

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАЗНОРОДНЫМ САМОЛЕТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

А.В. Юков

АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

Россия, 432071, Ульяновск, Крымова 10А

E-mail: ykov@ukbp.ru

Ключевые слова: система управления общесамолетным оборудованием, анализ архитектуры, разнородное оборудование, АО УКБП.

Аннотация: Рассмотрены распределенная и интегрированная архитектуры интеллектуальных систем управления разнородным общесамолетным оборудованием. Проанализированы особенности информационных моделей распределенной и интегрированной архитектур систем управления. Описаны функциональные возможности распределенной и интегрированной архитектур систем управления. Приведен анализ различных архитектур интеллектуальных систем управления разнородным общесамолетным оборудованием методом сопоставления информационных моделей. Определена наиболее перспективная архитектура интеллектуальной системы управления.

1. Информационная модель системы управления общесамолетным оборудованием

Под архитектурой интеллектуальной системы управления будем понимать совокупность соединенных между собой информационными связями конструктивных элементов, отражающих суть строения системы и функциональное деление решаемых задач. В качестве базовых можно выделить два типа архитектур систем управления общесамолетным оборудованием, распределенную и интегрированную архитектуры [3].

Распределенная – архитектура, в которой решаемые задачи распределены по элементам системы, каждый элемент автономно выполняет задачи управления конкретной самолетной системой [4].

Интегрированная – архитектура, в которой элементы системы объединены информационными связями, организующими иерархическую функциональную последовательность действий (операций) направленных на выполнение поставленных перед системой задач [1].

Информационную модель системы можно представить в виде множества информационно – управляющих параметров, взаимодействующих между собой по средствам однозначно сформулированных алгоритмов. Во множестве информационно – управляющих параметров можно выделить подмножество параметрической информации I , подмножество информационно – логических элементов S и подмножество команд управления исполнительными механизмами Z [2].

В свою очередь, множество информационно – логических элементов S можно представить в виде подмножества логических параметров, описывающее состояние самолетных систем S_I , подмножества логических и арифметических функций обработки параметрической информации S_F , подмножество логических команд управления и сообщений о состоянии общесамолетного оборудования (ОСО), являющихся продуктом обработки множества S_I элементами множества S_F (S_Z).

Множество S_I является отображением множества I :

$$I_F: I \rightarrow S_I, I_F = \{W^{Ik}, W^{If}\},$$

где W^{Ik} – передаточная функция задачи контроля преобразования параметрической информации, W^{If} – передаточная функция преобразования параметрической информации от самолетных систем.

Множество Z является отображением множества S_Z :

$$Z_F: S_Z \rightarrow Z, Z_F = \{W^{Zk}, W^{Zf}\},$$

где W^{Zk} – передаточная функция контроля задачи формирования выходных сигналов системы (сообщений и команд управления), W^{Zf} – передаточная функция задачи формирования выходных сигналов.

Множество S_Z , являющееся результатом обработки множества S_I в соответствии с алгоритмами системы управления, содержащимися во множестве S_F :

$$S_F: S_I \rightarrow S_Z, S_Z = \{K_{F1}, K_{F2}, K_{F3}, \dots, K_{Fn}\}, K_{Fj} = W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}, S_{Ij} = \{P_{ij1}, \dots, P_{ijn}\},$$

$$S_{Ij} \in S_I, W_j^{Fk} \in S_F, W_j^{Fl} \in S_F,$$

$$S_Z = \{W_1^{Fk} W_1^{Fl} S_{I1}, W_2^{Fk} W_2^{Fl} S_{I2}, \dots, W_n^{Fk} W_n^{Fl} S_{In}\},$$

где W^{Fk} – передаточная функция контроля задачи логической обработки сигналов системы (сообщений и команд управления), W^{Fl} – передаточная функция задачи логической обработки сигналов.

Следовательно,

$$S_{Ij} = \{P_{ij}: P_{ij} \in S_I, P_{ij} = W_j^{Ik} W_j^{If} P_j, P_j \in I\}, I_j \notin I_{j+1},$$

т.е. подмножество всех элементов P_{ij} , в каждый из которых при отображении I_F отображается хоть один элемент из подмножества I_j множества I , является образом подмножества I_j и как следствие:

$$(1) \quad S_I = \bigcup_{j=1..m} S_{Ij}, S_{Ij} = \bigcup_{g=1..v} P_{ijg}, P_{ijg} \neq P_{i(j+1)g}, P_{ijg} \in S_{Ij} \text{ и } P_{i(j+1)g} \in S_{Ij+1}.$$

Аналогично,

$$Z_j = \{K_{jg}: K_{jg} \in Z, K_{jg} = W_{jg}^{Zk} W_{jg}^{Zf} K_{Fjg}, K_{Fjg} \in S_Z\}, S_{Zj} \notin S_{Zj+1},$$

$$(2) \quad Z = \bigcup_{j=1..m} Z_j, Z_j = \bigcup_{g=1..v1} K_{jg}, K_{jg} \neq K_{(j+1)g}, K_{jg} \in Z_j \text{ и } K_{(j+1)g} \in Z_{j+1}.$$

Следствием свойства (1) и (2) является возможность конструктивной реализации задачи преобразования параметрической информации и формирования команд управления (функции I_F и Z_F) в виде отдельных независимых однотипных аппаратных модулей с числом каналов приема параметрической информации и формирования команд управления, равных количеству элементов во множествах S_{Ii} и Z_i .

2. Информационная модель интегрированной системы управления общесамолетным оборудованием

Зависимость между входными параметрами и командами управления можно определить как:

$$K_{ij} = W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}, S_{Ij} = \{P_{i1}, \dots, P_{im}\}, K_{ij} \in S_Z, W_j^{Fk} \in S_F, W_j^{Fl} \in S_F \text{ и } P_i \in S_I.$$

Следовательно,

$$S_Z = \{K_{ij}, K_{ij} = W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}, S_{Ij} \in S_I, S_{Ij} = \{P_1, \dots, P_m\}\}, S = S_I \cup S_F \cup S_Z, S = (\cup_{j=1 \dots m} S_{Ij}) \cup S_F \cup (\cup_{j=1 \dots m} S_{Zj}),$$

где

$$S_{Ij} = \{P_{ij1}, P_{ij2}, \dots, P_{ijq}\}, S_F = \{W_1^{Fk}, W_1^{Fl}, \dots, W_n^{Fk}, W_n^{Fl}\}, S_{Zj} = \{K_{ij1}, K_{ij2}, \dots, K_{ijq}\}.$$

Подмножество S_F можно представить в виде совокупности подмножеств логических функций

$$S_F = \cup_{j=1 \dots m} S_{Fj}, S_{Fj} = \{W_{j1}^{Fk}, W_{j1}^{Fl}, \dots, W_{jg}^{Fk}, W_{jg}^{Fl}\}, S_{Zj} = \{K_{ijg}, K_{ijg} = W_{jg}^{Fk} W_{jg}^{Fl} P_{ijg}, P_{ijg} \in S_{Ij}\}$$

и

$$W_{jg}^{Fk} \neq W_{(j+1)g}^{Fk}, W_{jg}^{Fl} \neq W_{(j+1)g}^{Fl}, W_{jg}^{Fk} \in S_{Fj}, W_{jg}^{Fl} \in S_{Fj}, W_{(j+1)g}^{Fk} \in S_{Fj+1}, W_{(j+1)g}^{Fl} \in S_{Fj+1}.$$

Схема деления множества S будет представлять систему информационно – логических подмножеств, состоящих из однозначно определенных элементов.

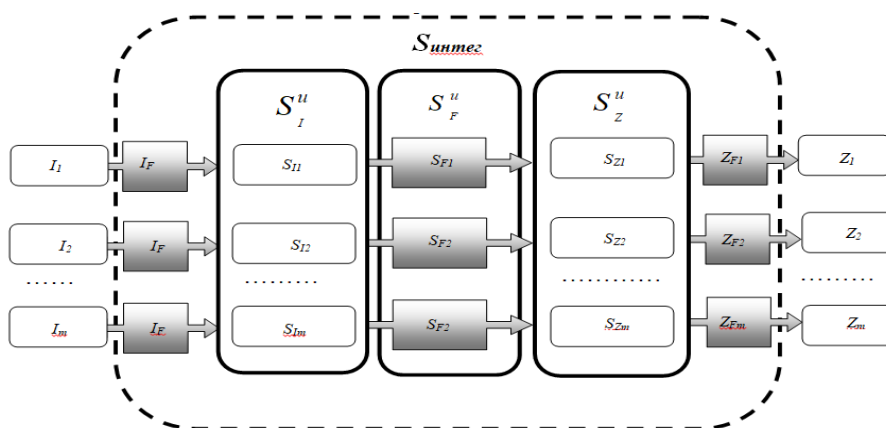


Рис. 1. Информационная модель интегрированной системы управления общесамолетным.

$$S_I^u = \cup_{j=1 \dots m} W_j^{Ik} W_j^{If} I_j, S_F^u = \{W_1^{Fk}, W_1^{Fl}, \dots, W_n^{Fk}, W_n^{Fl}\}, S_Z^u = \cup_{j=1 \dots m} W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}^u, I_F^u = \{W_1^{Ik}, W_1^{If}, \dots, W_n^{Ik}, W_n^{If}\}, Z_F^u = \{W_1^{Zk}, W_1^{Zf}, \dots, W_n^{Zk}, W_n^{Zf}\}, Z = \cup_{j=1 \dots m} W_j^{Zk} W_j^{Zf} S_{Zj}^u, S_{интег.} = S_I^u \cup S_F^u \cup S_Z^u \cup I_F^u \cup Z_F^u.$$

Следствием вышеизложенного является возможность распределения алгоритмов управления самолетными системами по автономным программным модулям, обрабатываемых единым вычислительным устройством, а также отсутствие связей между однотипными элементами системы. В свою очередь, это оказывает положительное влияние на надежность системы, так как исключает взаимовлияние элементов выполняющих однотипные функции и значительно сокращает объем вторичной информации передаваемой между элементами системы. Уменьшение количества передаваемой информации приводит к уменьшению количества линий связи и тем самым снижает совокупное количество электрорадиоизделий, используемых для разработки элементов системы.

3. Информационная модель распределенной системы управления общесамолетным оборудованием

Анализ функций выполняемых общесамолетными системами показал, что задачи управления различными общесамолетными системами взаимосвязаны в части использования параметрической информации от датчиков и исполнительных механизмов самолетных систем.

Следовательно,

$$\begin{aligned}
 S_I^p &= \bigcup_{j=1\dots m} S_{Ij}^p, S_{Ij}^p = W_j^{Ik} W_j^{If} I_j \cup (\bigcup_{i=1\dots m, i \neq j} W_{j,i}^{Ik} W_{j,i}^{If} I_{j,i}), I_{j,i} \subset I_j, I_{j,i} \notin I_{j+1}, \\
 V_I &= \bigcup_{j=1\dots m} (\bigcup_{i=1\dots m, i \neq j} W_{j,i}^{Ik} W_{j,i}^{If} I_{j,i}), S_I = \bigcup_{j=1\dots m} W_j^{Ik} W_j^{If} I_j, S_I^p = S_I \cup V_I, \\
 S_F^p &= \{W_1^{Fk}, W_1^{Fl}, \dots, W_n^{Fk}, W_n^{Fl}\}, S_Z^p = \bigcup_{j=1\dots m} S_{Zj}^p, \\
 S_{Zj}^p &= W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}^p \cup (\bigcup_{i=1\dots m, i \neq j} W_{j,i}^{Fk} W_{j,i}^{Fl} S_{Ij,i}), S_{Ij,i} \subset S_{Ij}, S_{Ij,i} \notin S_{Ij+1}, \\
 V_Z &= \bigcup_{j=1\dots m} (\bigcup_{i=1\dots m, i \neq j} W_{j,i}^{Fk} W_{j,i}^{Fl} S_{Ij,i}), S_Z = \bigcup_{j=1\dots m} W_j^{Fk} W_j^{Fl} S_{Ij}^p, \\
 S_Z^p &= S_Z \cup V_Z, \\
 I_F^p &= \{W_1^{Ik}, W_1^{If}, \dots, W_n^{Ik}, W_n^{If}\}, Z_F^p = \{W_1^{Zk}, W_1^{Zf}, \dots, W_n^{Zk}, W_n^{Zf}\}, \\
 S_{распр} &= S_I \cup V_I \cup S_F^p \cup S_Z \cup V_Z \cup I_F^p \cup Z_F^p
 \end{aligned}$$

Задача обработки информационных множеств V_I и V_Z приводит к необходимости использования в распределенной системе управления ОСО дополнительных аппаратных средств и интерфейсов (в отличие от интегрированной), что оказывает отрицательное влияние на показатели надежности системы.

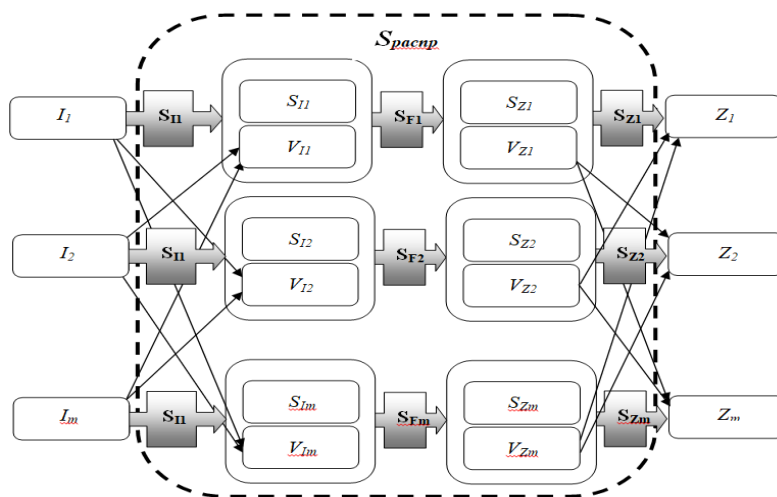


Рис. 2. Информационная модель распределенной системы управления общесамолетным.

4. Сравнение информационно – логических множеств распределенной и интегрированной систем управления общесамолетным оборудованием

В интегрированных системах управления информационно – логическое множество определяется как:

$$S_{\text{интег.}} = S_I^{\text{и}} \cup S_F^{\text{и}} \cup S_Z^{\text{и}} \cup I_F^{\text{и}} \cup Z_F^{\text{и}}.$$

В распределенных системах управления информационно-логическое множество определяется как:

$$S_{\text{распр}} = S_I \cup V_I \cup S_F^{\text{р}} \cup S_Z \cup V_Z \cup I_F^{\text{р}} \cup Z_F^{\text{р}}.$$

Поскольку интегрированная и распределенная системы используют одни и те же множества I и Z , то

$$S_I^{\text{и}} = S_I, S_Z^{\text{и}} = S_Z, I_F^{\text{и}} = I_F^{\text{р}}, Z_F^{\text{и}} = Z_F^{\text{р}}, S_F^{\text{и}} \leq S_F^{\text{р}}.$$

Учитывая, что объем множества данных является алгебраической мерой сложности системы, определим информационную сложность распределенной системы равной объему множества $S_{\text{распр}}$ и информационную сложность интегрированной системы равной объему множества $S_{\text{интег.}}$. Следовательно, распределенная система сложнее интегрированной системы на объем множества:

$$V_I \cup V_Z = S_{\text{распр}} \setminus S_{\text{интег.}}$$

где $V_I \cup V_Z$ – информационная избыточность распределенной системы относительно интегрированной.

Очевидно, что различные варианты распределенных архитектур систем управления в отличие от интегрированных имеют программно – аппаратную избыточность, зависящую от степени интеграции решаемых системой задач.

5. Заключение

Различные варианты распределенных архитектур систем управления в отличие от интегрированных имеют программно – аппаратную избыточность зависящую от степени интеграции решаемых системой задач. Вычислительные мощности новых микропроцессоров в случае применения в распределенных системах не используются полностью в силу отсутствия необходимого количества задач решаемых одним элементом системы.

Список литературы

1. Макаров Н.Н., Кожевников В.И., Дервянкин В.П., Юков А.В., Попович К.Ф., Школин В.П. Универсальная система управления и диагностики общесамолетного оборудования // Авиакосмическое приборостроение. 2006. № 3. С. 37-41.
2. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 352 с.
3. <http://engineering-science.ru/doc/64655.html?ysclid=lskqbx3fxk555839820> (дата обращения 12.01.2024).
4. Андриевский Ю.А., Воскресенский Ю.Е., Доброленский Ю.П. и др. Авиационное оборудование. М.: Воениздат, 1989. 248 с.