

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СЕТЬ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ КАК ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ**

И.И. Обод, В.А. Таршин, А.Н. Булай  
(Харьковский университет Воздушных Сил)

*Анализируются преимущества информационного обеспечения Воздушных Сил на базе единой информационной сети систем наблюдения, приводится классификация и принципы организации информационной сети.*

***информационная сеть, радиотехнические системы наблюдения***

**Постановка задачи и обзор литературы.** Радиотехнические системы наблюдения (СН), образованные системами первичной и вторичной радиолокации, в значительной степени определяют решение задач, стоящих перед войсками Воздушных Сил (ВС). Опыт ведущих стран мира свидетельствует, что в них уже довольно длительный срок существуют национальные единые системы контроля использования воздушного пространства как войсковой, так и гражданской авиацией. Очевидно, что при этом достигается максимальная эффективность использования воздушного пространства при сравнительно низких материальных, технических и людских затратах.

Одной из составляющих системы контроля использования воздушного пространства является единая информационная сеть (ЕИС), на базе существующих СН страны. Сетевому построению информационных средств уделяется значительное внимание [1]. В частности, существующие национальные единые системы контроля использования воздушного пространства, как правило, реализованы на сетевом использовании отдельных информационных средств (программы 968Н, ACCS и др.). Основными задачами этих программ являются объединение в общую сеть существующих СН различных ведомств и централизованное управление этой сетью вышестоящим органом. Объединенная информация сети выдается потребителям. Однако такой принцип организации сети обедняет информационное обеспечение потребителей. Действительно, потребителю часто требуется информация конкретного источника, а не объединенная информация сети. Кроме того, включение отдельных СН в ЕИС на принципе механического объединения только информации не разрешает проблем отдель-

ных информационных средств, в частности, систем вторичной радиолокации, совместного функционирования систем первичной и вторичной радиолокации и т.д. Это стимулирует поиск новых принципов организации ЕИС, в которой сочеталось бы полное и надежное информационное обеспечение потребителей, а также разрешались проблемы функционирования отдельных информационных средств.

**Цель работы.** Анализ преимуществ и классификация информационной сети систем наблюдения.

**Основная часть.** Естественная эволюция СН приводит к объединению РЛС или иных датчиков информации, рассредоточенных на определенном участке контролируемого пространства, в сеть. Такая эволюция мотивируется возможностью слияния большого объема данных, получаемых элементами СН, работающими независимо друг от друга и обладающие до некоторой степени взаимодополняющими возможностями. Задача состоит в точном отображении окружающей обстановки и своевременного обнаружения изменений в ней. Такое сопровождение воздушных целей представляет собой общеизвестную системную концепцию, доказавшую свою полезность при решении как гражданских, так и военных прикладных задач практически во всех развитых государствах.

Кратко рассмотрим преимущества сетевой информационной системы по сравнению с одиночными информационными средствами.

Известно, что соединение нескольких РЛС линиями связи позволяет расширить зону видимости за пределами максимальной дальности одиночной РЛС, которая ограничена либо пределами прямой видимости, либо мощностью радиолокационного излучения. Такого результата можно добиться при минимальном перекрытии зон видимости РЛС, тем самым, сводя к минимуму количество приемных датчиков, развертываемых в заданной области. Однако объединение в сеть РЛС с перекрывающимися зонами видимости связано с рядом преимуществ.

Одно из преимуществ состоит в увеличении вероятности обнаружения в пределах некоторого интервала времени, которое обеспечивается сетевой системой РЛС, по сравнению со случаем разрозненных РЛС, при этом снижается вероятность срыва сопровождения. Как вариант, при заданной вероятности срыва сопровождения, вероятность обнаружения для каждой РЛС может быть снижена относительно случая разрозненных РЛС. Это подразумевает снижение мощности передатчиков и снижение стоимости каждой из РЛС. В зависимости от типа прикладной задачи, объединение РЛС в сеть может оказаться более удобным, чем одиночная РЛС, которая и обладает высокой мощностью и высокой скоростью выдачи данных.

Еще одно из преимуществ РЛС при объединении их в ЕИС, являет-

ся результатом различия в эффективных поверхностях рассеивания (ЭПР) целей по различным трактам прохождения сигналов между целью и РЛС. Для рассредоточенных РЛС разброс ЭПР в зависимости от угла визирования составляет значительную величину. Это обстоятельство позволяет обеспечить надежное обнаружение летательных аппаратов с малой ЭПР в ЕИС.

Среди прочих преимуществ, можно упомянуть надежность и непрерывность сопровождения при переходе наблюдения между соседними РЛС и повышение точности сопровождения целей.

Сетевая РЛС обеспечивает более высокий темп выдачи данных потребителю, при соответствующем уменьшении ошибок фильтрации. Сетевая структура, позволяющая комбинировать данные, поступающие от двух или более РЛС, повышает точность системы в целом. Когда комбинирование данных осуществляется простым усреднением. В этом случае точность координат, выдаваемых потребителю, повышается пропорционально корню квадратному числа используемых РЛС. Лучшие результаты может дать метод комбинирования, при котором координатные данные по каждой отдельной цели подвергается весовой обработки, в соответствии с их точностными показателями.

Еще одним преимуществом сетевых систем является их более высокая помехоустойчивость к естественным и преднамеренным помехам, и живучесть, обусловленная сложностью огневого уничтожения информационных средств (излучающих) противорадиолокационными ракетами. Это является результатом необычной геометрии РЛС и возможности координировать во времени излучение последних. Кроме того, высоту цели и суммарный вектор скорости можно оценить, соответствующим образом комбинируя данные измерений, выдаваемых РЛС. При объединении в сеть обеспечиваются расширенные возможности реконфигурации системы в случае возникновения отказов в работе РЛС. Тем самым достигается большая надежность радиолокационного обзора контролируемого пространства.

Преимуществами сетевого построения можно воспользоваться, лишь при условии успешного решения целого ряда технических проблем, а именно:

- манипулирования данными при переменной скорости их поступления и с неравной точностью;
- предотвращения дробления цели, порождаемого ошибками при преобразовании координат, обусловленной кривизной земной поверхности и отсутствием данных о высоте;
- необходимости задавать синхронизацию и организацию данных независимо от частоты сканирования отдельных РЛС и азимутального

положения.

Главная функция сети состоит в пересылке данных, выдаваемых различными информационными средствами потребителю, который комбинирует информацию для того, чтобы обеспечить сетевое сопровождение. При такой реализации сети совокупность СН осуществляет обнаружение и измерение координат воздушных целей с различным темпом выдачи данных и различными показателями качества обнаружения и измерения координат. По линиям передачи данные пересылаются к потребителю, который выполняет функции сопровождения, прогнозирования радиолокационной траектории, корреляцию, сглаживание траекторий и преобразование координат, получаемых по данным измерений, выдаваемых рассредоточенными информационными источниками, к опорной системе координат потребителя.

В соответствии с пространственным размещением РЛС, можно выделить два класса объединяемых в сеть систем, а именно: совместных или совмещенных; отдельных.

Совместные РЛС это те РЛС, у которых антенны вращаются сообща на одной и той же платформе, а совмещенные – это те, у которых антенны располагаются в пределах довольно ограниченной области и осуществляют синхронный обзор по азимуту. Примером совместных радиолокационных систем с сообща вращающимися антеннами является системы, содержащие первичную РЛС и встроенную вторичную РЛС. Сочетание данных измерений вторичной РЛС с данными, выдаваемыми первичной РЛС, способствует улучшению функции корреляции между координатными данными и данными слежения, благодаря возможности использования опознавательного кода цели. Более того, объединение данных измерений первичной и вторичной РЛС повышает качество как обнаружения [2], так и точность определения координат цели [3].

В зависимости от степени используемой обработки данных, сетевые РЛС можно дополнительно классифицировать как распределенные или централизованные. Распределенная архитектура характеризуется тем, что на каждой РЛС осуществляется первичная и вторичная обработка информации. Локальные данные слежения затем выдаются потребителям, в аппаратуре обработке которого данные объединяются, с целью установления единого многостанционного слежения за каждой целью. Такая структура сети наиболее целесообразна при объединении существующих СН в ЕИС. В централизованной архитектуре используется единый процессор обработки данных. Такая структура сети может быть рекомендована при расположении СН в ограниченном пространстве, например, СН ближней и дальней зоны радиолокационного обеспечения управления полетами авиации ВС.

В ИС с распределенной или централизованной обработкой информации данные или потребителю или на пункт совместной обработки поступают с различным темпом. Так как обзор пространства отдельных РЛС не синхронизирован, то объединение информации в ИС с распределенной обработкой информации потребителей осуществляется путем проведения третичной обработки информации. В ИС с централизованной обработкой информация с РЛС поступает с переменной скоростью и различной точностью, что требуется учитывать при построении аппаратуры вторичной обработки. Именно эти обстоятельства требуют снабжать координатную информацию временем ее получения, что позволяет согласовать процесс фильтрации траектории. Покажем это.

Предположим, что имеется два датчика радиолокационной информации темп обзора пространства, которых различен. В каждом из источников радиолокационной информации имеется своя шкала времени, организованная, например, с помощью GPS приемников, характеризующаяся временным процессом  $T_{ij}$ , где индексом  $i$  обозначается номер источника получения информации ( $i = 1, 2$ ), а  $j$  – дискретное время получения информации. Будем считать, что потребитель информации расположен в первом датчике информации. Предположим, что по  $j = k$  предыдущим измерениям в аппаратуре потребителя получена результирующая оценка вектора состояния  $\hat{W}_k(T_{1k})$  с соответствующей матрицей точности  $\bar{C}_k$ .

При получении текущей оценки вектора состояния, например от второго датчика в момент времени  $k + 1$   $\hat{W}_{y(k+1)}(T_{2(k+1)})$  с матрицей точности  $\bar{C}_{y(k+1)}$ , по данным результирующей оценки вектора состояния и матрице точности на  $k$ -ом шаге осуществляется вычисление априорного распределения на этот шаг измерений. Этому распределению соответствует  $\hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)})$  и  $\bar{C}_{o(k+1)}$ , т.е. осуществляется прогнозирование вектора состояния и матрицы точности на момент времени получения текущей оценки вектора состояния. Результирующую оценку вектора состояния и матрицу точности на момент времени  $k + 1$  можно записать как

$$\begin{aligned} \hat{W}_{k+1}(T_{1(k+1)}) &= \hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)}) + \bar{C}_{k+1}^{-1} \bar{C}_{y(k+1)} \times \\ &\times \left[ \hat{W}_{y(k+1)}(T_{2(k+1)}) - \hat{W}_{o(k+1)}(T_{1(k+1)}) \right]; \\ \bar{C}_{k+1} &= \bar{C}_{o(k+1)} + \bar{C}_{y(k+1)}. \end{aligned}$$

В дальнейшем процедура повторяется. Таким образом, получается рекуррентное правило, позволяющее последовательно во времени произ-

водить фильтрацию траектории воздушной цели при получении измерений от датчиков информации с различным темпом выдачи информации.

Как следует из вышеизложенного, рассмотренный алгоритм фильтрации отличается от известных тем, что прогнозирование вектора состояния и матрицы точности осуществляется после получения новых измерений, имеющих время их получения. Вот на этот момент времени и осуществляется прогнозирование вектора состояния и матрицы точности.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что при построении ЕИС необходимо осуществить единое координатно-временное обеспечение (КВО) СН, входящих в сеть, с требуемыми точностными показателями. В зависимости от точностных показателей КВО информационных средств ЕИС можно классифицировать как сеть, реализованную на несинхронном и синхронном принципах.

Несинхронный принцип организации сети требует временного обеспечения СН с точностью, составляющую доли времени наблюдения цели. Это позволяет синхронизировать потоки информации в сети с распределенной обработкой, обеспечить фильтрацию траектории цели по информации различных источников с различным темпом выдачи информации.

Синхронный принцип организации сети, базирующийся на создании единой шкалы времени (ШВ) всех СН, входящих в сеть, с точностью, составляющей доли микросекунд. Это позволяет согласовать процессы получения и обработки информации в разрозненных информационных средствах, и предопределяет разрешение технических противоречий, практически не решаемых в существующих СН [4, 5].

При этом необходимо отметить, что понятие синхронности тесно связано с понятием одновременности. Действительно, в пунктах расположения СН должны одновременно вырабатываться одноименные временные импульсы. Само же понятие одновременности в общей теории относительности не является однозначным. Однако можно утверждать, что единственным непротиворечивым определением одновременности является следующее определение. Для анализа любых явлений в рамках общей теории относительности можно ввести некоторую четырехмерную систему координат (СК), имеющую одну временную координату (можно называть координатное время данной СК) и три пространственных. Два события, фиксированные в некоторой СК значениями  $(t_1, x_1, y_1, z_1)$  и  $(t_2, x_2, y_2, z_2)$ , считаются одновременными относительно этой СК, если соответствующие им значения временной координаты совпадают:  $t_1 = t_2$ . В дальнейшем такое определение одновременности (и соответствующее ему определение синхронизации часов) будем называть координатным. Указанное определение позволяет ввести в рамках общей теории относительности самосогласованную единую ШВ в самых

различных областях пространства-времени и с любой разумной точностью. Тот факт, что выбор СК, по координатному времени которой производится синхронизация, произволен, не должен вызывать беспокойство: от синхронизации по координатному времени одной СК легко перейти к синхронизации по координатному времени любой другой СК.

Следует заметить, что в состав ЕИС могут входить (и должны) датчики с взаимодополняющими характеристиками. Реализация сети на синхронном принципе позволяет реализовать многопозиционные радиолокационные системы с кооперативным приемом сигналов. Перспективным является включение в эту сеть информации многопозиционной системы с внешним, в частности, телевизионным подсветом [6]. Многодатчиковая концепция организации ЕИС уже используется при решении некоторых гражданских и военных прикладных задач [1]. Бесспорным преимуществом объединения в сеть различных типов датчиков является повышенная надежность обзора и более четкая оценка окружающей обстановки.

Например, в существующих СН традиционные активные (первичные) РЛС взаимодействуют с РЛС активного ответа (вторичными РЛС). Введение в информационные потоки информации о государственной принадлежности (ГП), которую в объединенной сети можно получить от значительного числа информационных источников позволит значительно ослабить проблему однозначного определения ГП обнаруженных воздушных целей. В частности, потребитель может определить ГП обнаруженной цели по информации от систем радиолокационного опознавания, от систем вторичной радиолокации, канала индикации радиосистем ближней навигации и других радиотехнических СН ВВС.

Следовательно, создание ЕИС позволит привлечь информацию радиолокационных средств ВВС и этим существенным образом повысить вероятность опознавания ГП воздушных объектов.

Таким образом, объединение существующих СН в ЕИС на несинхронном принципе позволяет:

- исключить третичную обработку при сопровождении воздушной цели в сети;
- повысить вероятность объединения координатной и дополнительной информации полученной средствами первичной и вторичной радиолокации;
- существенным образом повысить помехоустойчивость запросных радиотехнических систем, в частности систем радиолокационного опознавания, на преемственной основе;
- повысить качество опознавания воздушных целей.

Реализация ЕИС на синхронном принципе позволит:

- реализовать принцип многопозиционной радиолокации с кооперативным приемом сигналов;

повысить живучесть радиолокационных средств первичной радиолокации;

на преемственной основе перейти к помехоустойчивым системам вторичной радиолокации, в том числе и к помехоустойчивым системам радиолокационного опознавания.

**Заключение.** Концептуальными основами создания ЕИС на базе существующих радиотехнических систем наблюдения, в которой может быть реализовано надежное информационное обеспечение потребителей и разрешены противоречия отдельных информационных средств должны быть:

- единое координатно-временное обеспечение всех информационных средств сети с требуемыми показателями качества;
- распределенная обработка информации в информационных средствах сети;
- свободный, но контролируемый, доступ потребителя к требуемому источнику информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.*
2. *Совместное использование разнородных радиолокационных средств для повышения качества обнаружения воздушных целей / И.И. Обод, А.Н. Астапов, А.Ю. Михайлин, А.М. Чалапчий // Зб. наук. праць. Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 2 (32). – С. 48 – 50.*
3. *Измерение координат воздушных целей при совместном использовании сигналов первичных и вторичных радиолокаторов / И.И. Обод, А.А. Гаврутенко, Р.В. Загорулько, А.И. Обод // Зб. наук. праць. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 1 (39). – С. 77 – 79.*
4. *Теоретичні основи побудови заводозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І.Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.*
5. *Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.*
6. *Потенциальные возможности обнаружения воздушных целей в синхронной сети систем первичной радиолокации с телевизионным подсветом / И.И. Обод, А.Д. Флоров, О.В. Гаврентюк, И.В. Коваль // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС. – 2005. – Вип. 3 (43). – С. 114 – 119.*

Поступила 10.10.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, доцент Г.В. Ермаков,  
Харьковский университет Воздушных Сил.