



Основы беспроводной связи для БАС



Типы беспроводной связи для БАС



Существует два основных типа беспроводной связи, используемых в БАС: радиочастотная (РЧ) связь и спутниковая связь

РЧ связь обеспечивает прямую связь между БАС и наземной станцией на относительно небольших расстояниях, используя радиоволны для передачи данных и команд

Спутниковая связь применяется для управления БАС на больших расстояниях и в условиях отсутствия прямой видимости, обеспечивая глобальное



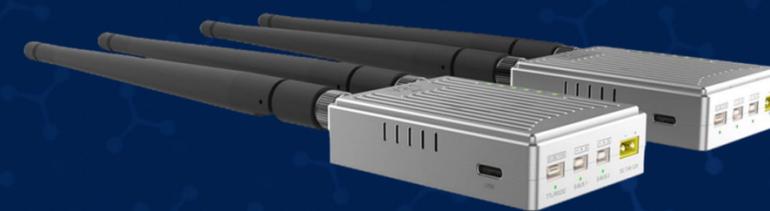
Радиочастотная связь



РЧ связь для БАС использует различные диапазоны частот, наиболее распространенными из которых являются 433 МГц, 900 МГц, 2.4 ГГц и 5.8 ГГц

Для передачи данных по радиоканалу используются методы модуляции сигнала, такие как частотная (FM), амплитудная (AM) и фазовая (PM) модуляция

Кроме того, для обеспечения совместимости и эффективной передачи данных применяются специальные протоколы, такие как MAVLink, UAVCAN и RTPS

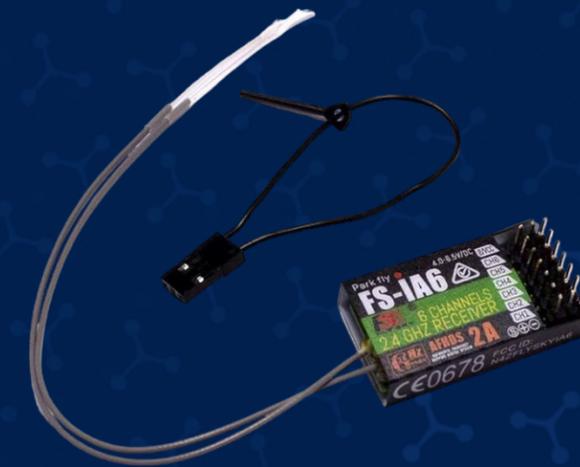


Компоненты системы радиосвязи БАС



Система радиосвязи БАС состоит из приемопередатчиков на борту БАС и наземной станции управления, антенн для обеспечения качественной связи и программного обеспечения для обработки, отображения и хранения телеметрических данных, а также формирования и отправки команд управления

Направленные антенны обеспечивают большую дальность и помехоустойчивость, но требуют точного наведения на БАС



ELRS



ExpressLRS — это система радио управления, которая разрабатывается сообществом как opensource проект. Отличается высокой частотой обновления пакетов, обеспечивая внушительную дальности радиосвязи. Существует в двух вариантах частотного диапазона, 2.4ГГц и 900МГц. Проект так же подразумевает, что многие приемники и передатчики пользователь может выполнить самостоятельно (в списке устройств DIY). Уже сейчас ELRS работает не хуже аналогов, таких как Crossfire, FrSky R9m, не уступая им в дальности связи и даже превосходит их в некоторых тестах. Имеет лидирующую скорость обмена пакетами среди конкурентных систем на данный момент



Welcome to **ExpressLRS!**
The best RC link that you can build yourself!

Wi-Fi и другие технологии

Помимо перечисленных выше типов связи, в БАС могут применяться и другие беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, Bluetooth или ZigBee.

Периферийные технологии

Эти технологии обычно используются для коммуникации между БАС и устройствами, такими как датчики, камеры или полезная нагрузка, а также для передачи данных на короткие расстояния, например, при взлете и посадке БАС



MAVLink



MAVLink (Micro Air Vehicle Link) - это легкий, компактный и надежный протокол передачи данных, специально разработанный для коммуникации между БАС и наземной станцией. Он поддерживает широкий спектр типов данных, включая телеметрию, команды управления и настройки системы. MAVLink имеет открытую архитектуру и поддерживается большинством популярных полетных контроллеров и наземных станций управления



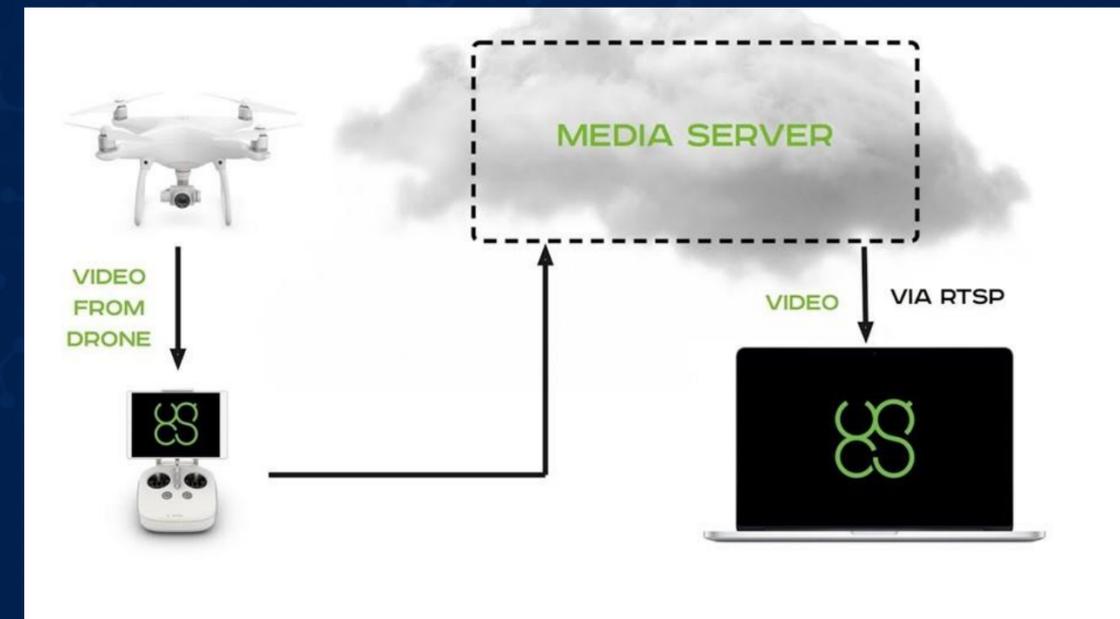
RTPS



RTPS (Real-Time Publish-Subscribe) - это протокол передачи данных, основанный на модели публикации-подписки

Он обеспечивает низкую задержку и высокую пропускную способность при передаче данных между БАС и наземной станцией, а также между различными компонентами БАС

RTPS поддерживает качество обслуживания (QoS) и позволяет настраивать приоритеты и политики доставки данных в зависимости от требований приложения



Факторы, влияющие на передачу данных: расстояние

Расстояние между передатчиком и приемником является одним из ключевых факторов, влияющих на качество передачи данных в беспроводной связи БАС.

С увеличением расстояния мощность принимаемого сигнала уменьшается в соответствии с законом обратных квадратов, что приводит к снижению отношения сигнал/шум и увеличению вероятности ошибок при передаче данных.

Для компенсации потерь на больших расстояниях используются более мощные передатчики, чувствительные приемники, направленные антенны и технологии обработки сигналов, такие как коды коррекции ошибок и методы расширения спектра



Препятствия и помехи



Препятствия и помехи могут значительно ухудшить качество передачи данных в беспроводной связи БАС

Препятствия, такие как здания, деревья или горы, могут вызывать отражение, рассеяние и поглощение радиосигнала, что приводит к замираниям, искажениям и потерям мощности сигнала

Помехи от других источников радиоизлучения, работающих на тех же или близких частотах, могут создавать интерференцию и затруднять выделение полезного сигнала на фоне шума. Для борьбы с препятствиями и помехами применяются методы пространственного разнесения антенн, адаптивной фильтрации, помехоустойчивого кодирования и динамического выбора частотных каналов



Заключение



Беспроводная связь является неотъемлемой частью БАС, обеспечивающей надежную и эффективную передачу данных между БАС и наземной станцией управления

Правильный выбор и настройка оборудования, учет факторов, влияющих на качество связи, и использование оптимальных технологий и протоколов позволяют добиться максимальной производительности и безопасности при эксплуатации БАС

