

Радиолокация по сигналам сторонних источников. Часть 1: современное состояние



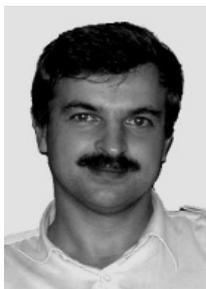
А. В. Бархатов,
С. Н. С.
e-mail: aleksbar@yandex.ru



В. И. Веремьев,
К. Т. Н.,
директор НИИ «Прогноз»
e-mail: ver_vi@mail.ru



Д. А. Ковалев,
аспирант
e-mail: kovalevdmityrspb@gmail.com



А. А. Коновалов,
Н. С.
e-mail: al_an_kon@mail.ru



В. Н. Михайлов
Н. С.
e-mail: VNMIhaylov@yandex.ru

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)**

В статье рассматриваются вопросы теории и практики полуактивной радиолокации (ПАРЛ), особенностью которой является использование сигналов сторонних источников. Сравниваются такие сторонние источники, как передатчики радиовещания, телевещания, сотовой связи. Нарисован облик современной системы ПАРЛ.

Ключевые слова: бистатическая радиолокация, полуактивная радиолокация, пассивная когерентная РЛС, цифровое наземное вещание, DRM, DVB-T2.

Введение

Радиолокацию определяют как область науки и техники, объединяющую методы и технические средства обнаружения, измерения координат, параметров движения и некоторых других характеристик различных объектов, основанные на использовании радиоволн, излучаемых, ретранслируемых или рассеиваемых этими объектами [1]. По способу использования излучения радиолокацию обычно подразделяют на активную и пассивную. Активные радиолокационные системы излучают в пространство электромагнитную энергию и обнаруживают отраженные от целей сигналы. Пассивная радиолокация основана на регистрации сигналов, излучаемых самими целями.

С середины 1990-х гг. стало развиваться такое направление радиолокации, как *полуактивная радиолокация* (ПАРЛ). Суть его заключается в том, что на приемной позиции регистрируются сигналы, отраженные от цели, однако излученные не собственным передатчиком РЛС, а неким внешним по отношению к системе, или как говорят, *сторонним* передатчиком. Сигналы стороннего передатчика называют сигналами *подсвета*. Чаще всего в качестве подсвета используют сигналы вещательных (радио- и телевизионных) передатчиков, мобильных телефонных сетей, спутниковых навигационных систем и т.д. ПАРЛ представляет собой соединение идей пассивной и активной локации: от первой — отсутствие собственного передатчика, от второй — прием отраженных сигналов. Кроме того,

поскольку в полуактивной системе естественным образом реализуется пространственное разнесение передатчика и приемника, она является разновидностью бистатической РЛС, следовательно, для нее применима вся теория бистатической локации.

Основные достоинства и недостатки ПАРЛ системы (ПАРЛС) связаны с отсутствием в ее составе собственного передатчика. Из достоинств отметим меньшую стоимость производства, размещения и эксплуатации, отсутствие необходимости выделения частоты, отсутствие вредного воздействия на окружающую среду и помех другим радиотехническим устройствам. Среди недостатков — отсутствие контроля за передатчиком: его местоположение, тип сигнала, режим работы не зависят от РЛС и их нельзя как-то настраивать в интересах локационной системы (впрочем, возможен вариант, когда в качестве источника сигнала подсвета используется передатчик, похожий на обычный вещательный, но на самом деле согласованный с приемной позицией (ПП) ПАРЛС). Кроме того, достоинством ПАРЛС является возможность формирования произвольной зоны наблюдения за счет широкой (как правило) сети достаточно мощных передатчиков подсвета и оптимального выбора местоположения ПП. С другой стороны, следует отметить, что ПАРЛ — технологически сложный метод, требующий использования особого оборудования и высокоэффективных алгоритмов обработки. Тем не менее совокупность преимуществ ПАРЛ, особенно проявившихся в связи с развитием наземного цифрового вещания, обусловила значительный интерес к использованию этой технологии для решения радиолокационных задач.

1. Примеры ПАРЛС

Работы по созданию ПАРЛС, использующих сигналы подсвета вещательных передатчиков, проводятся с конца 1990-х гг., в результате чего ряд стран (США, Великобритания, Франция, Германия, Польша, Чехия, Беларусь) создали действующие системы или макеты, работающие по этому принципу. Первой из таких систем стала американская ПАРЛС Silent Sentry («Сайлент Сентри», «немой страж») компании Lockheed-Martin, использующая излучение ТВ- и FM-передатчиков. Затем последовала британская ПАРЛС Celldar (2003) (от CELLular raDAR) разработки Roke Manor, использующая излучение сотовой телефонной сети стандартов GSM 900, 1800 и 3G. На базе Celldar разрабатываются пассивные системы, использующие иные сигналы подсвета, например, Wi-Fi. Европейской компанией Thales разработана ПАРЛС Homeland Alerter 100, предназначенная для получения данных о малоскоростных маловысотных воздушных целях (в том числе беспилотных аппаратах, крылатых ракетах и целях, создаваемых по технологии «Stealth») и использующая сигналы цифровых радиовещательных станций УКВ-диапазона и аналоговых ТВ-передатчиков. В родственной ПАРЛС SINBAD этой же компании используются уже наземные цифровые ТВ-передатчики стандарта DVB-T. Своя ПАРЛС есть и у чешской фирмы ERA. Существует также множество разработок

исследовательского характера: CORA (FGAN, Германия), CASSIDIAN PARADE (Cassidian Electronics), PaRaDe (Варшавский технологический университет) (PARADE — от Passive Radar Demonstrator) и др. Об интенсивности работ в области ПАРЛ за рубежом свидетельствует и постоянное обсуждение этой темы на конференциях и на страницах профильных журналов: так, вопросам ПАРЛС целиком посвящены спецвыпуски сразу нескольких журналов сообщества IEEE (Radar, Sonar and Navigation [2], два номера Aerospace and Electronic Systems Magazine [3, 4]).

Россия и страны СНГ также не стоят в стороне от исследования принципов и построения систем ПАРЛ. Так, в конце 1990-х гг. под руководством А. Е. Охрименко на специально созданном в Минске предприятии «Алевкурп» была разработана первая в СНГ ПАРЛС «Поле», работавшая по сигналам аналогового телевидения. В последние годы авторский коллектив с участием А. Е. Охрименко, П. Г. Семашко, Н. Г. Пархоменко и др. (ФГУП «ГКБ Связь», Ростов-на-Дону) активно занимается исследованием возможности построения ПАРЛС на основе сигналов цифровых вещательных станций. В КВ-диапазоне в странах СНГ вопросами ПАРЛ занимаются НИИДАР (Москва), Харьковский институт радиопизики и электроники, ФГУП «МКБ Электрон» (Москва). Работы по схожей тематике, связанной с построением многопозиционных радиолокационных систем, в том числе с разнесенными в пространстве передающими и приемными позициями, выполняются и в СПбГЭТУ. Следует отметить, что в России интерес к ПАРЛС проявляется пока на теоретическом уровне и на уровне создания экспериментальных макетов, и кроме того, имеющиеся работы рассматривают уже не действующий стандарт DVB-T.

2. Типы ПАРЛС

Различают ПАРЛС когерентные, называемые за рубежом пассивными когерентными РЛС (Passive Coherent Location Radar, PCL), и некогерентные. ПАРЛС в общем случае состоит из нескольких разнесенных в пространстве передающих и приемных позиций. ПАРЛС могут быть бистатическими (один приемник и один передатчик) (рис. 1) и мультистатическими («несколько приемников — один передатчик», «несколько передатчиков — один приемник», «несколько передатчиков — несколько приемников»). Мультистатические ПАРЛС могут быть одночастотными,

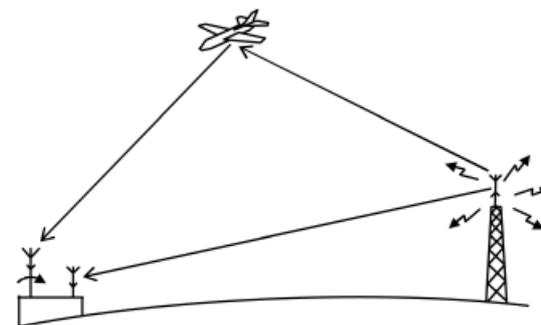


Рис. 1. Полуактивная РЛС

т. е. принимать сигналы от нескольких передатчиков, работающих на одной частоте, и многочастотными. Могут располагаться на поверхности Земли, на борту летальных аппаратов.

Отличительной особенностью когерентных систем является наличие двух каналов приема — прямого и переотраженного цели сигналов (рис. 1). В системе измеряется временной интервал между поступлением этих сигналов. Это позволяет определить пространственные координаты цели, если на ПП измеряется направление на цель. С точки зрения обработки сигнала пассивную когерентную РЛС отличает вычисление взаимной корреляционной функции прямого и переотраженного сигналов. Некогерентным ПАРЛС для измерения координат цели требуется не менее двух ПП при пеленгационном (угломерном) и не менее трех ПП при разностно-дальномерном (гиперболическом) способах определения координат цели. Все упомянутые в предыдущем разделе ПАРЛС являются когерентными. Ниже также обсуждается только когерентная ПАРЛС.

Кроме дальности и направления, ПАРЛС измеряет бистатистический доплеровский сдвиг частоты отраженного сигнала. Совокупность всех измерений позволяет вычислить координаты, курс и скорость цели. При использовании в системе нескольких передатчиков и/или приемников наличие нескольких бистатистических измерений может существенно улучшить результирующую точность. В мультистатистической ПАРЛС при наличии синхронных измерений несколькими ПП возможно одномоментное измерение полного вектора скорости цели.

Потенциальные характеристики ПАРЛС существенным образом зависят от вида используемого сигнала, а именно от структуры его функции неопределенности (ФН). На рис. 2 приведен пример ФН сигнала цифрового радиовещания DRM, полученного в точке, удаленной от источника вещания на расстояние около 800 км. По осям отложены доплеровское смещение частоты f_d и задержка τ . Яркость показывает значение функции относительно максимума в децибелах. Ширина основного пика ФН определяет разрешающую способность сигнала по дальности и по радиальной скорости цели. Боковые лепестки ФН мощного сигнала могут маскировать слабые сигналы

или создавать неоднозначность измерения дальности и радиальной скорости.

Рассмотрим основные источники излучения, которые можно использовать для подсвета целей в ПАРЛС.

FM- и УКВ-вещание. Частота 66–108 МГц. Передатчики располагаются на высоких мачтах или башнях. Антенны в горизонтальной плоскости обычно всенаправлены, в вертикальной — не излучают вверх. Плотность мощности здесь довольно существенна. Передатчики ставятся в основном в городских и пригородных зонах. В этих местах ПП ПАРЛС могут использовать сигналы до 4–5 передатчиков достаточной мощности. Станции стоят в основном внутри страны, их нет на границах и побережьях, т. е. не везде есть возможность работать (в море, в горах, пустынях и пр.). ФН зависит от передаваемого сообщения (контента). Чем шире спектр сообщения и чем меньше пауз, тем лучше ФН. Хуже всего она при передаче речевых сообщений, сигнал которых имеет узкий спектр шириной порядка 3 кГц, много пауз, лучше — при передаче музыки, особенно джаза (спектр до 20 кГц). Разрешающая способность (РС) по бистатистической дальности относительно невелика: от 3 до 33 км. При этом она меняется в зависимости от передаваемого сообщения.

Аналоговое телевидение. Частоты до 500–600 МГц. Полоса сигнала 8 МГц, при этом весьма изрезана: отдельно передаются видеосигнал, сигнал цветности, аналоговое аудио, цифровое аудио. Полоса видеосигнала 5,5 МГц, что соответствует РС по бистатистической дальности 54,5 м. Антенны — всенаправленные по азимуту, излучают вниз. Есть неопределенность измерения дальности, связанная с периодом передачи линий изображения. Составляет 9,6 км. У сигнала цветности ярко выражена периодичность. Звуковой сигнал похож на речевое FM-сообщение.

Сотовые телефонные сети. Сети стандарта GSM работают на частоте 900 и 1800 МГц. Полоса 25 МГц для отдельной станции поделена на 125 FDMA-каналов по 200 кГц, что составляет полосу сигнала подсвета. Таким образом, РС при использовании сотовых сигналов хуже, чем при использовании ТВ-сигналов. Кроме того, частота выделяется абоненту динамически, поэтому излучения в данный момент и на конкретной частоте может не быть. У 3G-сетей частота сигнала 2 ГГц, разные виды модуляции. Минимальная полоса у модуляции QPSK — 3,84 МГц, что также меньше, чем у ТВ-сигнала. Антенны имеют сектор 120° (их может быть не одна, а 2 или 3), излучение направлено вниз. Мачты разнесены на 10 км. Основная тенденция развития — ставить передатчики меньшей мощности, но более часто. Сигналы сотовой связи использует только система Celllar.

Более экзотичным представляется использование в ПАРЛС передатчиков спутниковых радиотехнических систем различного назначения (теле- и радиовещание, связь, навигация). Их преимуществом является полное покрытие, существенным недостатком — слабая мощность сигнала.

Тенденция последних лет — рост интереса к разработке ПАРЛС, использующих сигналы наземного цифрового вещания — радиовещания стандарта

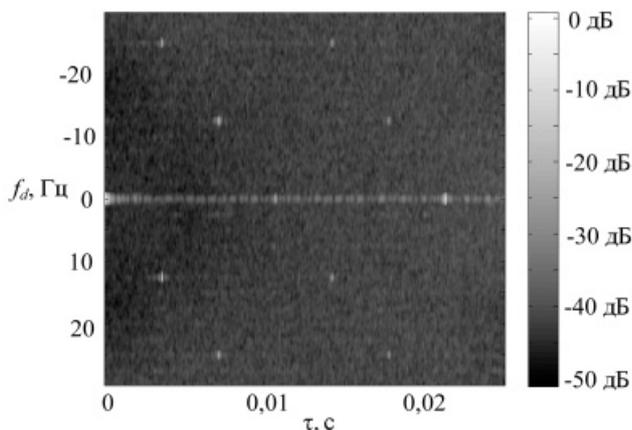


Рис. 2. Функция неопределенности DRM-сигнала

DRM в КВ-диапазоне, радиовещания стандарта DAB и телевидения стандарта DVB-T и DVB-T2 в УКВ-диапазоне. Это обусловлено, в первую очередь, лучшими свойствами ФН цифровых сигналов. Рассмотрим более подробно сигналы стандартов DRM и DVB (вещание в стандарте DAB на территории России не ведется).

DRM (Digital Radio Mondiale — всемирное цифровое радио) — многофункциональная система цифрового радиовещания, которая предназначена для применения в диапазонах частот до 30 МГц. В системе DRM предусмотрено использование каналов, занимающих полосы частот шириной 4,5; 5; 9; 10; 18 и 20 кГц. Полоса 20 кГц соответствует РС по бистатической дальности 15 км.

Использование сигналов DRM в ПАРЛС представляет интерес в силу того, что короткие волны, на которых ведется DRM-вещание, обладают способностью загоризонтного распространения: за счет рефракции — через ионосферу (режим пространственной волны), на расстояние приблизительно от 800 до 3000 км при одном отражении от ионосферы; и за счет дифракции — вдоль земной поверхности (режим поверхностной волны). При этом дальность действия КВ РЛС поверхностной волны составляет до 400 км.

По сравнению с сигналами радиовещания с амплитудной модуляцией, которое также ведется на КВ, сигналы DRM предпочтительнее, так как ФН DRM-сигнала практически не зависит от содержания (контента).

Передающие центры радиовещания в КВ-диапазоне излучают большую мощность по сравнению с мощностью вещательных станций в других диапазонах. Поскольку расстояние между DRM-передатчиком и приемником КВ ПАРЛС, оптимальное для односкачкового механизма распространения пространственной волны, составляет примерно 1000–2000 км, для европейской части России доступно большое число станций, размещенных в Европе.

DVB-T (Digital Video Broadcasting — Terrestrial) — европейский стандарт эфирного (наземного) цифрового телевидения, утвержденный и в РФ. В настоящее время стандарт DVB-T является устаревшим, и во всех странах, в том числе и в России, постепенно заменяется на новый, усовершенствованный стандарт второго поколения DVB-T2. Сигналы DVB-T могут иметь полосы 5; 6; 7; 8 МГц, сигналы DVB-T2 — 1,7; 5;

6; 7; 8; 10 МГц. ФН сигнала DVB, так же, как и сигнала DRM, не зависит от контента.

При использовании сигнала DVB-T в системе полуваттной локации могут быть получены следующие характеристики (на примере сигнала на частоте 583 МГц, в режиме 8К): РС по бистатической дальности 0,04 км, максимальный уровень бокового лепестка ФН минус 26,3 дБ. В настоящее время сеть цифрового наземного вещания в России находится в стадии формирования. Так, в Санкт-Петербурге сигнал первого мультиплекса транслируется в формате DVB-T2 на частоте 586 МГц (35-й дециметровый канал), мощность передатчика 5 кВт.

Сравнение систем ПАРЛ (табл. 1 [5]) можно проводить по: обеспечиваемой сторонним передатчиком плотности потока энергии, покрытию, ФН. В табл. 1 *P* и *G*, соответственно, мощность передатчика и коэффициент усиления передающей антенны.

Наиболее важный, на наш взгляд, критерий для сравнения — ФН. По этому критерию сигналы цифрового вещания несомненно предпочтительнее сигналов аналогового вещания.

3. Этапы практической реализации ПАРЛС

Выбор сигнала подсвета и схемы построения ПАРЛС диктуется прежде всего назначением и требуемыми характеристиками ПАРЛС. Например, при необходимости освещения обстановки в удаленных районах и относительно невысоких требованиях к точности определения координат следует использовать сигналы радиовещательных КВ-передатчиков, предпочтительнее — стандарта DRM. При необходимости получения точных оценок координат и параметров целей на меньших дальностях — сигналы телевидения УКВ-диапазона, предпочтительнее — DVB-T2.

Многопозиционная ПАРЛС, как отмечалось выше, дает возможность точнее определять координаты целей, позволяет за одно измерение оценить вектор скорости цели.

Многодиапазонная ПАРЛС объединяет преимущества разных типов сигналов подсвета. Например, ПАРЛС CORA, используя сигналы FM, DAB и DVB-T, обеспечивает: большую дальность действия по низколежачим целям (при низкой РС) с FM-сигналом; высокую РС по скорости за счет большого времени накопления и приемлемую РС по дальности (200 м)

Таблица 1

Параметры сторонних источников

Вещание	Частота, МГц	Модуляция	Ширина полосы, кГц	РС, кВт (типичное)	Плотность потока энергии, дБ/(Вт/м ²)
КВ (аналоговое и цифровое)	10–30	DSB AM DRM	9 10	50000	–67...–53 на дальности 1000 км
УКВ/FM (аналоговое)	~100	FM	50	250	–57 на дальности 100 км
ТВ (аналоговое)	~550	Vestigial-sideband AM (видео), FM (звук)	5500	1000	–51 на дальности 100 км
DAB	~220	Цифровая, COFDM	220	10	–67...–53 на дальности 100 км
DVB-T	~750	Цифровая	6000	8	–71 на дальности 100 км
Мобильная телесеть GSM	900, 1800	GMSK, FDM/TDMA/FDD	200	100	–72 на дальности 10 км
Мобильная сеть 3G	~2000	CDMA	3840	0,1	–81 на дальности 10 км

для низко- и средневысотных целей с DAB; высокую РС (до 40 м) с DVB-T.

При выборе оптимального местоположения приемной позиции ПАРЛС можно использовать различные критерии оптимальности: максимизировать отношение сигнал/шум, отношение сигнал/помеха (под помехой в первую очередь понимается мощный прямой сигнал передатчика), точность измерения дальности, зависящую от взаимного положения приемника, передатчика и цели, точность измерения скорости, зависящую помимо геометрии системы еще и от направления движения цели, и т.д.

Известен метод определения местоположения ПП ПАРЛС, в основе которого лежит расчет энергетических соотношений в разных точках пространства и их сравнение со значениями, обеспечивающими решение задачи обнаружения [6]. Он исходит из того, что обнаруживаемый объект представляет собой низколетящую цель, использующую рельеф местности в качестве своеобразного укрытия. Задача ПАРЛС заключается в ее обнаружении в заранее заданной точке пространства, например, где моностатическая РЛС имеет слепую зону. Недостатком метода является то, что он оптимизирует координаты приемника для работы в одной точке.

Возможен другой подход, максимизирующий отношение сигнал/шум не для одной точки, а для некоторой области. Методика определения положения ПП заключается в следующем. Зафиксируем координаты передатчика, зададим зону ответственности ПАРЛС и множество возможных положений ПП. Для каждого положения ПП в каждой точке зоны ответственности оценим мощность сигнала на входе ПП. Очевидно, что из всех возможных положений ПП выбрать следует такое, при котором достигается максимальная суммарная мощность для всех точек в зоне ответственности.

Этот метод можно распространить на случай, когда ПП использует сигналы нескольких передатчиков. В этом случае при расчете выполняется суммирование мощностей передатчиков для каждой точки. Кроме того, если какой-либо части зоны ответственности придается большая важность, это можно учесть введением соответствующих весовых коэффициентов.

Разработка алгоритмов обработки сигналов и техническая реализация антенн и приемников. Схема когерентной ПАРЛС требует наличия двух каналов приема: для прямого и переотраженного сигналов. Соответственно, ПП должна иметь два приемных канала и устройство совместной обработки для этих каналов. К каналу прямого сигнала не предъявляются серьезных требований, поскольку прямой сигнал достаточно мощный и направление на передатчик хорошо известно (антенна в этом канале может быть всенаправленной). Напротив, антенна в канале переотраженного сигнала должна быть узконаправленной и сканирующей (либо многолучевой).

Основной проблемой, которую следует решить в ПАРЛС, является обнаружение слабых отраженных сигналов на фоне мощного прямого (по различным оценкам, отраженный сигнал может быть на 100 и более децибел меньше прямого) и мощных отражений от подстилающей поверхности (превышающих

уровень отраженного на 10–50 дБ в зависимости от типа поверхности) и местных предметов. Решение этой проблемы требует принятия комплекса мер, среди которых:

- размещение антенны канала переотраженного сигнала в области затенения прямого сигнала с использованием рельефа местности или искусственных сооружений;
- электродинамическое экранирование прямого сигнала (например, с помощью сетчатого экрана);
- поляризационная режекция прямого сигнала: при отражении сигнала от цели происходит деполяризация и появление кроссполяризации, при приеме только кроссполяризационной составляющей энергетические потери составят 3 дБ, тогда как ослабление прямого может достигать 10 дБ [7];
- использование приемников с большим динамическим диапазоном;
- формирование в ходе пространственно-временной обработки нуля диаграммы направленности в направлении на передатчик;
- спектрально-временная режекция прямого сигнала при когерентной обработке переотраженного сигнала.

В настоящее время типичным для ПАРЛС является применение многоэлементных (8–16 элементов) антенных решеток с синтезируемой цифровым способом диаграммой направленности и многоканальных цифровых приемников. В последнее время появляются схемы антенных систем, где одна антенна в виде двумерного массива излучателей обеспечивает прием прямого и отраженного сигналов, а также измерение азимута и угла места [4].

Важнейшей частью ПАРЛС является устройство обработки сигналов, причем тенденцией последнего времени является переход к концепции так называемой *Software Defined Radar*, т. е. полностью цифрового локатора (по этой схеме построены, в частности, немецкая ПАРЛС CORA и польская PaRaDe). Типичная последовательность действий, выполняемых в ходе цифровой обработки сигналов в ПАРЛС, включает в себя:

- оцифровку сигналов на несущей частоте;
- цифровое формирование диаграммы направленности — сигналы всех антенн подвергаются весовому суммированию с целью получения одного луча для прямого сигнала и нескольких для отраженных;
- декодирование прямого сигнала (для цифровых сигналов DRM/DAB/DVB-T) и его обратная кодировка с целью получения эталонной копии сигнала передатчика, свободной от шумов и искажений;
- устранение нежелательных копий прямого сигнала из канала переотраженного (просачивание прямого сигнала, отражений от местных предметов, подстилающей поверхности, многопутных копий при ионосферном распространении), для чего используются специальные методы пространственно-временной обработки, такие как ECA (Extensive Cancellation Algorithm, алгоритм подавления интенсивных сигналов), SCA (Sequential Cancellation Algorithm, последовательный алгоритм подавле-

ния), а также более традиционные алгоритмы на основе методов наименьших квадратов (МНК, нормализованный МНК, рекурсивный МНК), трансверсальных адаптивных фильтров;

- вычисление взаимной функции неопределенности (ВФН) прямого и переотраженного сигналов;
- анализ ВФН с целью обнаружения целей, при этом могут использоваться алгоритмы CFAR (Constant False Alarm Rate), которые обеспечивают постоянный уровень ложных тревог;
- оценка параметров сигнала: измерение бистатистических задержки и доплеровского смещения частоты, азимута и угла места;
- оценка положения и скорости цели на основе полученных оценок параметров сигнала и известных координат передатчика подсвета;
- вычисление полного вектора скорости и иных параметров движения цели в ходе траекторного сопровождения.

В следующей части статьи освещены перспективы применения ПАРЛ для решения традиционных радиолокационных задач (мониторинг воздушного пространства, экологический мониторинг) и для расширения возможностей моностатических РЛС.

* * *

Статья подготовлена по результатам работы, выполненной при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.» (государственный контракт № 14.515.11.0031 от 19.03.2013).

Список использованных источников

1. Радиотехнические системы/Под. ред. Ю. М. Казаринова. М.: Академия, 2008.
2. Special Issue of IEEE Radar, Sonar and Navigation on Passive Radar Systems, № 3, 2005.
3. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. Special Issue on Passive Radar, part I, № 10, 2012.
4. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. Special Issue on Passive Radar, part II, № 11, 2012.
5. H. D. Griffiths, C. J. Baker. Passive coherent location radar systems. Part 1: performance prediction//IEE Proc., Radar Sonar and Navigation, Vol. 152. № 3, 2005.
6. C. Meier Hoyela, A. J. Terzuoli, R. P. Wasky. Determining possible receiver locations for passive radar//IEEE Proc. on Radar, Sonar and Navigation, № 3, 2005.
7. А. Е. Охрименко, Н. Г. Пархоменко, П. Г. Семашко. Методы подавления прямого сигнала в радиолокаторах с подсветом от широкополосных передатчиков//Электромагнитные волны и электронные системы, № 5, 2011.

Radars with transmitters-of-opportunity.

Part 1: state-of-the-art

A. V. Barkhatov, Senior Researcher, St. Petersburg State Electrotechnical University.

V. I. Veremjev, PhD, St. Petersburg State Electrotechnical University.

D. A. Kovalev, postgraduate student, St. Petersburg State Electrotechnical University.

A. A. Kononov, research associate, St. Petersburg State Electrotechnical University.

V. N. Mikhaylov, research associate, St. Petersburg State Electrotechnical University.

The paper deals with passive coherent radars used noncooperative transmitters such as radio broadcasting, TV broadcasting, cellular network transmitters. The aspect of the contemporary passive coherent radar is shown.

Keywords: passive coherent location, passive coherent radar, bistatic radar, noncooperative transmitter, terrestrial digital broadcasting, DRM, DVB-T.

Омские инновации заинтересовали потенциальных заказчиков

Омские разработки в сфере наукоемкого машиностроения, разработанные с использованием технологий двойного назначения, вызвали большой интерес на завершившемся международном форуме Технологии в машиностроении-2010», прошедшем в городе Жуковском (Московская область). Наибольший интерес отечественные и зарубежные участники выставки проявили к омским проектам, разработанным в рамках межрегиональной инновационной программы «Сибирское машиностроение».

На форуме успешно прошли переговоры представителей Правительства Омской области, предприятий региона и ключевых заказчиков инновационной продукции, среди которых значатся нефтегазовые компании «Роснефть», «Газпромнефть», «Российские железные дороги», — рассказал генеральный директор некоммерческого партнерства «Сибмаш» Валерий Жильцов. По его словам, достигнуты конкретные договоренности об участии индустриальных центров Прииртышья в поставках импортозамещающей наукоемкой продукции для данных бизнес-структур.

Так, интеллектуальные системы мониторинга оборудования для топливно-энергетического комплекса и железнодорожного транспорта на российский и зарубежный рынок предлагает омский НПЦ «Динамика». Метрологические комплексы нового поколения, предложенные заводом «Эталон», позволяют вывести на качественно новый уровень контроль над сложными машинами и механизмами. Омская фирма «Инсист-Автоматика» представила комплексную автоматизированную систему управления технологическими процессами. Всего в форуме «Технологии в машиностроении-2010» участвовали 12 предприятий из Прииртышья.

Напомним, что межрегиональная инновационная программа «Сибирское машиностроение» предполагает активное развитие диверсификации в оборонно-промышленном комплексе. Программа разработана по инициативе Правительства Омской области и поддержана на федеральном уровне. Ее участниками стали наиболее крупные промышленные предприятия Сибирского федерального округа. Предприятия Прииртышья, благодаря сохраненному при поддержке региональной власти производственному и научно-техническому потенциалу, определены головными в реализации двух подпрограмм – «Сибмаш-Транс» и «Сибмаш-ТЭК».