

Дехнич Глеб Денисович,
Студент, ФВУНЦ ВВС «ВВА»

Иванов Евгений Александрович,
Студент, ФВУНЦ ВВС «ВВА»

Стрельцов Виктор Владимирович,
Преподаватель, ФВУНЦ ВВС «ВВА»

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОНОМНЫХ БПЛА В СИСТЕМУ ТАКТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: ПРОТОКОЛЫ ОБМЕНА И СОВМЕСТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАДАЧ

Аннотация. В статье рассматриваются методы интеграции автономных беспилотных летательных аппаратов в тактическую систему управления, включая особенности обмена данными и алгоритмы совместного планирования задач. Анализируются современные подходы к координации групп БПЛА разнородного назначения и предлагается концепция протокола взаимодействия, обеспечивающая адаптивность и надёжность в динамической боевой обстановке.

Ключевые слова: БПЛА; тактическое управление; протокол обмена; совместное планирование; рой беспилотников.

Современные боевые и разведывательные операции всё чаще предполагают использование групп автономных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), действующих как единый компонент автоматизированной системы управления (АСУ). Их преимущества – подвижность, быстрота реакции, возможность покрытия большой площади, а также снижение риска для личного состава.

Однако эффективность применения БПЛА на тактическом уровне зависит от способности интегрировать их в единую цепочку управления: как с оператором/пунктом управления, так и между собой. Это требует надежных протоколов обмена информацией и алгоритмов совместного планирования задач. В условиях динамической боевой обстановки, ограниченных ресурсов (энергия, связь), помех и необходимости взаимодействия разных типов БПЛА (разведывательных, огневых, ретрансляторов и т.д.) возникает комплекс технических и алгоритмических задач [1]

Существующие подходы и проблемы интеграции. Архитектурные модели координации

Среди подходов к управлению роем или группой БПЛА можно выделить централизованную, децентрализованную и гибридную архитектуры.

- В централизованной модели все задачи задаются и распределяются командным пунктом, который контролирует распределение миссий, маршрутизацию, перераспределение задач.

- В децентрализованной (peer-to-peer или с избранием лидера) часть логики перераспределения и планирования осуществляется на борту БПЛА или группой самостоятельно. Например, в рамках “роя” может быть выбран лидер, который агрегирует информацию и принимает некоторые решения локально.

- Гибридные модели сочетают централизованное задание миссии и автономную корректировку в полёте (динамическое перераспределение подзадач в рамках изменяющейся обстановки). [1, 2]

Проблемы интеграции.



Несколько основных вызовов при включении автономных БПЛА в тактическую систему управления:

1. Сетевая надёжность и задержки

Канал связи может иметь ограниченную пропускную способность, временные потери пакетов, помехи, или вовсе потерю связи с некоторыми БПЛА. Протокол обмена должен быть устойчив к потерям, обеспечивать подтверждения, таймауты и гарантировать целостность команд.

2. Ограничность ресурсов

Каждый БПЛА имеет ограниченный запас энергии, вычислительные ресурсы и время реакции. Планировщик должен учитывать остаток батареи, время возврата, длительность маршрута и оперативно перераспределять задачи при изменении параметров.

3. Разнородность платформ

Разведывательные БПЛА, ударные БПЛА, ретрансляторы связи и т.д. могут иметь разные скорости, радиус действия, полезную нагрузку, требования к безопасности. Алгоритм должен учитывать конкретные способности каждого БПЛА.

4. Поддержание связности и координация

При распределении задач важно, чтобы БПЛА поддерживали связь между собой или с центром управления – иначе часть подзадач может стать недоступной или неконтролируемой. Некоторые алгоритмы учитывают связность группы как критерий при распределении.

Примеры координации разведывательных и ударных БПЛА.

Рассмотрим сценарий: разведывательный БПЛА (Р-БПЛА) патрулирует зону и обнаруживает враждебную цель. Он передаёт информацию в рамках протокола обмена, далее система автоматически перераспределяет задачу ударному БПЛА (У-БПЛА) на выполнение атаки [3]

В таком сценарии требуется:

- нemедленная передача координат, времени обнаружения, оценки приоритета (враждебная активность)
- проверка, доступен ли У-БПЛА (в пределах радиуса, с достаточным запасом топлива, свободен ли от других задач)
- если доступен, то генерация задачи для него, с указанием маршрута, времени захода, высоты, ожиданий и контроля безопасности (например, минимальная дистанция к зоне поражения)
- контроль за успешностью выполнения (подтверждения), возможность отмены или перенаправления задачи в случае отказов

В дополнение, может быть предусмотрена схема, при которой групповое планирование перераспределяет задачи между несколькими У-БПЛА, если один из них выходит из строя или теряет связь, при этом сохраняется приоритет поражения цели и минимизируется время задержки [2]

Протоколы обмена и алгоритмы совместного планирования

В этом разделе предложена концептуальная схема протокола обмена задачами и алгоритмы совместного планирования, пригодная для тактического уровня.

Протокол обмена задачами. Структура сообщений.

Каждое сообщение между пунктом управления и БПЛА / между БПЛА включает следующие поля: Идентификатор сообщения (ID); Тип сообщения: TaskAssign, TaskUpdate, StatusReport, Heartbeat, CoordinationRequest; Приоритет задачи (напр., разведка высшего приоритета, атака менее – или наоборот, зависит от сценария); Координаты / зона интереса (географические данные), время выполнения или окно времени; Оценка требуемых ресурсов (энергия, возможность возврата); Состояние каналов связи (latency / качество); Подтверждение



(ACK / NACK) и статус выполнения (started, in-progress, completed, failed); Метаданные: тип БПЛА (разведывательный / ударный / ретранслятор), возможности (скорость, дальность, полезная нагрузка) [3]

Представим операцию патрулирования зоны «А», в которой обнаружена подозрительная активность в секторе «Х». Стратегический план:

- Разведывательные БПЛА (Р1, Р2) патрулируют сектор по сетке
- Один из них (Р1) обнаруживает цель и отправляет сигналы об обнаружении
- Лидер-планировщик (центр или назначенный БПЛА-лидер) получает сообщение обнаружения и генерирует задачу атаки (TaskAssign → У-БПЛА У1)
- У1 подтверждает возможность (ACK), получает маршрут захода и время.
- Если в процессе выполнения У1 замечает, что препятствие на пути или связь нарушилась, оно инициирует coordinationRequest к лидеру или соседу У2.
- Лидер инициирует TaskUpdate: перенаправляет задание У1 → У2 или корректирует маршрут.
- После выполнения – У1 отправляет StatusReport «выполнено», и стратегия возвращения уточняется с учётом остаточной энергии.

Интеграция автономных БПЛА в систему тактического управления требует продуманной архитектуры обмена задачами и алгоритмов совместного планирования. Основные преимущества предложенной схемы – гибкость (возможность перераспределения задач в полёте), надёжность (контроль статуса и распределения нагрузки), и адаптивность к динамической обстановке.

Список литературы:

1. Лондиков В. А., Луканов С. Ю., Тимошевская О. Ю. «Разработка интеллектуального алгоритма управления группой беспилотных летательных аппаратов». Computational Nanotechnology, 2024, т. 11, № 2, с. 86-92
2. Ж. Б. Нгуа Ндонг Авеле. «Разработка программно-алгоритмического обеспечения и системы коммуникации взаимодействия для управления роем беспилотных летательных аппаратов, выполняющих миссию по мониторингу в группе». Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023, т. 16, № 1, с. 66-76
3. Товарнов М. С., Быков Н. В. «Подход машинного обучения к формированию функции управления группой беспилотных летательных аппаратов». Материалы конференции (МГТУ им. Баумана / РУТ-МИИТ), 2024

