

И.И.ОБОД, докт.техн.наук, НТУ «ХПИ»;

А.Э.ЗАВОЛОДЬКО, НТУ «ХПИ»

СЕТЕВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПРОСНЫМИ СИСТЕМАМИ НАБЛЮДЕНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Наведено алгоритм супроводження повітряного об'єкту системами спостереження, що запитують при включенні їх в єдину інформаційну мережу з розподіленою обробкою, який, завдяки єдиному координатно-часовому забезпеченню усіх систем мережі, дозволяє об'єднувати данні трасової обробки, та видається з різноманітним темпом, шляхом проведення мережевого супроводу. Розроблені концептуальні основи створення єдиної інформаційної мережі, що запитусе.

The algorithm of air object tracking the queries systems of supervision is resulted at including them in a unified information network with the distributed processing, which, due to the single coordinate-time providing of all systems of network, allows to unite information of route processing, given out with a different rate, by conducting of network , tracking. Conceptual bases of unified information network creation of the enquiry supervision systems are developed.

Постановка задания и анализ литературы. Сетевому построению информационных средств уделяется значительное внимание [1-4]. 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 систем наблюдения (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 единую информационную сеть (ЕИС) на принципе механического объединения только информации не разрешает проблем отдельных информационных средств, в частности, запросных систем наблюдения (ЗСН). Следует отметить, что переход к зависимому наблюдению, рекомендованного ИКАО, превращает ЗСН из дополняющих в информационном обеспечении потребителей к основным. 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. Подобные задачи ставятся в [5].

Цель работы – разработка алгоритма сетевого сопровождения ВО ЗСН включенными в ЕИС с распределенной обработкой информации.

Основная часть. Естественная эволюция любых СН приводит к объединению разнородных СН 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 ВО 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 СН линиями связи позволяет расширить зону видимости за пределами максимальной дальности одиночной СН, которая ограничена либо пределами прямой видимости, либо мощностью излучения. Такого результата можно добиться при минимальном перекрытии зон видимости СН, тем самым, сводя к минимуму количество приемных датчиков, развертываемых в заданной области. Однако объединение в сеть СН и с перекрывающимися зонами видимости связано также с рядом преимуществ. Одно из преимуществ состоит в увеличении вероятности обнаружения в пределах некоторого интервала времени, которое обеспечивает ЕИС, по сравнению со случаем разрозненных СН, при этом снижается вероятность срыва сопровождения. Как вариант, при заданной вероятности срыва сопровождения, вероятность обнаружения для каждой сетевой СН может быть снижена относительно случая разрозненных СН. Это подразумевает снижение мощности передатчиков и, следовательно, снижение стоимости каждой из отдельных СН. В зависимости от типа прикладной задачи, объединение СН в сеть может оказаться более удобным, чем одиночная СН, которая и обладает высокой мощностью и высокой скоростью выдачи данных.

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

Сетевая СН обеспечивает более высокий темп выдачи данных потребителю, при соответствующем уменьшении ошибок фильтрации. Сетевая структура, позволяющая учитывать матрицу точности измерений, поступающие от двух или более СН, повышает точность сетевой системы в целом в сравнении со случаем комбинирования данных путем простого усреднения. В этом случае точность координат, выдаваемых потребителю, повышается пропорционально корню квадратному числа используемых СН. Лучшие результаты может дать метод комбинирования, при котором координатные данные по каждому ВО подвергается весовой обработки, в соответствии с их

точностными показателями.

Еще одним преимуществом сетевых систем является их более высокая помехоустойчивость к естественным и преднамеренным помехам. Кроме того, высоту ВО и суммарный вектор скорости можно оценить, соответствующим образом комбинируя данные измерений, выдаваемых отдельными СН сети. При объединении в сеть обеспечиваются расширенные возможности реконфигурации системы в случае возникновения отказов в работе отдельных СН. Тем самым достигается большая надежность обзора контролируемого воздушного 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 отметки от ВО, 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 СН 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 ВО с различным темпом выдачи данных и различными показателями качества обнаружения и измерения координат. По линиям связи данные пересылаются к потребителю, который выполняет функции сопровождения, прогнозирования траектории полета ВО, корреляцию, сглаживание траекторий и преобразование координат, получаемых по данным измерений, выдаваемых рассредоточенными информационными источниками, к опорной системе координат потребителя.

В зависимости от степени используемой обработки данных, сетевые ЗСН можно дополнительно классифицировать как распределенные или централизованные. Распределенная архитектура характеризуется тем, что на каждой ЗСН осуществляется первичная и вторичная обработка информации. Локальные данные слежения затем выдаются потребителям, в аппаратуре обработки которого данные объединяются, с целью установления единого многостанционного слежения за каждым ВО. Такая структура сети наиболее целесообразна при объединении существующих ЗСН в ЕИС [6-9]. В централизованной архитектуре используется единый процессор обработки данных. Такая структура сети может быть рекомендована при расположении ЗСН в ограниченном пространстве, например, СН ближней и дальней зоны информационного 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 ЗСН 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 СН 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 информации темп обзора пространства, которых различен. В каждом из источников 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 $\bar{C}_{o(k+1)}$, то есть 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 производить фильтрацию траектории ВО 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) ЗСН, входящих в сеть, с требуемыми точностными показателями. В зависимости от точностных показателей КВО информационных средств ЕИС можно классифицировать как сеть, реализованную на несинхронном (плзиохронном) и синхронном принципах.

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

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

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

Следовательно, объединение существующих запросных СН в ЕИС на несинхронном принципе позволяет:

- исключить третичную обработку при сетевом сопровождении ВО;
- повысить вероятность объединения;
- существенным образом повысить помехоустойчивость запросных СН, реализованных на сетевом принципе;
- повысить качество идентификации ВО.

Выводы. На основании вышеизложенного можно заключить, что концептуальными основами создания ЕИС на базе запросных СН, в которой мо-

жет 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.

Список литературы: 1. *Lok J.J.* C² for the air warrior // *Jane's International Defense Review*. – October 1999. – V. 2. – P. 53-59. 2. *Farina A., Studer F.A.* Radar Data Processing Introduction and Tracking. Vol.1. Research Studies Press. Letch worth England. 1985. – P. 121-123. 3. Теоретичні основи побудови заводозахисних систем інформаційного моніторингу повітряного простору / *В.В.Ткачев, Ю.Г.Даник, С.А. Жуков, І.І.Обод, І.О. Романенко*. – Киев, МОУ, 2004. – 271 с. 4. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / *В.В.Ткачев, Ю.Г.Даник, С.А. Жуков, І.І.Обод, І.О. Романенко*. – Киев, МОУ, 2004. – 342 с. 5. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2008 р. № 834. 6. Синтез оптимального виявлювача траєкторій повітряних об'єктів за даними запитних систем спостереження єдиної інформаційної мережі / *Обод І.І., Заволодько Г.Е.* // Вісник НТУ «ХП». Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ «ХП». – 2008. – № 49. – С. 114-120. 7. *Обод І.І., Заволодько А.Э.* Синтез квазиоптимального обнаружителя трасс воздушных объектов запросными системами наблюдения единой информационной сети // Системы обработки информации. – Харьков. – 2009. – Вып. 2(76). – С.96-98. 8. *Заволодько А.Э.* Сравнительный анализ качества обнаружения трасс воздушных объектов запросными системами наблюдения единой информационной сети // Системы управления, навигации та зв'язку. – Харьков. – 2009. – Вып. 1(9). – С. 38-41. 9. *Обод І.І., Заволодько Г.Е.* Спосіб мережної обробки інформації спільних інформаційних систем // Патент № 35887 від 23.04.08.

Надійшла до редколегії 31.03.2009.

УДК 004.045:621.396.96

І.І.ОБОД, докт.техн.наук, НТУ «ХП»;

М.Ю.ОХРИМЕНКО, НТУ «ХП»

ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ПОЛЬОТУ ПОВІТРЯНОГО ОБ'ЄКТУ В ЄДИНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ОБРОБКОЮ ІНФОРМАЦІЇ

Розглянуто можливість виміру висоти польоту літального апарата за вимірами похилої дальності. Проведено математичне моделювання чутливості вимірювання висоти літального апарата до помилок синхронності формування часу приймальних пунктів. Розглянуто залежність чутливості вимірювання висоти від геометрії розташування приймальних пунктів. Висунуто вимоги щодо синхронності шкал часу при вимірюванні висоти.