

ВАРИАНТЫ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Важную роль при построении интегрированных систем подвижной связи и навигации играет обеспечение доступности опорных станций при наличии существенных ограничений, связанных с нехваткой ресурса. Ограничения ресурса сети могут быть вызваны различными факторами, в том числе воздействием на сеть помех различного происхождения.

В условиях сокращения числа доступных опорных станций (ОС), необходимых для определения местоположения объекта, повышение точности позиционирования можно добиться при использовании дальномерного метода.

Основным ограничением его практического применения является необходимость использования высокостабильного эталона времени (частоты) и периодической его калибровкой бортовой шкалой времени [1]. Устранить данный недостаток можно при проведении вычислений местоположения на опорных станциях по запросу.

При использовании данного метода (рисунок 1) опорная станция 2 не участвует в определении местоположения, она выполняет роль ретранслятора сигналов в линии радиосвязи между ОС1 - центр сбора информации и аппаратурой подвижного объекта. Координаты подвижного объекта вычисляются на ОС1 по сигналам, полученным от подвижного объекта с двух направлений (от самого подвижного объекта и ОС2). Система трех объектов, в которой координаты двух объектов (ОС1 и ОС2) известны, позволяет по дальномерному методу рассчитать координаты третьего объекта, если измерить дальности от подвижного объекта до ОС1 и ОС2.

Приблизительно это можно представить следующим образом. Если измерены дальности от ОС1 и ОС2 до объекта $R1$ и $R2$, то подвижный объект

находится на линии пересечения двух сфер, описанных радиусом R_1 с центром на ОС1 и радиусом R_2 с центром на ОС2.

Значения R_2 определяются вычитанием из расстояний от ОС1 до подвижного объекта и от ОС1 до ОС2. Полученные на ОС1 координаты подвижного объекта могут быть переданы ему по каналу связи.

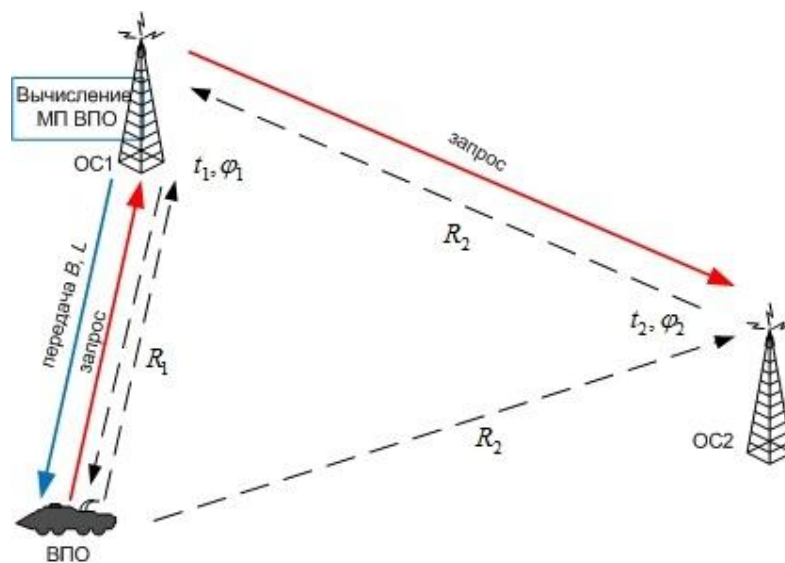


Рисунок 1 - Схема определения местоположения

Точность измерения координат в описанной схеме измерения координат будет определяться нестабильностью синхронизации опорных станций интегрированной системы подвижной связи и навигации и погрешностью измерения радионавигационных параметров.

Расчет зон позиционирования для данного метода осуществляется по методике [5]. Сравнительный анализ рабочих зон для дальномерного и разностно-дальномерного методов определения местоположения показал, что площадь рабочей зоны (для геометрического фактора не превышающего 3) для дальномерного метода на 55% больше (рисунок 2).

Таким образом, применение дальномерного метода позволит существенно увеличить рабочую зону позиционирования, а необходимость участия в расчетах только 2-х опорных станций позволит уменьшить затраты на построение интегрированной системы подвижной связи и навигации.

Полностью развернутые навигационные системы являются совершенным средством для определения местоположения подвижных объектов. Наиболее полно их возможности проявляются при работе на открытой местности, когда в поле зрения находится максимальное число опорных станций. При наличии частичных затенений радиовидимости, которые характерны для условий применения подвижных объектов (горная или лесная местность, городские застройки), возможности позиционирования ухудшаются.

При этом количество видимых опорных станций одной системы может быть недостаточным для получения точного и достоверного решения, да и возможность самого решения задачи позиционирования часто становится проблематичной.

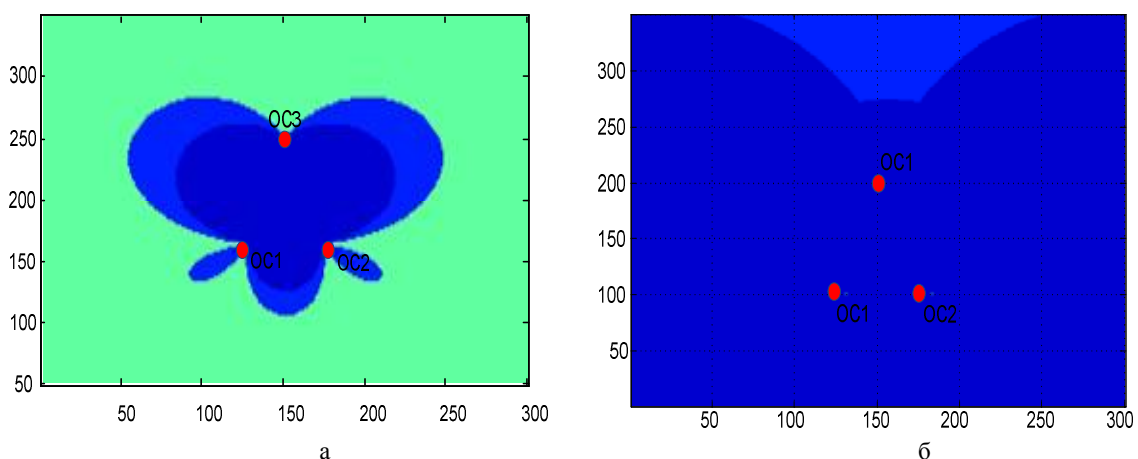


Рисунок 2 – РЗ для а) разностно-дальномерного метода, б) для дальномерного метода

Совместное использование ГЛОНАСС и интегрированных систем подвижной связи и навигации (рисунок 3) существенно улучшает возможности потребителя и обеспечивает повышение ряда важных для радионавигационных систем характеристик, таких как доступность и точность определения местоположения подвижных объектов.

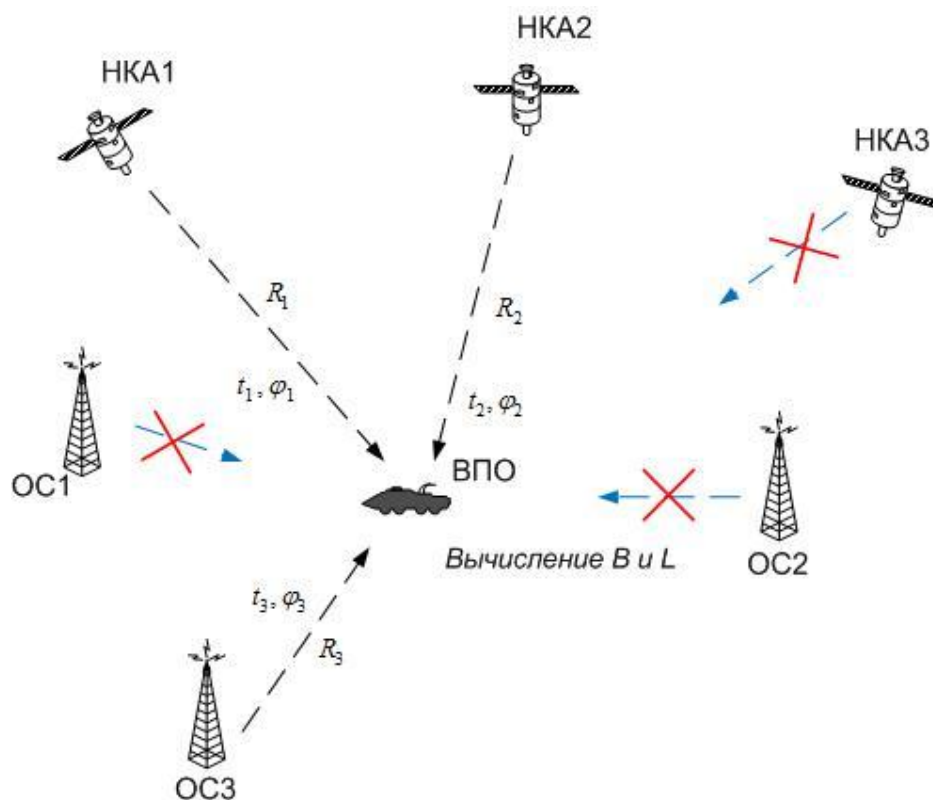


Рисунок 3 - Совместное использование ГЛОНАСС и ИСПСН

Для получения максимального выигрыша необходимо решать задачу синтеза структуры сети, что позволит найти оптимальную структуру и характеристики интегрированной системы подвижной связи и навигации. Теоретической основой синтеза является теория оптимальной фильтрации, в которой данное направление получило название комплексной фильтрации [2, 3, 4].

Ниже рассмотрены схемы комплексирования, реализуемые с помощью навигационного фильтра.

Самым простым типом комплексирования является разомкнутый тип (рисунок 4). В нем вычисления местоположения подвижного объекта происходят независимо каждой радионавигационной системой и проводится коррекция данных.

На рисунке 5 представлена схема с комплексированием на вторичном уровне обработки «сырых» измерений навигационной аппаратуры

потребителя, так называемый слабосвязанный тип. В этой схеме разорвана связь между оценками $\hat{x}_{e_{\text{нп}} \text{н}}$ и блоком первичной обработки. Таким образом, получаем комплексирование на вторичном уровне, так как не затрагиваются блоки первичной обработки сигналов. В этом случае увеличивается точность формирования оценок навигационного параметра и большинство ИСНС используют такую схему.

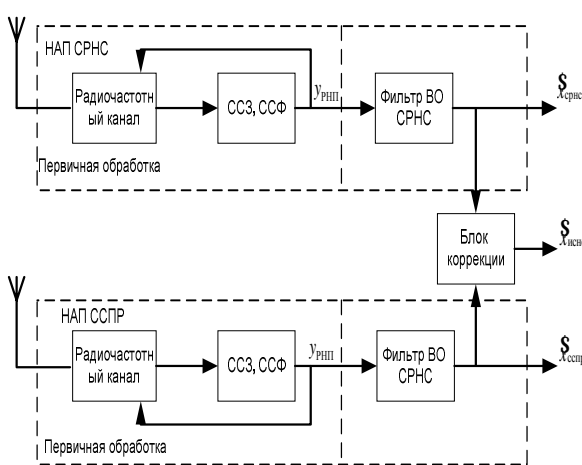


Рисунок 4 - Разомкнутый тип комплексирования

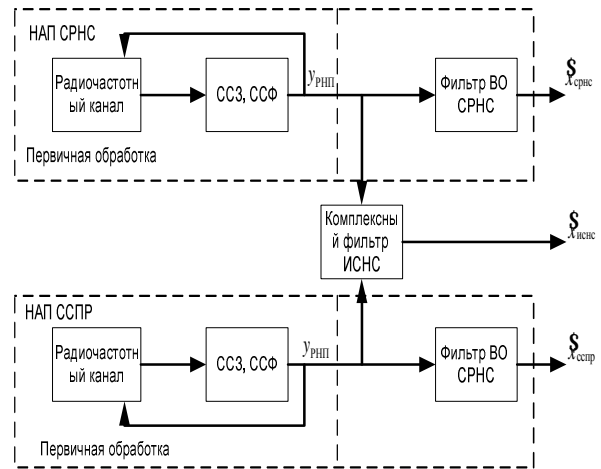


Рисунок 5 - Слабосвязанный тип комплексирования

Сильносвязанный тип (рисунок 6). Особенность этой схемы состоит в том, что в блоки первичной обработки вводятся оценки $\hat{x}_{e_{\text{нп}} \text{н}}$ сформированные в комплексном фильтре. Такое комплексирование позволяет сузить полосы пропускания следящих систем, что повышает помехоустойчивость навигационной аппаратуры потребителя. Данный тип комплексирования называется комплексированием на первичном уровне. Этот принцип основан на обработке радионавигационного сигнала или навигационного параметра. По точности и помехоустойчивости несколько хуже оптимального типа.

Схемы, основанные на обработке исходных или эквивалентных сигналов (рисунок 7) называют глубокоинтегрированными (оптимальными), т.к. в них уровень совместной обработки сигналов неразделим настолько, что

нельзя выделить отдельных каналов обработки сигналов спутниковой радионавигационной системы и интегрированной системы подвижной связи и навигации с формированием соответствующих оценок координат.

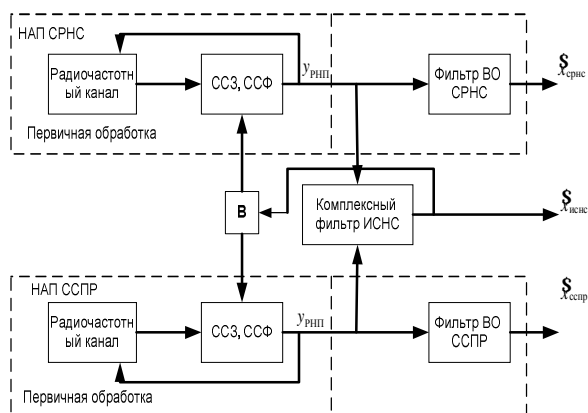


Рисунок 6 - Сильносвязанный тип комплексирования

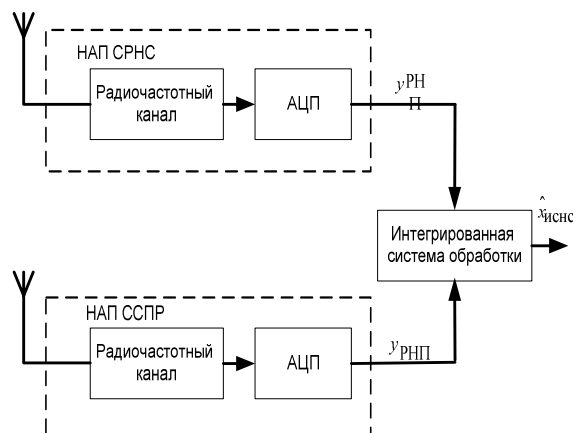


Рисунок 7 - Глубокоинтегрированный (оптимальный) тип комплексирования

Все приведенные типы комплексирования могут быть реализованы с использованием существующих моделей навигационной аппаратуры потребителя.

Комплексирование спутниковых радионавигационных систем и интегрированных систем подвижной связи и навигации позволяет существенно повысить доступность системы позиционирования. Так расчеты показывают, что минимальное повышение доступности на 12% обеспечивается при разомкнутой схеме интеграции, а максимальное (на 23%) - при оптимальной схеме интеграции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Снежко В.К., Якушенко С.А. Интегрированные системы навигации, связи и управления сухопутных подвижных объектов. Учебное пособие для ВУЗов связи. – ВАС, 2008. - 308 с.
2. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз. 2000. – 267 с.

3. Основы построения интегрированных систем навигации, связи и управления: Курс лекций. Учебное пособие для вузов связи / В. К. Снежко, С. А. Якушенко, А. Б. Матюшин, А. В. Ермоленко, А. А. Моисеев – ВАС.- Санкт-Петербург, 2006. - 300 с.
4. Совместное использование GPS и ГЛОНАСС. Оценка точности различных способов установления связи между ПЗ-90 и WGS-84. - Радиотехника, 1998, № 2, С.87-92.
5. Снежко В.К. Прасько Г.А. Анализ рабочих зон позиционирования ССПР. «Технологии и средства связи», 2009, № 3 – С. 54-56.