

СОВМЕСТНАЯ ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ЦИКЛЕ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОТ УГЛОВЫХ И КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В ОДНОБАЗОВОЙ СИСТЕМЕ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ

П.Ю. Седышев², С.И. Хмелевский¹, А.А. Коваль¹, М.Г. Иванец¹

(¹Харьковский университет Воздушных Сил,

²Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил)

Рассматриваются возможности однобазовой системы пассивной радиолокации использующей принципы параметрической триангуляции и угломерно-разностно-дальномерный метод с корреляционным отождествлением. Представлена структурная схема однобазового угломерно-разностно-дальномерного комплекса пассивной локации с двухуровневой системой первичной обработки информации (оценка параметров сигналов, координат и т.д.).

многопозиционные системы, угломерно-разностно-дальномерный метод, корреляционное отождествление

Постановка проблемы. Повышение требований к точности определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ) вынуждает специалистов развивать новые и усовершенствовать имеющиеся направления в области пассивной локации. Среди известных методов пассивной локации особое внимание уделено угломерно-разностно-дальномерным системам [1 – 3]. Это связано с возможностью определения координат ИРИ с наилучшими по сравнению с другими методами точностными характеристиками [1, 3].

В настоящее время для проведения координат источников собственного излучения в радиодиапазоне нашли широкое применение разнесенные корреляционно-базовые системы. В сложной помеховой обстановке возможности таких систем по выделению полезных сигналов на фоне помех оказываются ограниченными. Причины подобного ограничения могут быть [1, 6]:

– большая интенсивность помех по сравнению с интенсивностью полезного сигнала;

– недостаточный динамический диапазон и неидентичность трактов устройства многоканальной обработки;

– малые пространственные (угловые и поляризованные) и частотно-временные различия сигналов и помех.

© П.Ю. Седышев, С.И. Хмелевский, А.А. Коваль, М.Г. Иванец

132

ISSN 1681-7710. Системи обробки інформації, 2005, випуск 6 (46)

Особенно неблагоприятными оказываются условия для выделения полезных отраженных сигналов от целей, содержащихся на своем борту источники шумовых помех.

Анализ литературы. Последние публикации, посвященные преимуществам многопозиционной активно-пассивной радиолокации, свидетельствуют об ускоренном темпе практического внедрения принципов разнесенного приема сигналов с использованием техники когерентной обработки радиолокационных сигналов [4, 5]. Несмотря на прогресс в развитии новых технологий и освоение новых диапазонов электромагнитных волн, в условиях Земли сейчас и в обозримом будущем с точки зрения зон и информативности систем разведки и мониторинга воздушно-космических объектов по-прежнему нет альтернативы использованию радиодиапазона волн [5, 8]. В то же время снижение радиолокационной заметности всех типов целей требует увеличения энергетического потенциала средств активной радиолокации, а повышение чувствительности датчиков и информационных возможностей средств и методов радиотехнической разведки (РТР) и электронного противодействия активным РЛС, сохраняет уязвимость активных радиолокационных систем от средств радиоэлектронной борьбы. Это обстоятельство предопределяет всю важность дальнейшего развития активно-пассивных радиолокационных систем, способных работать во всех освоенных диапазонах волн и рационально использовать известные методы оценки координат и распознавания неизлучающих и излучающих объектов. При этом должны быть учтены потенциальные ограничения, которые определяются структурой многопозиционной системы и пространственно-временной и частотной когерентностью радиолокационных сигналов с учетом условий распространения радиоволн. Особое внимание уделяется когерентным бистатистическим РЛС (БРЛС) с разнесенными или попарно совмещенными приемными и передающими позициями, которые должны стать универсальной основой для объединения в когерентные (или синхронные) информационные многопозиционные системы различного вида базирования [5, 7]. На основе сравнительного анализа принципов получения координатной информации и методов измерения параметров сигналов ИРИ в системах пассивной радиолокации, которые удовлетворяют требованиям к качеству информационного обеспечения различных родов войск ПВО и прежде всего ЗРВ, ос-

новным следует считать угломерно-разностно-дальномерный метод (УРДМ) пассивной радиолокации [1, 2, 3, 8].

Цель статьи: показать преимущества однобазовой системы пассивной радиолокации использующей принципы параметрической триангуляции и УРДМ с корреляционным отождествлением.

Изложение основного материала. Преимущества УРДМ могут быть полностью реализованы в комплексах пассивной локации (КПЛ) с высокой пропускной способностью и необходимым темпом выдачи информации в системе ПВО только при оперативном использовании данных о параметрах сигналов и угловом положении ИРИ, полученных многопозиционным активно-пассивным РЛК. Характеристики точности при круговом обзоре требуют много базового построения КПЛ, в то время как сложность технической реализации и боевого применения, стоимость разработок и эксплуатации таких систем заставляют искать пути упрощения КПЛ путем минимизации числа измерительных баз.

Повышение точности измерения координат ИРИ может быть достигнуто УРДМ, который требует длительного времени совместного наблюдения ИРИ разнесенными приемными системами КПЛ, необходимого для обнаружения сигналов с неизвестными параметрами и оценки разности времени их прихода в пункты приема. В этом случае отмеченные противоречия могут быть преодолены путем построения комбинированной двухуровневой системы пассивной радиолокации: двух или многопозиционной угломерной (триангуляционной) и угломерно-разностно-дальномерной (рис. 1 и 2).

Как показано на рис. 1 и 2 функционирование такой двухуровневой системы обнаружения, селекции и сопровождения ИРИ может быть реализовано при обеспечении межпозиционного обмена данными измерений, когерентными сигналами и сигналами синхронизации.

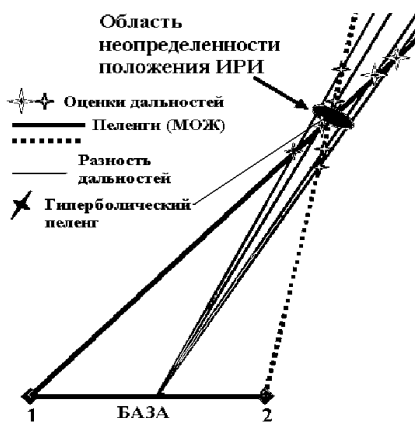


Рис. 1. Многоэтапная процедура совместной оценки координат

ний, когерентными сигналами и сигналами синхронизации.

В системе первого уровня каждым пеленгатором производится непрерывный круговой обзор пространства по направлению и частоте (панорамный обзор). Здесь обеспечивается обнаружение, пеленгование, сопровождение и распознавание каждого ИРИ, что дает возможность измерить координаты ИРИ триангуляционным параметрическим методом, путем построения системы пер-

вичной обработки информации (оценка параметров сигналов, координат и т.д.) (ПОИ) по данным измерений пеленгов по каждой цели на одной базе, а также определить из всей совокупности обнаруженных ИРИ приоритет целей по важности и очередности их обслуживания.

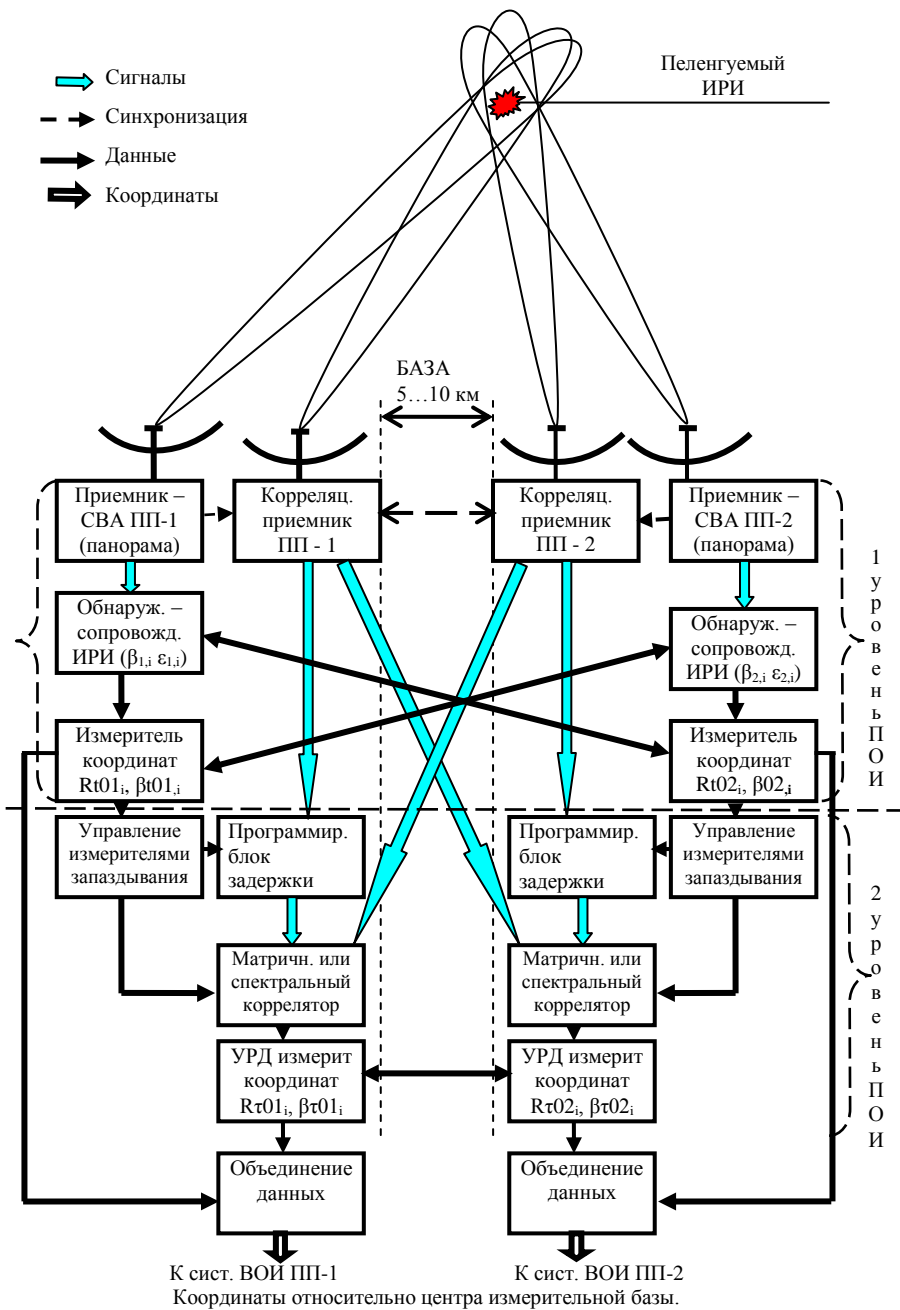


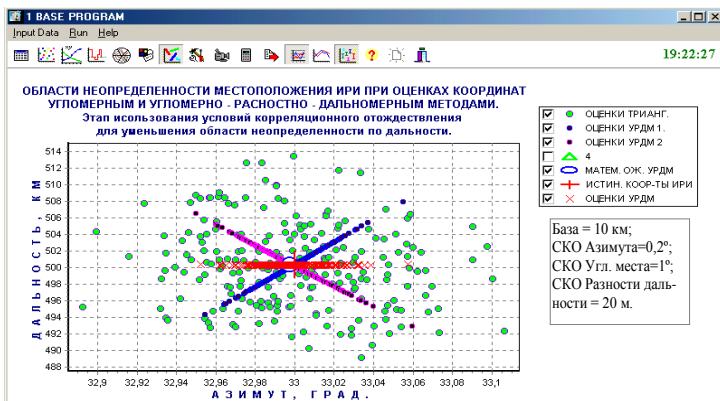
Рис. 2. Структурная схема однобазового угломерно-разностно-дальномерного КПИ с двухуровневой системой ПОИ

В системе второго уровня вся информация об измеренных пеленгах и оценках дальности каждого выбранного для сопровождения ИРИ используется для программного управления сканирующими антеннами приемных позиций (кольцевыми ФАР с электронным сканированием) для согласования обзора пространства в разностно-дальномерных каналах и управления диапазоном наблюдения по разности запаздывания в корреляционных измерителях, что позволяет ускорить поиск и корреляционное обнаружение цели в малом интервале временного запаздывания, увеличить время когерентного накопления сигнала ИРИ, необходимого для повышения дальности действия, точности измерения координат и сопровождения. Кроме того, использование избыточной информации от равноценных измерителей в приемном пункте 1 (ПП-1) и приемном пункте 2 (ПП-2) дает возможность применить простые методы корреляционного отождествления измерений, осуществить ортогонализацию нелинейной (угломерно-гиперболической) системы координат и путем компенсации существенно уменьшить свойственные этим системам смещения оценок измерений на границах секторов обзора по азимуту и углу места. Концепция адаптации здесь применяется: к многоэтапным процедурам совместной оценки координат с использованием принципов пеленгационно-«параметрического» отождествления по частотно-временным параметрам для выработки данных управления спектральными корреляторами на первом этапе и корреляционного отождествления на измерительной базе, обеспечивающего минимизацию смещений - на втором (рис. 1). Эти утверждения подтверждаются имитационным моделированием КПЛ, изображенного на рис. 2. Результаты моделирования показаны на рис. 3, а, б. На рис. 3, а левая наклонная линия соответствует пересечению гиперboloида вращения в левой координатной системе и усредненной дальности, правая линия – пеленг математического ожидания и оценка дальности в правой системе координат. Корреляция обеспечивает компенсацию смещения по дальности (рис. 3, а) и, следовательно, компенсацию смещения по пеленгу (рис. 3, б). При использовании совокупности совместных оценок всех измерителей однобазовой системы позволило реализовать в алгоритмах имитационного моделирования угломерно-разностно-дальномерных малобазовых КПЛ матричные методы, обеспечивающие автоматический отбор эффективных алгоритмов оценивания пространственных координат ИРИ при произвольном числе и случайном потоке первичных измерений угловых координат и разностей хода сигналов.

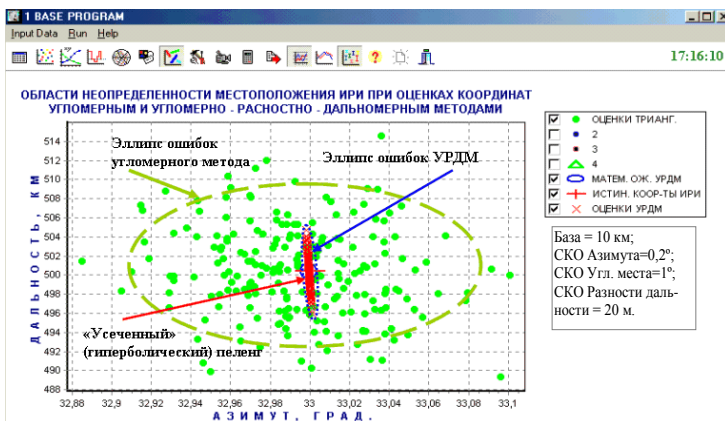
Основные достоинства малобазовых КПЛ наземного базирования, реализующих УРД метод:

– обеспечиваются требуемые параметры зоны обзора пространства и точностные характеристики на малых, средних и больших высотах;

- не ограничивается применение методов корреляционной обработки из-за пространственной декорреляции широкополосных сигналов;
- реализуется возможность использования для передачи когерентных сигналов в пункт обработки освоенных промышленностью линий связи в диапазоне частот вблизи верхней границы разведки частотного диапазона, где обеспечивается высокая скрытность, обусловленная высокой направленностью антенн и условиями распространения радиоволн.



а



б

Рис. 3. Принцип компенсации смещений азимута и дальности в однобазовом комплексе пассивной радиолокации

На рис. 4 показаны зависимости математического ожидания, среднеквадратического отклонения (СКО) дальности и азимута от азимутального положения цели для различных методов определения координат (триангуляционного и разностно-дальномерного) точности оценива-

ния азимута и дальности эталонной цели, которая движется по круговой траектории относительно центра базы.

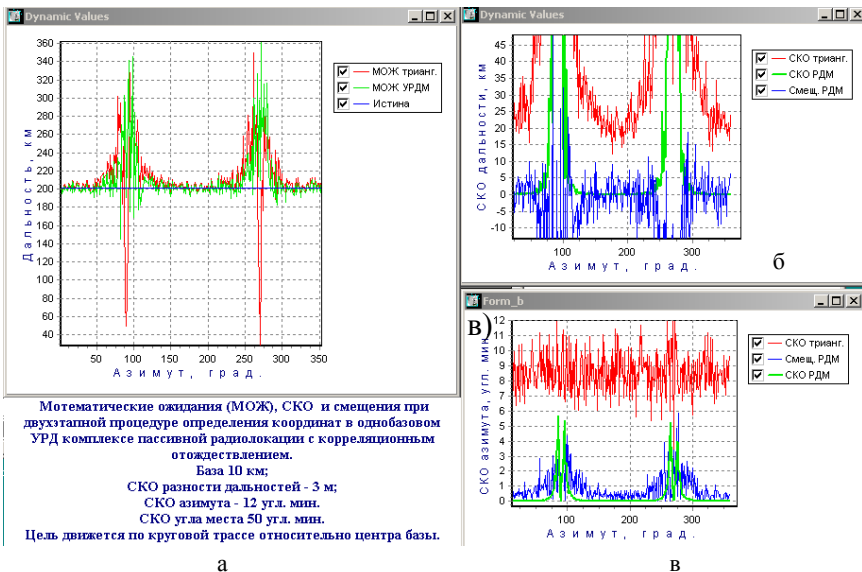


Рис. 4. Минимизация области пространственного положения цели

Из анализа рис. 4 (б, в) видно, что СКО оценок триангуляции и разностно-дальномерного метода в предложенном алгоритме с использованием математического ожидания не информативен, а основную роль играет дисперсия математического ожидания. При этом смещение оценок минимальны и не превышают по дальности 5 км. СКО определяется смещением математического ожидания. Смещения УРД симметричны относительно нуля, следовательно, при трассовом сопровождении в секторе ответственности будет не смещенная оценка вектора состояния цели по угловым координатам и по дальности. В результате происходит минимизация области пространственного положения цели в критических направлениях локации. Благодаря двухэтапной процедуре и совместной оценки параметров на первом этапе параметрического отождествления, а на втором этапе корреляционного отождествления на измерительной базе.

Выводы. Приведенные результаты имитационного моделирования в области создания единых систем активно-пассивной радиолокации указывают на их перспективность и возможность практической реализации на основе современных промышленных и компьютерных технологий. Единая система координат и измерительных констант позволяет оптимизировать решения задач радиолокационного наблюдения, как в

активном, так и пассивном режимах и унифицировать системы измерения координат целей и с целью минимизации смещений и флюктуационных ошибок при избыточности разнородных измерений, а также использовать адаптивные принципы корреляционного и координатно-параметрического отождествления при объединении информации.

Целесообразно использование однобазовых вариантов УРД КПЛ и их применимости в качестве средства целеуказания огневым средствам ПВО и средства единого разведывательно-информационного поля.

1. УРД КПЛ на одной измерительной базе с однотипными измерителями угловых координат и времени запаздывания ИРИ и внутреннего информационного взаимодействия на основе данных сети двух станций радиотехнической разведки высокой точности (СРТР ВТ). При этом не исключается и расширение сети однотипных СРТР в многобазовой структуре.

2. УРД КПЛ с измерительными базами в виде симметричной или асимметричной трех лучевой звезды и внутреннего информационного взаимодействия на основе данных одной СРТР ВТ. Все измерители угловых координат и времени запаздывания находятся на центральном пункте приема.

3. Наличие двух базовых вариантов КПЛ не исключает возможности их совместного применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
2. Алмазов В.Б. Методы пассивной радиолокации. – Х.: ВИРТА, 1974. – 86 с.
3. Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков Л.Н. Многопозиционные радиотехнические системы. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.
4. Griffiths H.D. *From a Different Perspective: Principles, Practice and Potential of Bistatic Radar* // IEEE Int. RADAR2003. – Australia. – 3-5 September, 2003. – P. Ra031000.pdf. Adelaide.
5. Michael C. Wicks. *Radar the Next Generation - Sensors as Robots* // IEEE Int. RADAR2003. – Australia. – 3-5 September, 2003. – P. Ra031002.pdf, Adelaide.
6. Алмазов В.Б., Белов А.А., Кокин В.Н., Рябуха В.П. Теоретические основы радиолокации. – Х.: ХВУ, 1996. – 466 с.
7. Караваев В.В., Сазонов В.В. Статистическая теория пассивной локации. – М.: Радио и связь, 1987. – 240 с.
8. Я.Д. Ширман и др. Радиозлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО "МАКВИС", 1998. – 828 с.

Поступила 29.06.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор О.В. Полярус,
Харьковский университет Воздушных Сил.