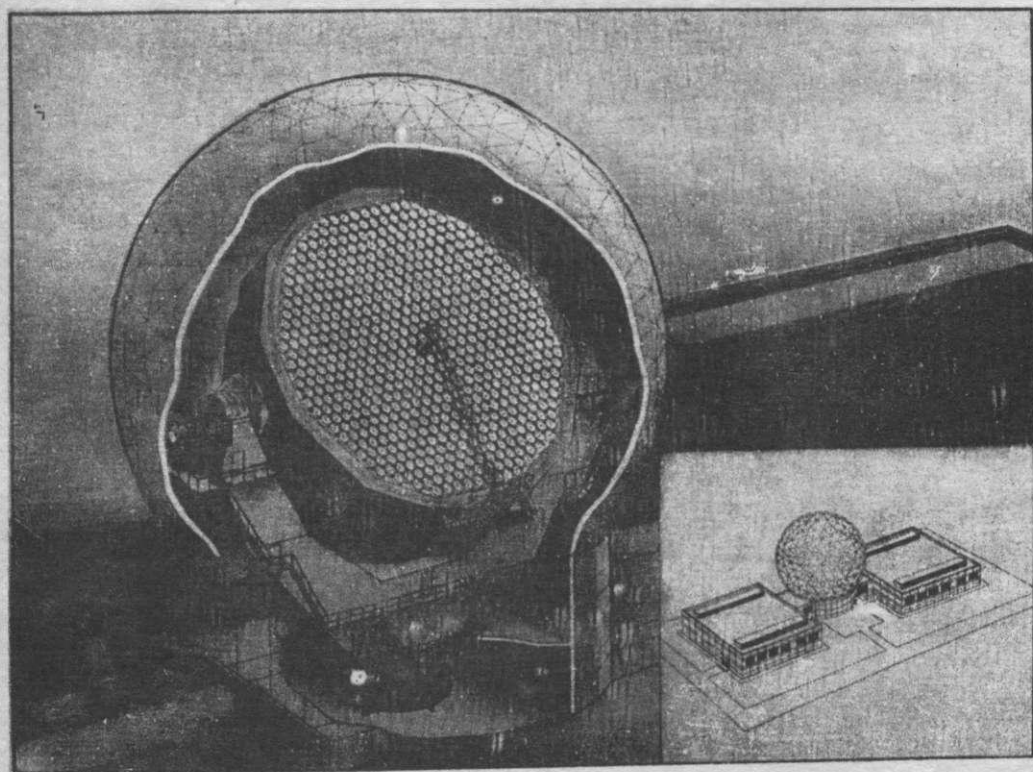


XXVII Научно-техническая
конференция

ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА АНТЕНН

МОСКВА, 23-25 АВГУСТА 1994 Г.



АО "РАДИОФИЗИКА"

МОСКВА, 1994

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ РЛС С ФАР

М.М.ЗОЛОТАРЕВ, А.А.ТОЛКАЧЕВ, В.Е.ФАРБЕР

АООТ "Радиофизика", Москва, Россия

Современные автоматические многоканальные РЛС, как правило, содержат приемо-передающую систему на базе фазированной антенной решетки (ФАР), силовой следящий привод ФАР, специализированное устройство обработки информации, обеспечивающее предварительную обработку сигнала, комплекс универсальных вычислительных средств и устройство сопряжения, обеспечивающее взаимодействие всех устройств РЛС в реальном масштабе времени. Нестемлемой частью современных РЛС является программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО), обеспечивающее выполнение всего цикла обработки информации и управление работой аппаратуры РЛС в реальном масштабе времени.

В случае, когда все сопровождаемые радиолокационные объекты (РО) находятся в разных угловых направлениях (УН), а их количество $n_{\text{ц}} \leq f_0$ не превышает значения частоты работы передающего устройства f_0 , процедуры последовательного планирования работы РЛС практически ничем не отличаются от процедур планирования работы РЛС по одному РО и состоят в прогнозировании положения выбранного для обслуживания РО на очередной момент излучения зондирующего импульса, выставке луча в спрогнозированное угловое направление и проверке на попадание отметок в заданную область неопределенности в окрестности экстраполированной точки по дальности. При увеличении количества РО поэлементное сопровождение становится неэффективным из-за невозможности его обеспечения с допустимым минимальным темпом.

Исследованию вопросов управления процессом функционирования РЛС с ФАР посвящен ряд работ [1-3]. В докладе основное внимание уделяется рассмотрению принципов организации обслуживания РО с учетом их взаимного расположения, т.е. принципов группового обслуживания.

Не нарушая общности для определенности будем полагать, что регулирование текущего значения пропускной способности РЛС $\Pi(j)$ на j -ом такте, соответствующей количеству обрабатываемой на интервале Δt информации, осуществляется по измеренным значениям $\tau_{\text{пр}}(j-1)$ времени простоя процессора на таком же временном ин-

тервале в соответствии с соотношением

$$\Pi(j) = \Pi(j-1) + \beta_{\tau} k_{\tau} (\tau_{np}(j-1) - \tau_{np}^0), \quad k_{\tau} = - \partial \Pi / \partial \tau_{np}, \quad (1)$$

где β_{τ} - коэффициент, определяемый необходимой степенью сглаживания случайных флуктуаций времени простоя процессора; τ_{np}^0 - заданное время простоя процессора, k_{τ} - коэффициент связи изменения Π и τ_{np} , определяемый на основе уравнения баланса времени работы процессора

$$\sum_{i=1}^{n_{TP}} \frac{\Delta t}{T_i} \tau_{обр}^{(i)}(n_{TP}, n_{зам}^{(i)}) + \sum_{i=1}^{n_{TP}} \frac{\Delta t}{T_i} \tau_{пл}^{(i)}(n_{TP}, n_{ц}^{(i)}) + \tau_{np} + \tau_{сл} + (f_0 - \sum_{i=1}^{n_{TP}} \frac{1}{T_i}) \tau^* \Delta t = \Delta t, \quad (f_0 \geq \sum_{i=1}^{n_{TP}} \frac{1}{T_i}), \quad (2)$$

где T_i - период обслуживания 1-го РО, под которым понимается промежуток времени между соседними зондирующими импульсами, излучаемыми для измерения координат 1-го РО; n_{TP} - количество сопровождаемых РО (траекторий); $n_{ц}^{(i)}$ - количество сопровождаемых РО в угловом направлении 1-го обслуживаемого РО, включая 1-й РО; $n_{зам}^{(i)}$ - количество единичных замеров, получаемых при обслуживании 1-го РО; $\tau_{обр}^{(i)}$ - среднее время обработки одного замера в угловом направлении 1-го сопровождаемого РО; $\tau_{пл}^{(i)}(n_{TP}, n_{ц}^{(i)})$ - время, затрачиваемое для формирования расписания, связанного с обеспечением излучения зондирующего импульса в угловое направление 1-го сопровождаемого РО; $\tau_{сл}$ - служебное время работы процессора по организации вычислительного процесса на временном интервале Δt ; τ^* - время планирования неинформативных зондирующих излучений (пустых обзоров), используемых для регулирования входного потока информации.

При поэлементном обслуживании $n_{ц}^{(i)} = 1$, а $\tau_{пл}^{(i)}(n_{TP}, n_{ц}^{(i)}) = \tau_{np}$ не зависит от того, какой именно РО обслуживается, а также не зависит от количества сопровождаемых РО n_{TP} . Если априорно известно, что РО по угловым координатам могут располагаться компактно, например, по несколько РО в одном УН, то при планировании работы РЛС необходимо осуществлять оперативную проверку взаимного расположения или, другими словами, осуществлять обслуживание с оперативным анализом радиолокационной обстановки. Принципы такой проверки состоят в следующем. На очередной момент t_j зондирования пространства в соответствии с заданным критерием система обслуживания РО выбирает очередной i -ый РО и производит экстраполяцию его положения на t_j момент времени. Траектория 1-го РО принимается за базовую и на основе парамет-

его движения осуществляется формирование информации по аналогии со случаем поэлементного обслуживания. Затем относительно прямой, соединяющей начало местной прямоугольной системы координат (МПК), связанной с точкой стояния РЛС, и положением 1-го РО на момент зондирования, описывается два воображаемых конуса с углами при вершине, равными величине углового направления $\alpha_{\text{ув}}$ и величине однозначного отсчета углов $\alpha = \alpha_{00}$. Математическая попадание цели в конус с углом при вершине α эквивалентно выполнению неравенства

$$X_j X_j + Y_j Y_j + Z_j Z_j \geq R_1 R_j \cos \frac{\alpha}{2}, \quad j=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n_{\text{ТР}}^*, \quad (3)$$

где X, Y, Z - координаты РО в МПК, R - дальность до РО, $n_{\text{ТР}}^*$ - количество траекторий, для которых осуществляется группирование. Радиолокационные объекты, для которых выполняется условие (3) при $\alpha = \alpha_{\text{ув}}$, образуют группу, заносятся в отдельный список и помечаются признаком $\nu = 0$. Далее, те РО из образовавшейся группы, для которых дополнительно выполняется условие (3) при $\alpha = \alpha_{00}$, помечаются признаком $\nu = 1$. И, наконец, производится вычисление размеров интервалов наблюдения по дальности.

Пусть взаимное перемещение РО таково, что время $T(\alpha_{00})$, за которое они разойдутся на угол α_{00} существенно превышает период излучения передающего устройства $T(\alpha_{00}) \gg T_0$. В этом случае возможен переход на групповое обслуживание РО. Причем формировать группы можно уже не при каждом формировании информации для обслуживания с периодом T_0 , а через $N_{\text{пл}}$ тактов работы передающего устройства так, чтобы при этом $N_{\text{пл}} T_0 < T(\alpha_{00})$.

Алгоритм формирования групп включает в себя описанную процедуру контроля на близость РО по угловым координатам (3) с той лишь разницей, что группирование производится последовательно по всем траекториям, начиная с первой. При этом траектории, попадавшие в конус однозначного отсчета углов (или в еще более узкий конус), исключаются из общего списка и тем самым в дальнейшем как базовые не используются, т.е. в (3) $n_{\text{ТР}}^* \leq n_{\text{ТР}}$. Таким образом, количество групп $n_{\text{ТР}}$ в общем случае меньше общего количества сопровождаемых траекторий $n_{\text{ТР}} \leq n_{\text{ТР}}$, а время формирования информации для обслуживания i -ой группы

$$\tau_{\text{пл}}^{(i)}(n_{\text{ТР}}, n_{\text{ц}}^{(i)}) < \tau_{\text{пл}}^{(i)}(n_{\text{ТР}}, n_{\text{ц}}^{(i)}), \quad (4)$$

что объясняется существенно более редким периодом формирования групп по сравнению с предыдущим случаем.

Пусть f - среднее значение пропускной способности РЛС, соответствующей максимально возможной частоте обработки инфор-

мации, сопровождаемые траектории n_{TP} сгруппированы в $n_{TP} < n_{\Sigma}$ групп, суммарное количество траекторий (с $v=0$ и $v=1$) в группах равно $n_{\Sigma} > n_{TP}$. Тогда период обслуживания каждой группы T и количество импульсов L , выделяемых на сопровождение, можно определять на основе следующих соотношений

$$T = \frac{n_{\Sigma}}{f}, \quad L = \frac{n_{TP}}{T}. \quad (5)$$

Проанализируем эти соотношения для двух крайних случаев. Пусть все РО находятся в разных угловых направлениях. Тогда $n_{TP} = n_{\Sigma} = n_{TP}$ и в соответствии с (5) $T^{(1)} = n_{TP}/f$, $L^{(1)} = f$.

Пусть теперь все РО располагаются практически вдоль одной линии визирования. Тогда $n_{\Sigma} = n_{TP}$, $n_{TP} = 1$ и, следовательно, $T^{(2)} = n_{TP}/f = T^{(1)}$, $L^{(2)} = f/n_{TP} = L^{(1)}/n_{TP}$, т.е. для обеспечения одного и того же периода обслуживания каждого РО при групповом обслуживании требуется планировать в n_{TP} раз меньшее количество зондирующих импульсов.

Заметим, что задание периодов обслуживания в соответствии с (5) соответствует простейшему случаю. В более сложных случаях периоды обслуживания могут выбираться, например, в соответствии с достигнутой точностью оценки параметров движения либо на основе решения задачи оптимизации программы наблюдения.

Изложенные материалы дают основание сделать вывод о том, что при прочих равных условиях переход на групповое обслуживание позволяет осуществлять оперативный контроль за текущей РЛО, максимально использовать пропускную способность вычислительных средств РЛС, планировать работу РЛС в соответствии с имеющейся пропускной способностью системы обработки информации, повысить устойчивость сопровождения РО за счет возможности обеспечения контроля за аномальными измерениями угловых координат.

В заключении отметим, что описанные принципы группового обслуживания опробованы в реальных условиях и показали свою эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишов Ю.А. Управление диаграммой направленности радиолокационных фазированных антенных решеток. Зарубежная радиоэлектроника, №4, 1980.
2. Шишов Ю.А., Ворошилов В.А. Многоканальная радиолокация с временным разделением каналов. М., Сов.радио, 1987.
3. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. М., Радио и связь, 1986.