

УДК 004.41

Взаимное информационное согласование как метод обеспечения отказоустойчивой работы группировок беспилотных летательных аппаратов

Ашарина Ирина Владимировна^(*)

asharinairina@mail.ru

Гришин Вячеслав Юрьевич

grishin@se.zgrad.ru

Орлов Алексей Валерьевич

submicron@se.zgrad.ru

АО «НИИ «Субмикрон», Зеленоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена организация отказоустойчивого решения целевой задачи мониторинга на базе группировки беспилотных летательных аппаратов. В сети произвольной, но известной структуры выделяется подсистема, все вычислители которого репликационно решают целевую либо системную задачу. Ключевой проблемой является системное взаимное информационное согласование, обеспечивающее согласованность информации во всех вычислителях всех комплексов в условиях возникновения неисправностей, допустимых заданной моделью неисправности.

Ключевые слова: отказоустойчивость, враждебные неисправности, группировка беспилотных летательных аппаратов, надежность, взаимное информационное согласование

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) выполняют большое количество прикладных задач, в том числе мониторинга целевых событий: природные явления, техногенные катастрофы и т. д. Достоверность результатов наблюдений и принятия согласованных решений обеспечивают группировки БПЛА, гарантоспособность которых поддерживается возможностью выполнения алгоритмов взаимного информационного согласования (ВИС) как концептуальной основы создания отказоустойчивых систем, что является актуальной задачей.

Материалы и методы; результаты. Обеспечение отказоустойчивой работы группировок БПЛА. Высокая степень интеграции элементной базы бортовых вычислителей БПЛА и работа в сложных условиях определяют необходимость применения модели «враждебных» неисправностей, когда поведение неисправного вычислителя полностью произвольно, включая его неодинаковость по отношению к другим элементам системы. Отказоустойчивость целевой задачи обеспечивается ее репликацией — решением задачи на n вычислителях [1], из которых не более μ могут быть неисправными. Для достижения ВИС должно выполняться условие $n \geq 3\mu + 1$. Совокупность вычислителей, удовлетворяющая заданным структурным требованиям, называется комплексом. Каждый исправный вычислитель комплекса может определить вектор согласованных значений всех его вычислителей, что обеспечивает достоверность решения задачи [2]. Надежное функционирование комплексов БПЛА обеспечивается их системами контроля и управления [3],

функции которых в еще большей степени, чем решение целевых задач, поддерживаются применением алгоритмов ВИС.

Группировка БПЛА имеет оптимальные характеристики, если ее модель — полный граф, но работа в сложных условиях может нарушить прямую радиовидимость, тогда используют БПЛА-ретрансляторы. В графовой модели группировки БПЛА вершины, соответствующие вершинам полного графа, называются основными, остальные — ретрансляторы.

Достаточные условия достижения ВИС: 1) наличие в графовой модели группировки БПЛА подграфа полного или гомеоморфного полному с количеством основных вершин более 3μ ; 2) для каждого ретранслятора существуют исходящие из него непересекающиеся пути не менее чем к $2\mu + 1$ основным вершинам; 3) для каждого ретранслятора существуют входящие не пересекающиеся пути не менее чем от $2\mu + 1$ основных вершин.

ВИС выполняется при завершении целевой задачи комплексом либо при обнаружении неисправностей. Результатом ВИС является вектор согласованных значений комплекса, который даже при наличии μ неисправных вычислителей будет одинаковым во всех исправных.

Заключение. Процесс ВИС, обеспечивающий гарантоспособность работы распределенных систем, применяется при выполнении целевых задач и для определения технического состояния группировки БПЛА. Полносвязная структура группировки БПЛА имеет оптимальные временные и массогабаритные характеристики. Достаточная мощность группировки позволяет решать многозадачные задания при возможности построения комплексов, связанных отказоустойчивой средой их взаимодействия.

Список источников

- [1] Авиженис А. Отказоустойчивость — свойство, обеспечивающее постоянную работоспособность цифровых систем. *ТИИЭР*, 1978, т. 66, № 10, с. 5–25.
- [2] Ашарина И.В., Лобанов А.В. Выделение комплексов, обеспечивающих достаточные структурные условия системного взаимного информационного согласования в многокомплексных системах. *АиТ*, 2014, № 6, с. 115–131.
- [3] Ведерников Ю.В. *Основы структурной оптимизации систем контроля и управления беспилотными летательными аппаратами*. Санкт-Петербург, Политехника, 2022, 367 с.