

Использование новых технологий для повышения эффективности многодиапазонного радиолокационного комплекса в режиме сопровождения

А.Д. Бомштейн, О.С. Шашин

В работе рассмотрена возможность использования новых радиолокационных технологий комплексирования РЛС разного диапазона для увеличения производительности РЛС программного обзора при ее работе в составе многодиапазонного радиолокационного комплекса. Рассмотрены факторы, влияющие на производительность РЛС программного обзора при ее практической реализации. Предложены способы уменьшения этого влияния и проведены количественные оценки.

Ключевые слова: радиолокационная станция, программный обзор, производительность, многочастотный сигнал.

1. Введение

В настоящее время наиболее эффективным средством получения радиолокационной информации являются радиолокационные станции (РЛС) с активными фазированными антенными решетками, называемые за рубежом многофункциональными РЛС (МРЛС). Благодаря двумерному электронному сканированию в таких РЛС могут быть реализованы секторный обзор пространства, малое время завязки трасс и высокий темп сопровождения. Кроме того, может быть увеличена дальность обнаружения, в том числе при воздействии помех, за счёт увеличения времени облучения в заданном направлении. Все это вместе взятое обеспечивает повышение качества радиолокационной информации при работе в сложной целевой и помеховой обстановке.

Однако, несмотря на более высокую эффективность МРЛС по сравнению с РЛС кругового обзора, при работе таких РЛС возникает трудно разрешимое противоречие, обусловленное одновременной ее работой в режиме поиска и сопровождения [1]. Противоречие заключается в том, что чем больше целей обнаружено, тем больше времени необходимо на их сопровождение. При большом количестве целей наступает момент, когда МРЛС будет вынуждена либо снижать рубежи обнаружения целей, чтобы сократить время на режим поиска, либо снижать темп сопровождения по некоторому количеству целей, чтобы сократить время на режим сопровождения. В результате в сложной целевой и помеховой обстановке возможности МРЛС не реализуются в полной мере ни в одном из двух основных режимов работы.

Вместе с тем, эти возможности реализуются в максимальной степени при работе МРЛС в составе многодиапазонного радиолокационного комплекса (РЛК), состоящего из многофункциональных РЛС различного диапазона волн (метрового и дециметрового или сантиметрового) с активными фазированными антенными решетками и двумерным электронным сканированием [2]. Особенностью таких РЛК является то, что входящие в их состав радио-

локационные модули работают не независимо, а адаптивно взаимодействуют друг с другом. Такое комплексирование РЛС разного диапазона, адаптивно взаимодействующих в рамках единого управления и совместной обработки информации, является новым направлением развития радиолокационной техники, которое позволяет объединить достоинства этих диапазонов: значительные рубежи обнаружения всех типов воздушных целей, в том числе мало-размерных и малозаметных, присущие длинноволновому диапазону, и высокоточное сопровождение целей с высоким темпом обновления информации в коротковолновом диапазоне.

В таком комплексе задачи поиска и сопровождения целей разделены между РЛС метрового диапазона, работающей в режиме регулярного обзора (РО), и РЛС дециметрового (сантиметрового) диапазона, работающей в режиме программного обзора (ПО) по целеуказанию, формируемому в результате совместной обработки данных по целям, полученным как РЛС РО, так и РЛС ПО. Такая новейшая радиолокационная технология взаимодействия РЛС разного диапазона позволяет РЛС ПО не тратить время на поиск воздушных объектов, а сосредоточить усилия на высокоточном сопровождении целей, обнаруженных РЛС РО.

В качестве интегральной оценки эффективности режима сопровождения при разработке РЛС обычно задается такой параметр, как производительность, определяемая как количество целей, сопровождаемых за один обзор с заданным качеством трассовой информации. Фактически эффективность режима сопровождения определяется временем, затрачиваемым на одну цель.

2. Оценка влияния временной задержки в обработке информации на производительность РЛС программного обзора

Предположим, что РЛС ПО облучает каждую цель ровно столько времени, сколько необходимо для её обнаружения и измерения координат с заданной точностью. Благодаря такому способу облучения происходит перераспределение времени между целями, обладающими большими эффективными поверхностями рассеяния (ЭПР) или находящимися на относительно малых дальностях, и целями, обладающими малыми ЭПР или обнаруженными на больших дальностях. Очевидно, что это время зависит от дальности до цели и ее ЭПР и является случайной величиной, поскольку цели в общем случае распределены по зоне обзора и по ЭПР случайным образом. Поэтому задача оценки производительности является статистической и сводится к оценке среднего времени облучения целей, имеющих случайное значение ЭПР и распределённых случайным образом по зоне обзора. В работе [3] получено общее выражение для среднего времени облучения цели до величины, соответствующей порогу измерения, для произвольного случайного распределения целей по зоне обзора и случайного значения их ЭПР:

$$t_{\text{изм.ср}} = \alpha q_{\text{изм}} \int_0^{2\pi} \int_0^{H_{\text{max}}} \int_0^{D_{\text{max}}(H)} D^5 \rho(D, H, \beta) dD dH d\beta \int_0^\infty \frac{1}{\sigma} w(\sigma) d\sigma, \quad (1)$$

где:

$\rho(D, H, \beta)$ – плотность вероятности распределения целей по зоне обзора с элементарным объемом $dV = DdDdHd\beta$, $w(\sigma)$ – плотность вероятности распределения целей по ЭПР, α – множитель, определяемый энергетическими параметрами РЛС, $q_{\text{изм}}$ – порог измерения (порядка 20 дБ).

Приведённые в [3] количественные оценки для случая равновероятного распределения целей по зоне обзора показывают, что РЛС ПО потенциально имеет производительность, необходимую для выполнения современных требований, даже при изменении ЭПР целей в десятки раз.

На практике при реализации РЛС ПО необходимо учитывать влияние на её производительность ряда факторов, основными из которых являются задержка информации на выходе системы первичной обработки и флуктуации ЭПР целей.

Проведём оценку влияния указанных выше факторов на производительность РЛС ПО при работе её в составе метрово-дециметрового комплекса.

Известно, что на практике время облучения не может быть бесконечно малым, и ограничено снизу довольно значительной величиной. Это ограничение вызвано в первую очередь тем, что реализация алгоритмов первичной обработки сигналов в спецвычислителях производится с некоторой задержкой по времени, необходимой для проведения математических операций [4]. Данная задержка приводит к тому, что результат накопления отражённых от цели импульсных сигналов может быть оценён только через определённый промежуток времени после того, как было достигнуто необходимое отношение сигнал/шум. Т.е. каждая цель независимо от её дальности и ЭПР будет облучаться столько времени, сколько необходимо для её обнаружения и измерения параметров, плюс время, равное задержке на обработку. Расчёты показывают, что задержка в обработке величиной 15 мс уменьшает производительность в 2.5 раза.

Для уменьшения влияния задержки на обработку в [5] предложена двухпороговая схема управления облучением, алгоритм работы которой поясняется на рис. 1, где условно изображён процесс увеличения отношения сигнал/шум (ОСШ) в процессе накопления отраженного сигнала на выходе накопителя. Первый случай соответствует большому значению ЭПР или малой дальности, а второй – малой ЭПР или большой дальности до цели.

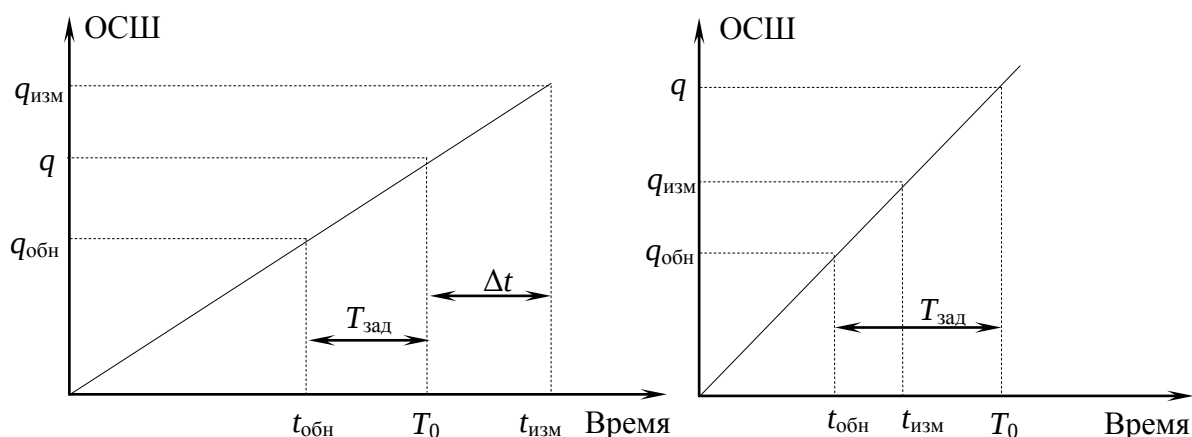


Рис. 1. Процесс накопления отражённого эхо-сигнала на выходе накопителя

На выходе системы обработки с задержкой фиксируется момент T_0 превышения первого порога, равного, например, порогу обнаружения. Зная величину задержки, можно рассчитать, сколько времени было реально затрачено на обнаружение сигнала и, соответственно, сколько нужно времени копировать сигнал до достижения порога измерения. Для первого случая $t_{\text{изм}} > T_0$ и цель облучается дополнительно в течение времени $\Delta t = t_{\text{изм}} - T_0$, после чего облучение данной цели прекращается. Для данного случая потери на обработку уменьшаются до нуля.

Для второго случая $t_{\text{изм}} < T_0$ и решение о том, что цель обнаружена с учётом задержки на обработку, принимается уже тогда, когда порог измерения превышен и дальнейшее облучение цели не требуется. В этом случае имеют место дополнительные временные затраты, но они уменьшаются на величину, равную разнице интервалов времени, необходимых для накопления отражённого от цели сигнала до порогов измерения и обнаружения соответственно.

Потери будут равны нулю, если время обнаружения цели при уменьшенном пороге обнаружения $t_{\text{обн}} \geq t_0 = \frac{T_{\text{зад}}}{K_{\text{изм}} - 1}$. Таким образом, область отсутствия потерь соответствует дальностям цели:

$$D \geq D_0 = 4 \sqrt{\frac{T_{\text{зад}} \sigma}{(K_{\text{изм}} - 1) \alpha}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{изм}} = 10^{\frac{q_{\text{изм}} - q_{\text{обн}}}{10}}$ – коэффициент, показывающий, во сколько раз время, необходимое для измерения параметров цели с заданной точностью, больше, чем время, необходимое для ее обнаружения.

Дальность D_0 делит область обзора (поиска) на две части (рис. 2): область V_2 с дальностями от D_0 до D_{max} , где рассматриваемые потери отсутствуют, и область V_1 с дальностями от 0 до D_0 , где есть потери из-за задержки на обработку, хотя и меньшей величины, чем в базовом варианте.

Можно показать, что для случая равномерного распределения ЭПР целей в интервале от σ_{min} до σ_{max} выражение для выигрыша в производительности имеет вид:

$$P = \int_{\sigma_{\text{min}}}^{\sigma_{\text{max}}} \frac{T_{\text{зад}} + K_{\text{изм}} t_{\text{обн.ср.}}}{[S_1 (T_{\text{зад}} + t_{\text{обн.ср.1}}) + S_2 K_{\text{изм}} t_{\text{обн.ср.2}}]} \frac{1}{\sigma} w(\sigma) d\sigma. \quad (3)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$t_{\text{обн.ср.1}} = \frac{\alpha}{6} \left[\frac{4D_{\text{max}}^2 D_0^6 - 3D_0^8}{2D_{\text{max}}^2 D_0^2 - D_0^4} \right] - \text{среднее время облучения целей, распределённых в области } V_1;$$

$$t_{\text{обн.ср.2}} = \frac{\alpha}{6} \frac{(D_{\text{max}}^8 + 3D_0^8 - 4D_{\text{max}}^2 D_0^6)}{(D_{\text{max}}^2 - D_0^2)^2} - \text{среднее время облучения целей, распределённых}$$

в области V_2 ;

$$S_1 = \left[\frac{3}{2} \frac{D_0}{D_{\text{max}}} - \frac{1}{2} \left(\frac{D_0^3}{D_{\text{max}}^3} \right) \right]; S_2 = \left[1 - \frac{3}{2} \frac{D_0}{D_{\text{max}}} + \frac{1}{2} \left(\frac{D_0^3}{D_{\text{max}}^3} \right) \right] - \text{доли областей } V_1 \text{ и } V_2 \text{ отно-}$$

сительно всей зоны обзора.

Расчёты показывают, что в случае, когда ЭПР целей имеет равновероятное распределение в интервале от 0.01 до 10 м², величина выигрыша в производительности в соответствии с (3) составляет 17%.

Далее следует отметить, что для целей, сопровождаемых в ближней зоне, характерной наличием отражений от пассивных помех (местных предметов и гидрометеоров), величина минимального времени облучения должна быть достаточно большой, даже если задержка на обработку будет сведена к нулю. Это требуется для того, чтобы иметь от каждой цели достаточно большую пачку отражённых импульсов, необходимую для реализации алгоритмов защиты от пассивных помех.

С учётом этого в ближней зоне более рациональным, с точки зрения временных затрат, представляется отказ от работы по каждой цели по целеуказанию в режиме сопровождения и переход в режим регулярного обзора за счёт быстрого электронного сканирования лучом при одновременном механическом вращении антенны. В этом случае РЛС ПО будет работать в режиме комбинированного обзора пространства, при котором в ближней зоне, ограниченной областью воздействия пассивных помех, реализуется режим регулярного обзора широкоугольной диаграммой направленности по углу места за счёт быстрого электронного сканирования лучом, а оставшееся время расходуется на сопровождение узким лучом целей вне зоны регулярного обзора.

Ограничим дальнюю границу ближней зоны дальностью $D_{БЗ} = 150$ км, а угловую скорость перемещения луча РЛС ПО выберем такой, чтобы время облучения каждой цели в ближней зоне равнялось рассматриваемой задержке в обработке информации, т.е. $t_{обл.} = T_{зад}$. Такой выбор времени облучения обусловлен тем, что в ближней зоне при реализации режима сопровождения время облучения цели будет определяться практически временем задержки. Тогда период регулярного обзора ближней зоны будет определяться как

$$T_{рег.обз.} = 360 \frac{T_{зад}}{\theta_{\beta}}, \quad (4)$$

где θ_{β} – ширина диаграммы РЛМ ПО по азимуту. При $\theta_{\beta} = 2.5^{\circ}$ период такого обзора будет равен примерно 2 сек. Таким образом, при периоде механического вращения антенны РЛМ ПО $T_{обз} = 10$ секунд 2 секунды будет тратиться на регулярный обзор пространства в пределах от 0 до 150 км, а оставшиеся 8 секунд – на реализацию режима сопровождения по целям вне ближней зоны. Такой комбинированный обзор является более эффективным, поскольку за счёт регулярного обзора ближней зоны, производительность которого не ограничена, возникает временной резерв, который позволяет обнаружить большее число целей как вне ближней зоны, так и во всей зоне обзора в целом.

Тогда, с учётом вышеизложенного, всю зону поиска можно условно разбить на 3 части (рис. 3): область V_1 с дальностями от 0 до $D_{БЗ}$, в которой РЛМ ПО осуществляет регулярный обзор, и две области – $V_{2.1}$ с дальностями от $D_{БЗ}$ до D_0 и $V_{2.2}$ с дальностями от D_0 до $D_{\max}$, в которых РЛМ ПО работает по целеуказанию с двухпороговой схемой принятия решения. При этом по целям, находящимся в области $V_{2.2}$, временные потери отсутствуют полностью, а в области $V_{2.1}$ имеют место дополнительные временные затраты, связанные с задержкой на обработку.

Тогда выигрыш в производительности для случая работы РЛМ ПО в комбинированном режиме обзора можно записать следующим образом:

$$P = \frac{T_{обз} - T_{рег.обз.}}{T_{обз}} \int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} \frac{T_{зад} + K_{изм} t_{обл.ср.}}{[S_{2.1}(T_{зад} + t_{обл.ср.2.1}) + S_{2.2} K_{изм} t_{обл.ср.2.2}]} \frac{1}{\sigma} w(\sigma) d\sigma. \quad (5)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$t_{обл.ср.2.1} = \frac{\alpha}{6} \left[\frac{4D_{\max}^2 (D_0^6 - D_{БЗ}^6) - 3(D_0^8 - D_{БЗ}^8)}{2D_{\max}^2 (D_0^2 - D_{БЗ}^2) - (D_0^4 - D_{БЗ}^4)} \right] - \text{среднее время облучения целей, распределенных в области } V_{2.1};$$

в области $V_{2.1}$;

$$t_{обл.ср.2.2} = \frac{\alpha}{6} \frac{(D_{\max}^8 + 3D_0^8 - 4D_{\max}^2 D_0^6)}{(D_{\max}^2 - D_0^2)^2} - \text{среднее время облучения целей, распределенных}$$

в области $V_{2.2}$;

$$S_{2.1} = \left[\frac{3}{2} \frac{D_0 - D_{БЗ}}{D_{\max}} - \frac{1}{2} \left(\frac{D_0^3 - D_{БЗ}^3}{D_{\max}^3} \right) \right] - \text{доля целей в области } V_{2.1};$$

$$S_{2.2} = \left[1 - \frac{3}{2} \frac{D_0}{D_{\max}} + \frac{1}{2} \left(\frac{D_0^3}{D_{\max}^3} \right) \right] - \text{доля целей в области } V_{2.2}.$$

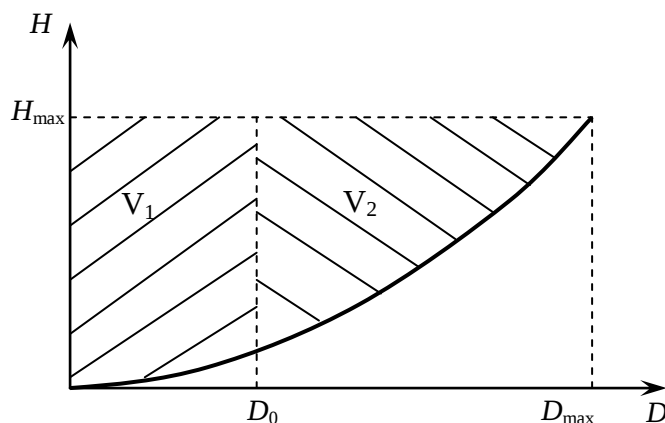


Рис. 2. Зона поиска при использовании двухпороговой схемы управления облучением

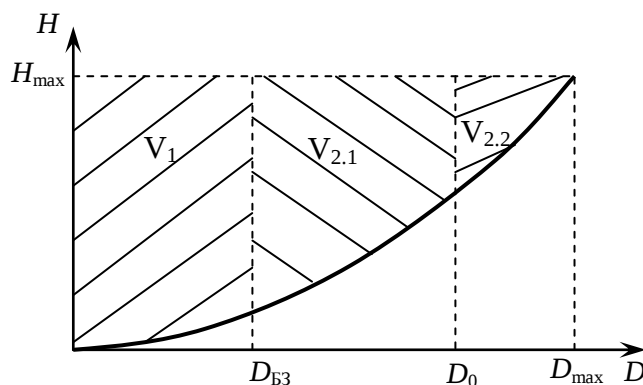


Рис. 3. Зона поиска при комбинированном обзоре пространства

Учитывая сложную зависимость подынтегральных выражений в (5) от ЭПР цели, количественные оценки для выигрыша в производительности проводились численными методами. Так, в случае когда ЭПР целей имеет равномерное распределение в интервале от 0.01 до 10 м², величина выигрыша в производительности составляет 87% при работе РЛМ ПО в режиме комбинированного обзора с использованием двухпороговой схемы обнаружения.

3. Оценка влияния флуктуаций ЭПР на производительность РЛС программного обзора

Другим фактором, влияющим на производительность РЛМ ПО, являются флуктуации ЭПР цели. При оценке потенциальной производительности считалось, что цели распределены по ЭПР случайным образом, но сама ЭПР не флуктуирует. Для оценки относительного ухудшения производительности из-за флуктуаций ЭПР необходимо в выражение для среднего времени облучения (1) вместо плотности вероятности распределения ЭПР подставить совместную плотность вероятности среднего и мгновенного значений ЭПР, которая для закона распределения флуктуаций, соответствующего случаю 1 по классификации Сверлинга, определяется выражением вида [6]:

$$w(\sigma, \sigma_0) = w(\sigma_0) w\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right) = w(\sigma_0) \frac{1}{\sigma_0} e^{-\frac{\sigma}{\sigma_0}}. \quad (6)$$

Оценим вызываемое флюктуациями ЭПР относительное ухудшение производительности РЛС ПО (L), под которым будем понимать увеличение среднего времени облучения флюктуирующих целей по сравнению со случаем, когда флюктуации ЭПР отсутствуют. Тогда, подставив (6) в (1) и задав для определенности диапазон флюктуаций ЭПР цели от $\sigma_{\min}$ до $\sigma_{\max}$, нетрудно показать, что коэффициент потерь в производительности L будет определяться выражением:

$$L = \frac{\int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_0} w(\sigma_0) \left\{ Ei\left(-\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}\right) - Ei\left(-\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_0}\right) \right\} d\sigma_0}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_0} w(\sigma_0) d\sigma_0}, \quad (7)$$

где $Ei(-x)$ – интегральная показательная функция. В общем случае для произвольного распределения $w(\sigma_0)$ аналитическое выражение отношения (7) получить достаточно трудно. Для одного из частных случаев, когда все находящиеся на сопровождении цели имеют одинаковую ЭПР, равную θ_0 , $w(\sigma_0) = \delta(\sigma_0 - \theta_0)$, выражение (7) преобразуется к виду:

$$L = Ei\left(-\frac{\sigma_{\max}}{\theta_0}\right) - Ei\left(-\frac{\sigma_{\min}}{\theta_0}\right). \quad (8)$$

Предположим далее, что глубина флюктуаций ЭПР целей относительно своего среднего значения не превышает ± 10 дБ, т.е. $\sigma_{\max}/\theta_0 = 10$, а $\sigma_{\min}/\theta_0 = 0.1$. В этом случае коэффициент потерь в производительности составит 1.8.

Можно показать, что для другого закона распределения флюктуаций ЭПР, соответствующего случаю 2 по классификации Сверлинга, производительность РЛС ПО снижается в 2 раза независимо от распределения среднего значения ЭПР целей.

В качестве способов уменьшения потерь в обнаружении объектов, вызванных флюктуациями их ЭПР, в настоящее время широко используются многочастотные способы зондирования [7], в которых рабочая частота излучаемого импульса изменяется от такта к такту по некоторому закону, а накопление отражённого от цели сигнала осуществляется некогерентным способом. Для уменьшения возникающих при этом дополнительных потерь из-за некогерентной обработки пачки отражённых импульсных сигналов предлагается использовать адаптивный способ, при котором на начальном этапе зондирования цели многочастотным сигналом отыскивается та несущая частота, на которой ЭПР цели максимальна, а затем цель облучается только на этой частоте с последующим когерентным накоплением импульсов [8].

Для оценки эффективности предлагаемого алгоритма работы проводилось математическое моделирование, где исследовалась ситуация, когда промежуточная оценка мощности отражённого сигнала производится по результатам накопления трёх импульсов, а количество рабочих частот облучения равно четырём. В качестве показательной характеристики оценивалось отношение среднего времени облучения целей при работе с предлагаемым способом обработки сигнала к среднему времени облучения при накоплении известными способами. При этом оценка проводилась путём усреднения по 100 реализациям случайного значения ЭПР с распределением, соответствующим случаю 1 по классификации Сверлинга. На рис. 4 и 5 приведены зависимости количества накапливаемых импульсов (что эквивалентно времени облучения), необходимых для обнаружения целей, от количества реализаций случайного значения ЭПР целей при использовании различных видов накопления сигналов. Прямыми линиями показаны средние значения накапливаемых импульсов для каждого из способов накопления сигналов, а также для случая чисто когерентного накопления. Результаты моделирования показали, что выигрыш в производительности (L) предлагаемого многочастотного способа работы с промежуточной оценкой отношения сигнал/шум по отношению к известным случаям накопления сигнала составил:

$L = 1.36$ по отношению к способу облучения цели одночастотным сигналом с последующим когерентным накоплением;

$L = 1.27$ по отношению к способу облучения цели многочастотным сигналом с изменением частоты от импульса к импульсу и когерентно-некогерентным накоплением пачки отраженных импульсов.

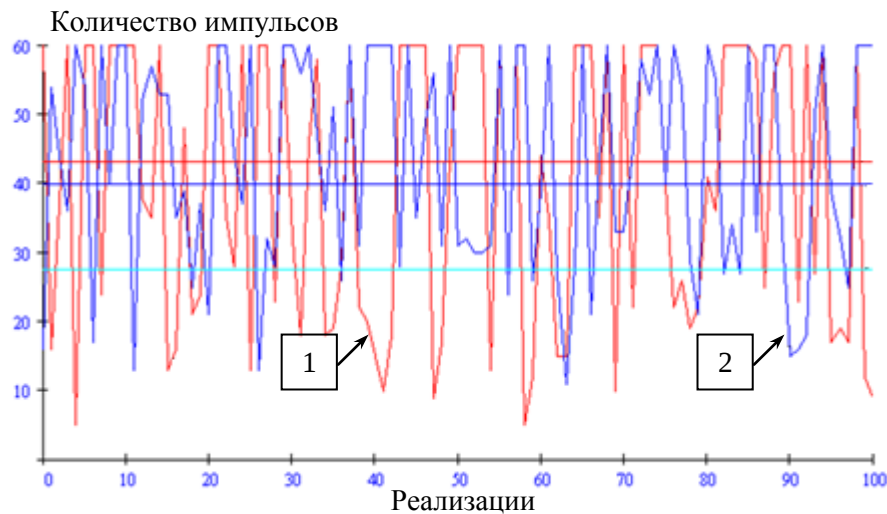


Рис. 4. Количество накапливаемых импульсов за время облучения цели (1 – случай когерентного накопления, 2 – случай когерентно-некогерентного накопления)

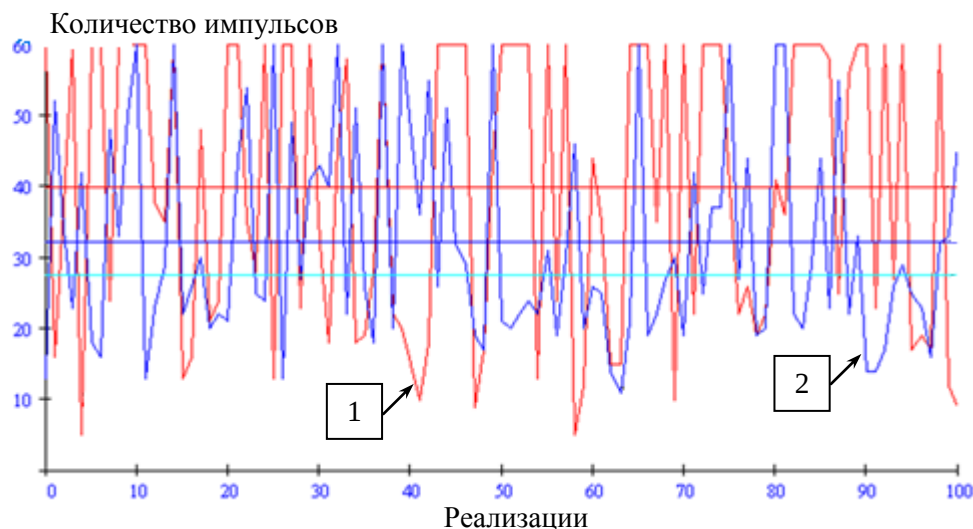


Рис. 5. Количество накапливаемых импульсов за время облучения цели (1 – случай когерентно-некогерентного накопления, 2 – случай смешанного накопления с поиском максимума)

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что несмотря на то, что отбор наилучшей частоты производится по результатам накопления всего лишь трёх импульсов при достаточно слабом отношении сигнал/шум, предлагаемый алгоритм в условиях флуктуаций ЭПР цели обеспечивает существенный выигрыш в производительности РЛС ПО по сравнению с известными способами зондирования.

4. Заключение

Таким образом, реализация новых радиолокационных технологий адаптивного взаимодействия РЛС разного диапазона волн позволяет значительно повысить эффективность РЛС программного обзора при её работе в составе многодиапазонного комплекса. В работе проведен анализ влияния различных факторов на производительность РЛС программного обзора при её работе в составе многодиапазонного комплекса. Предложен способ уменьшения влияния задержки в обработке информации на производительность РЛС ПО, который заключается в промежуточной оценке достигнутого отношения сигнал/шум и принятии решения о продолжении или прекращении процесса облучения данной цели. Рассмотрена его эффективность, в том числе в сочетании с регулярным обзором ближней зоны, для случая, когда вся зона обзора РЛС обнаружения заполнена целями, ЭПР которых имеет равномерное распределение в заданном диапазоне значений. Проведена оценка влияния флуктуаций ЭПР целей на производительность указанной РЛС. Предложен способ уменьшения этого влияния, заключающийся в многочастотном зондировании пространства с промежуточной оценкой отношения сигнал/шум и в последующем когерентном накоплении сигнала на оптимальной частоте. Получены аналитические выражения и приведены количественные оценки, которые показывают, что предлагаемые алгоритмы обеспечивают существенный выигрыш в производительности РЛС программного обзора при её работе в составе многодиапазонного комплекса.

Литература

1. Кузьмин С. З. Цифровая радиолокация. Киев: Компьютерно-издательский информационный центр, 2000. 230 с.
2. Патент РФ 2346291 С2 МПК G01S 13/04 (2006.01). Многодиапазонный радиолокационный комплекс / А.Д. Бомштейн, Б.И. Поляков [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГУП «ННИИРТ». – № 2007112178; заявл.02.04.2007; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 4.
3. Бомштейн А. Д., Зачепицкий А. А. К вопросу о производительности многофункциональной РЛС в режиме сопровождения. // RLNC*2005. Воронеж, 2005.
4. Бобров Д., Доброжанский А., Зайцев Г., Маликов Ю., Цыбин И. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС, «Цифровая обработка сигналов», 2002. № 2.
5. Бомштейн А. Д., Шашин О. С. Влияние задержки в обработке информации на производительность многофункциональной РЛС // RLNC*2008. Воронеж, 2008.
6. Сколник М. Справочник по радиолокации. Т. 1. М.: Сов. радио, 1976.
7. Вишин Г. М. Многочастотная радиолокация. М.: Воениздат, 1973.
8. Патент РФ 149404 U1 МПК G01S 13/90 (2006.01). Радиолокационная станция сопровождения с многочастотным зондирующим сигналом / А.Д. Бомштейн, О.С. Шашин; заявитель и патентообладатель ФГУП «ННИИРТ». – № 2014135964; заявл.03.09.2014; опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36.

*Статья поступила в редакцию 19.03.2015;
переработанный вариант — 11.05.2015*

Бомштейн Александр Давидович

к.т.н., главный конструктор по направлению ОАО «ФНПЦ «ННИИРТ» (603139, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 83), тел. 8(831) 465-17-34, e-mail: bad55@mail.ru

Шашин Олег Сергеевич

ведущий инженер ОАО «ФНПЦ «ННИИРТ» (607650, Нижегородская область, г. Кстово, ул. Зеленая, 10Б), тел. 8(903)-600-12-10, e-mail: shashinolegsergeevich@gmail.com

Emerging technologies to increase the effectiveness of a multiband integrated radar system in tracking mode

Alexandr D. Bomshteyn, Oleg S. Shashin

The paper discusses the possibility of employing emerging multiband radar integration technologies to increase the capacity of the programmed scan radar which is part of a multiband radar system. Implementation-related factors influencing the capacity of the programmed scan radar are considered. Methods are proposed to reduce this influence complemented by quantitative estimations.

Keywords: radar, programmed scan, capacity, multifrequency signal.