi$$

В виде блок-схемы этот алгоритм можно представить рис. 3.

Интересно заметить, что в большинстве реализаций GSM-систем применяется именно такой алгоритм. Особенностью этого алгоритма является возможное появление излишне частого хэндовера. Чтобы избежать этого, применяется алгоритм выдержки времени.

Алгоритм по методу выдержки времени (Dwell timer) используется в следующих ситуациях. При сильных флуктуациях сигнала необходимо избежать так называемого ping-pong-эффекта, явления, при котором две станции с достаточно сильным сигналом, но при этом весьма неоднородным, начинают «перекидывать» друг на друга мобильную станцию как в настольном теннисе (отсюда и название эффекта). Избавиться от таких проблем помогает небольшое преобразование – введение таймера задержки.

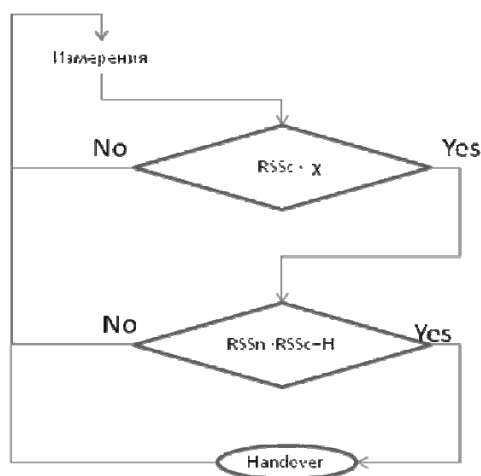


Рис. 3. Блок-схема алгоритма хэндовера со совмещенными методами «порогового уровня» и «гистерезис-метода»

Моделирование алгоритма приоритетного хэндовера составляющих радиальной и сотовой связи. На основании приведенной выше оценки алгоритмов хэндовера, используемых в традиционной сотовой связи, дадим обоснование синтезу алгоритма хэндовера между радиальной [6] и сотовыми системами при приоритете работы АС с сотовой системой [1]. При этом акцентируем внимание на практически встречающихся случаях использования хэндовера.

Использование алгоритмов по методам сравнения RSS и порогового уровня согласуется с картиной для областного либо районного центра. Однако для территорий, в которых хороший стабильный сигнал редкость, эти алгоритмы становятся неудовлетворительными. То есть в этих условиях необходимо учитывать возникновение «слабых» сигналов.

Необходимо также учитывать другую особенность, когда даже в условиях доступности связи существуют такие ситуации, когда более рационально будет переключить связь на ту станцию, зона покрытия которой максимальна. Например, при скоростном движении по трассам в черте города, с целью избежания постоянного «перескакивания» с одной микросоты на другую, более рационально было бы перейти на радиальную составляющую, и тем самым избежать постоянного повторяющегося хэндовера.

Дадим оценку хэндоверу с учетом этих двух особенностей.

Случай слабого сигнала. Как правило, зоны сотовой связи не имеют 100 %-ного покрытия обслуживаемого региона. И для обслуживания участков региона, неохваченных сотовой связью (со слабым или «нулевым» уровнем сигнала), предлагается использование радиальной системы (составляющей) связи, т.е. при перемещении или нахождении абонента в таком участке необходимо произвести временное переключение его АС на радиальную составляющую. Это особенно наглядно иллюстрируется на рис. 1.

При этом целесообразно ввести некоторую величину $\Delta\chi = \Delta_{RSS}$ – наш «запас прочности», на случай появления сигнала со следующей БС_{СС} до того как прервется сигнал с первой БС_{СС}. Рис. 4 иллюстрирует такую ситуацию, где переход на радиальную составляющую и обратно будет соответствовать точкам А и В.

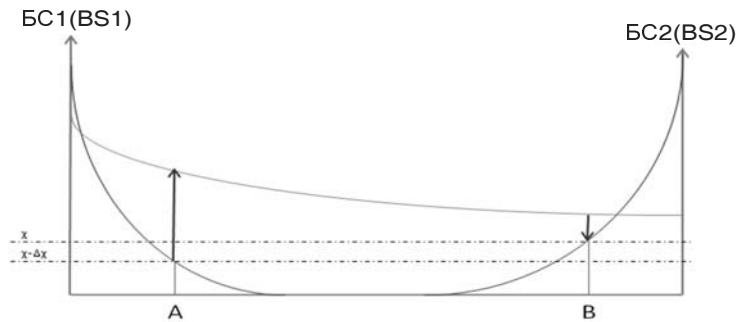


Рис. 4. Переключения на радиальную и сотовую составляющие при введении запаса по уровню сигнала $\Delta\chi = \Delta_{RSS}$

При таком алгоритме не теряется связь с абонентом в «непопулярных зонах», и каналы радиальных станций используются только в крайнем случае.

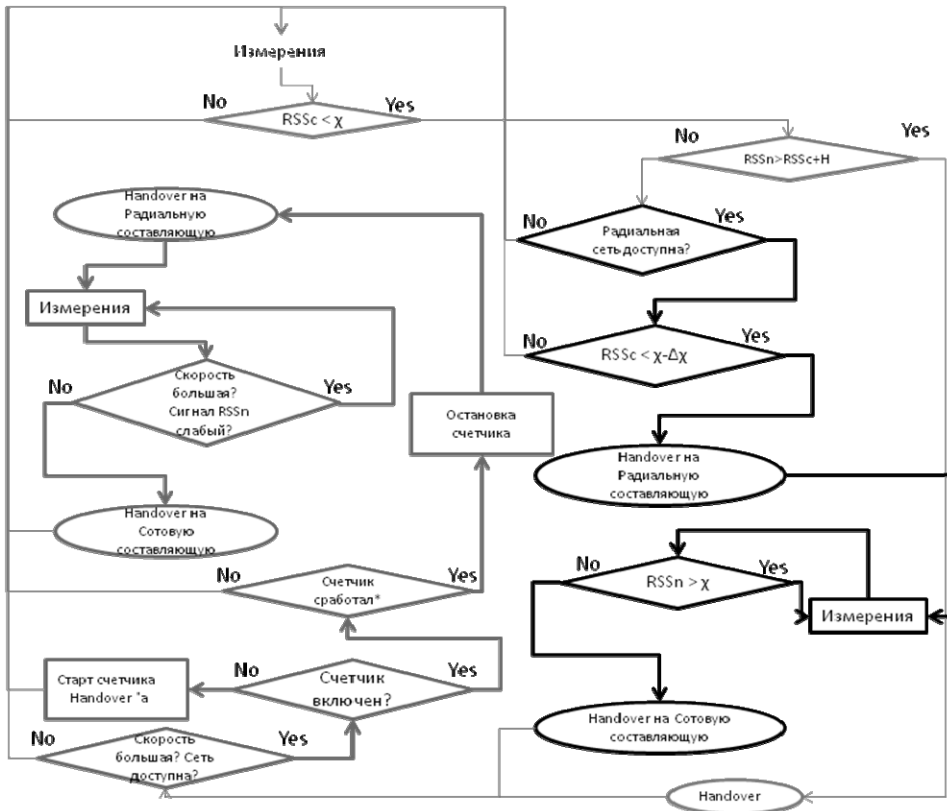


Рис. 5. Алгоритм взаимодействия радиальной и сотовой систем

Случай скоростного движения. При скоростном движении по трассам города, неизбежно постоянное «перескакивание» с одной базовой станцией на другую. Альтернативой таким «прыжкам» может быть переводение абонента на радиальную составляющую связи с целью уменьшения трафика, сопутствующего хэндоверу, а также более уверенное ведение абонента. Сигнализатором для такого пере-

хода можно считать скорость абонента и слишком малый интервал времени между соседними переключениями.

При всем прочем, как только скорость абонента снизится и появится сотовая станция, готовая принять на себя обслуживание, тут же произойдет возврат на сотовую составляющую.

Объединение условий для двух вышерассмотренных случаев и синтез алгоритма взаимодействия сотовой и радиальной систем. На основании определенных выше особенностей и условий хендвера для двух рассмотренных случаев и их объединения можно составить единый, общий и окончательный алгоритм хендвера для взаимодействующих сотовой и радиальной систем. Блок-схема этого алгоритма показана (см. рис. 5). Проверка работоспособности полученного алгоритма проводилась с помощью специально разработанной программы на языке Си. Подстановка значений показала, что алгоритм рабочий, т.е. решение о переходе на радиальную составляющую происходит только в том случае, когда избежать этого нельзя.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что полученный окончательный комбинированный алгоритм можно рассматривать как основу при внедрении радиальных систем в сотовую связь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Туляков Ю.М. Система сотовой связи. Заявка на изобретение № 2009109960 от 20.03.2009.
2. ETSI GSM 05.08 "Digital cellular telecommunication system (Phase 2+). Radio subsystem link control."
3. ETSI GSM 03.09 "Digital cellular telecommunication system (Phase 2+). Handover procedures".
4. Juha-Pekka Makela Effects of handoff's algorithms on the performance of multimedia wireless networks" University of OULU".
5. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
6. Туляков Ю.М. Системы персонального радиовызова. – М.: Радио и связь, 1988. – 168 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Белевцев.

Туляков Юрий Михайлович

Волго-Вятский филиал Московского технического университета связи и информатики.
E-mail: yu.m.tulyakov@rambler.ru.
603006, г. Нижний Новгород, ул. Ошарская, д. 15, кв. 15.
Тел.: +79107901111.

Tulyakov Yuri Mihaiylovich

Volgo-Vvjatskogo of Branch of the Moscow Technical University of Communication and Informations.
E-mail: yu.m.tulyakov@rambler.ru.
15 – 15, Osharskaja Street, N. Novgorod, 603006, Russia.
Phone: +79107901111.