

Структура построения мобильной системы эфемеридно-временного обеспечения потребителей в северных широтах

А. М. Вяткин, М. А. Ковалёв, А. А. Яровиков
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
Vka.mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрена структура построения наземной системы эфемеридно-временного обеспечения потребителей в северных широтах на основе применения мобильных радиointерферометров с длинной базой

Ключевые слова: РСДБ; ЭВО; сличение шкал времени

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время задача эфемеридно-временного обеспечения (ЭВО) потребителей решается различными космическими навигационными системами. Данные системы обеспечивают требуемый уровень точности при решении различных навигационных задач, но в полярных районах точностные характеристики навигационных систем снижаются, при использовании аппаратуры потребителей, из-за особенностей построения орбитальной группировки ГНСС ГЛОНАСС относительно Земли. Поскольку развитие арктического региона является одной из актуальных задач, обозначенной в указе президента РФ от 26 октября 2020 года № 645 «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», предлагается рассмотреть модель построения мобильной системы ЭВО на основе использования мобильных радиointерферометров и дуплексного метода сличения шкал времени, как альтернативного способа обеспечения эфемеридно-временной информацией потребителей, функционирующих в условиях северных широт [1].

Данная система, позволит потребителям оперативно решать различные навигационные задачи, при получении эфемеридно-временной информации и синхронизировать собственную шкалу времени с высокой точностью.

II. СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭВО

Для разработки системы, обеспечения ЭВО необходимо решить задачи по определению собственного местоположения радиointерферометром и привязки собственной шкалы времени (ШВ) к Государственной системе единого времени и эталонных частот (ГСЕВЭЧ).

При решении задачи местоопределения приемной системы РСДБ и ухода шкал времени любого

потребителя в северных широтах целесообразно использовать возможности в системе КВСО «Квazar-КВО» с использованием мобильных станций РСДБ [2]. Зарубежный опыт показывает, что такие измерения могут обеспечить точность определения местоположения по координатам порядка 1 см и по времени 0,1 нс за сутки.

Как правило, данные РСДБ наблюдений состоят из оцифрованного шума квазаров и записываются вместе с метками времени на носитель информации. По окончании измерений носители поступают на РСДБ-коррелятор. Выходными данными коррелятора являются амплитуда и фаза корреляционных лепестков, из которых будут получены задержки времени приема сигнала одним радиointерферометром относительно другого и скорости изменения указанных задержек.

Процесс местоопределения приемной системы РСДБ выполняется путём решения обратной задачи с использованием метода наименьших квадратов. Преимуществами этого подхода является простота и оперативность расчета: при наличии высокого геометрического фактора требуется всего около 2, 3 итерации для нахождения координат. При времени наблюдения 120 с. и дисперсии шума 10^{-12} с. оценка формируется уже на второй итерации. Результаты моделирования показывают, что этот метод позволяет получить приемлемое по точности решение на непродолжительных временных интервалах наблюдения и при малой интенсивности шума.

Радиотелескопы с большим размером приёмной аппаратуры обеспечивают надёжный прием излучения слабых источников. Но для решения современных координатных задач они не обладают необходимой мобильностью из-за своих габаритов.

В связи с этим в последние годы активно разрабатываются и эффективно используются малогабаритные антенны, но с уменьшением размеров радиотелескопов повышаются требования к мощности принимаемого излучения, так как снижение диаметра антенны приводит к снижению коэффициента усиления. Несмотря на это, при использовании соответствующего программного обеспечения, возможно компенсировать данный недостаток, а размеры антенны позволяют сделать данную систему передвижной. На сегодняшний день примером успешной разработки является

малогабаритная радиоинтерферометрической система с длинной базой (РСДБ) выполненная Японской компанией «MARBLE» (рис. 1) с диаметром антенны 1,6 м.



Рис. 1. Внешний вид РСДБ

Следующей решается задача синхронизации шкалы времени приемного пункта РСДБ от государственной системы единого времени и эталонных частот, которую можно решить при помощи дуплексного метода сличения шкал времени, используя космические аппараты связи, функционирующие на высокоэллиптических орбитах. Данный метод позволит обеспечить наименьшую погрешность сличения шкал времени наземного базирования с использованием мобильных радиоинтерферометров и дуплексного сличения временных шкал (рис. 2).

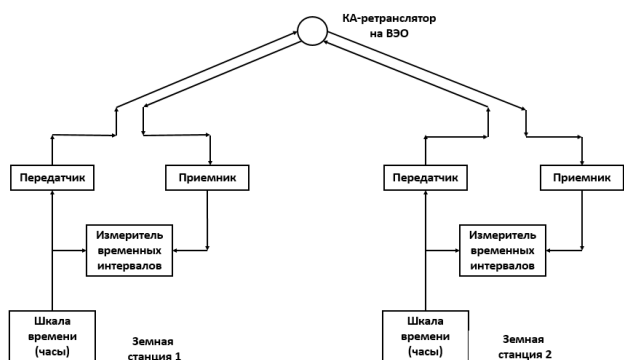


Рис. 2. Структурная схема дуплексного метода

Использование космических аппаратов ретрансляторов обеспечивает передачу измерительных сигналов, с помощью которых осуществляется сличение удаленных хранителей времени и частоты (ХВЧ). Требованиям по точности сличения ХВЧ в наибольшей степени удовлетворяет двухпутевой метод (ДПМ) передачи этих сигналов, когда метки времени от ХВЧ, размещенных в земных станциях (ЗС) 1 и 2, передаются встречно через КА-ретранслятор и на пунктах одновременно измеряются интервалы времени между собственными шкалами времени (ШВ) на земных

станциях и принятыми метками времени $TI(1)$ и $TI(2)$ измерителями временных интервалов. Расхождение ШВ будет равно полуразности этих интервалов $T(1) - T(2) = 0,5 [TI(1) - TI(2)]$.

Для получения точного результата сличения часов надо из этой полуразности исключить погрешности, обусловленные невзаимностью путей прохождения сигналов во встречных направлениях и релятивистским эффектом Саньяка. Точность учета этих погрешностей и определяет, в конечном счете, точность ДПМ сличения часов по спутниковому каналу связи, получившего за рубежом общепринятое наименование Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT).

После получения всех необходимых параметров для определения местоположения и синхронизации шкал времени РСДБ системы, возможна трансляция ЭВО потребителям по средствам связи.

Поскольку данная система будет мобильной, трансляция эфемеридно-временной информации возможна только при помощи радиоканала. Для мобильных систем связи большое значение имеют масса-габаритные характеристики и потребление электроэнергии. Наиболее экономично и эффективно эти требования могут удовлетворить однополосные системы коротковолновой радиосвязи (рис. 3) с частичным или полным подавлением несущей частоты, позволяющие осуществить качественный обмен информацией на большие расстояния при относительно низких мощностях передающих устройств.

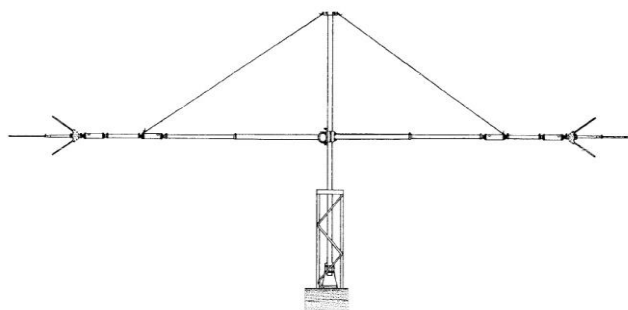


Рис. 3. Схематичный вид антенны КВ диапазона

При слабых сигналах и быстрых затуханиях в зоне полярных сияний и возмущений геомагнитного поля однополосная модуляция, как показала практика, значительно эффективнее двухполосной амплитудной модуляции. Сигнал с однополосной модуляцией занимает в радиозфере полосу частот вдвое уже, что позволяет более эффективно использовать частотный ресурс и повысить дальность связи (рис. 4).

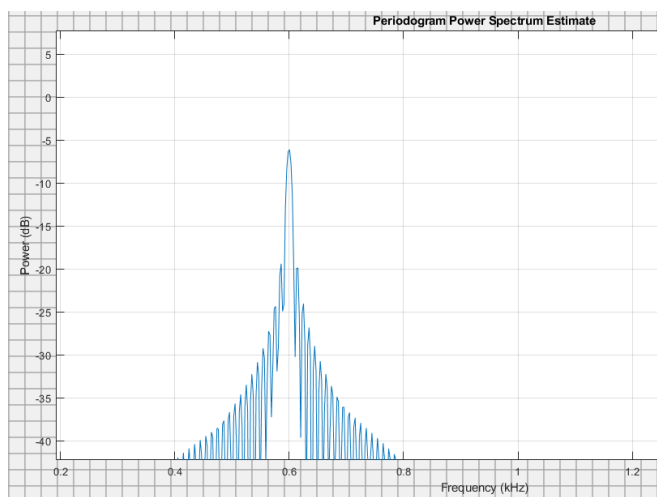


Рис. 4. Спектр однополосного сигнала

Поэтому однополосные коротковолновые системы связи получили широкое распространение, особенно в Антарктике, в частности для поддержания радиосвязи с полевыми партиями, санно-гусеничными поездами, судами и самолетами [5].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, построение данной системы позволит эффективно обеспечивать потребителя эфемеридно-временной информацией в условиях северных широт,

которая позволит решать задачи местоопределения и синхронизации с установленным уровнем точности независимо от характеристик навигационного поля ГНСС в заданном районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Евсиков Н.М. Вопросы безопасности Арктической зоны Российской Федерации // Аллея науки. 2022. Т. 1. № 9(72). С. 336-340. – EDN PNJITL.
- [2] Алешкин А.П. Применение мобильной радиоинтерферометрии в задаче координатно-временного обеспечения удаленных потребителей / А.П. Алешкин, К.К. Зубарев, А.А. Макаров // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2019. № 671. С. 80-90. – EDN TXESPM.
- [3] Результаты эксперимента по двухпутевому методу сличения шкал времени территориально удаленных высокостабильных эталонов с использованием средств наземного комплекса управления и спутникового оборудования ГНСС ГЛОНАСС / А.П. Алешкин, К.В. Бакурский, Ю.А. Винник [и др.] // Труды Института прикладной астрономии РАН. 2013. № 27. С. 70-75. – EDN SCTGMR.
- [4] Текущее состояние и перспективы развития эфемеридно-временного обеспечения в МГНСС ГЛОНАСС с использованием измерений РСДБ / А.Ю. Данилок, А.Н. Жуков, А.В. Забкрицкий [и др.] // Труды Института прикладной астрономии РАН. 2007. № 16. С. 20-28. – EDN NUMAUJ.
- [5] Радиосвязь в заполярье [Электронный ресурс] // Энциклопедия выживания. URL:<https://survinat.ru/2010/06/radiosvyaz-v-zapolyare/>