

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ в гражданской авиации

С.Шаврин, д.т.н., профессор МТУСИ /sss@mtuci.ru,
Д.Шкодин, аспирант МТУСИ

УДК 621.395.664, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.77.8.74.77

Рассмотрены основные проблемы развития голосовой связи в гражданской авиации и выделены ключевые направления, позволяющие увеличить ее дальность и улучшить качество. Основное внимание уделено рассмотрению трудностей, возникающих при приеме и повторной передаче аналогового речевого сигнала в условиях ограниченности частотного ресурса и влияния сигналов обратной связи. Их разрешение видится в разработке устройства эхокомпенсации, которое обеспечит усиление без самовозбуждения и эха, а также развязку направлений передачи.

ВВЕДЕНИЕ

Невозможно переоценить роль авиации в жизни государства и человека. Современный ритм и уровень развития предъявляют высокие требования ко многим областям деятельности, в том числе к авионике – системам бортовой электроники. Выполняя функции связи, навигации, наблюдения, управления полетами, предупреждения столкновений, метеонаблюдения, управления воздушным судном и контроля параметров полета, авионика и совершенствование ее технологий необходимы на пути решения проблем пропускной способности аэропортов и безопасности полетов.

Авионика и ее технологии

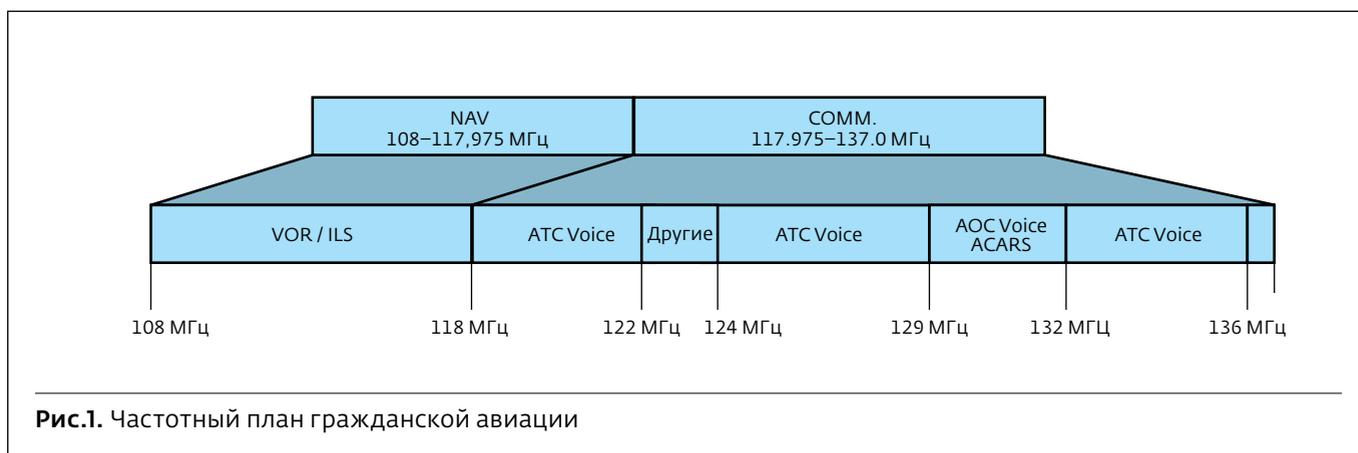
На рис.1 изображена диаграмма частот, используемых гражданской авиацией. ACARS, ATC и АОС – сервисы и приложения, использующие транспондеры VDL mode 2 для широковещательного обмена информацией о погодных условиях, опасностях, планах и параметрах полетов. Передаваемая текстовая информация сохраняется до востребования, выводится на экран или воспроизводится синтезаторами речи в центрах управления полетами и воздушных судах.

Командная радиосвязь (Voice на диаграмме) передается в аналоговом виде с использованием амплитудной

модуляции. Выделенный диапазон разбит на полосы по 25 и 8.33 кГц [1]. Этот вид связи – единственный способ передачи речевого сигнала между воздушными судами и наземной станцией.

С появлением стандарта цифровой связи VDL mode 4 [5], описывающего самоорганизующийся протокол многоканального доступа на основе временного разделения каналов (Self-Organized Time Division Multiple Access), развитие телекоммуникационных систем в авионике видится в разработке новых и совершенствовании существующих приложений и сервисов. В будущем это позволит объединить все воздушные и наземные объекты в одну самоорганизующуюся авиационную сеть.

Концепция самоорганизующейся авиационной сети предполагает оснащение каждого воздушного судна транспондером, способным выполнять функции коммутатора сообщений [3]. Сеть строится на основе идеологии автоматического зависимого наблюдения – вещания (АЗН-В) в режиме VDL-4, когда каждому авторизированному воздушному судну доступна информация о координатах, скорости и направлении движения окружающих воздушных судов в пределах сети.



Преимущество такого подхода состоит в переходе от топологии "точка-точка" к "каждый-с-каждым" с сохранением передачи сообщений вещательного типа. Возможность передачи данных от одного участника сети любому другому через цепочку из третьих, выступающих в данном случае ретрансляторами, позволит осуществлять связь в обход препятствий, реализовать пассивную и активную навигацию, защиту от квалифицированных целенаправленных помех, повысить ситуационную осведомленность и безопасность полетов. Становится возможной и интеграция дистанционно пилотируемых судов в гражданское воздушное пространство с увеличением дальности управления.

Важным моментом развития сети являются проблемы командной радиосвязи. И хотя нет объективных оценок, записи разговоров пилотов и диспетчеров, собранные любителями вблизи аэропортов и доступные в сети интернет, позволяют говорить о низком качестве связи. Дальность голосовой связи ограничивается максимальным расстоянием действия используемых транспондеров, которая при организации речевого канала "борт-борт" составляет 400 км, а "борт-диспетчер" – 300 км.

Согласно имеющемуся мировому опыту, наиболее эффективным способом улучшения качества и повышения дальности связи является цифровизация за счет возможности регенерации и введения избыточности. Однако в авионике эта задача сталкивается с трудностями организационного и психологического плана.

В 2003 году Федеральным управлением гражданской авиации США совместно с организацией Mitre была разработана система цифровой связи для гражданской авиации, вошедшая в стандарты Международной организации гражданской авиации как VDL mode 3. Система использовала временное разделение каналов и манипуляцию D8PSK для передачи данных и цифровой речи во временных слотах, распределяемых

воздушным судам с земли [1]. Применялся алгоритм сжатия речи AMBE-ATC-10, который снижал требуемую скорость передачи до 4,8 кбит/с [2]. Система не была принята в международную эксплуатацию по параметрам узнаваемости и различимости речи, которые особенно важны при разговоре пилота с диспетчером при посадке. Кроме того, предложенная цифровая система восстанавливала сигналы от источников на разной удаленности с одинаковым уровнем, что оказалось неприемлемым для пилотов с психологической точки зрения, так как чем громче слышится голос, тем ближе и опаснее пилотами воспринимается объект.

Сложившаяся ситуация несколько задерживает введение в широкую практику цифровых технологий передачи речи. Параллельно процессу цифровизации в обозримом будущем придется усовершенствовать используемые в настоящее время аналоговые решения. И одним из таких решений, повышающих помехоустойчивость передачи речевого сигнала, может стать ретрансляция с усилением сигнала на промежуточных объектах сети BC, иллюстрируемая рис.2.

Технологии VDL mode 4 в этом смысле можно использовать как базу для построения системы сигнализации, которая позволит осуществлять маршрутизацию и управление ретрансляцией голосового амплитудно-модулированного сигнала одного участника сети другими.

Общая помехозащищенность Аз сигнала при ретрансляции может быть описана выражением:

$$A_z = -10 \times \log \left(\sum_i 10^{-A_{z_i}/10} \right).$$

Следует отметить, что задача ретрансляции аналогового речевого сигнала также не является тривиальной для авионики. Обычно в радиосвязи с целью минимизации взаимных помех используются специально составленные планы распределения частот,

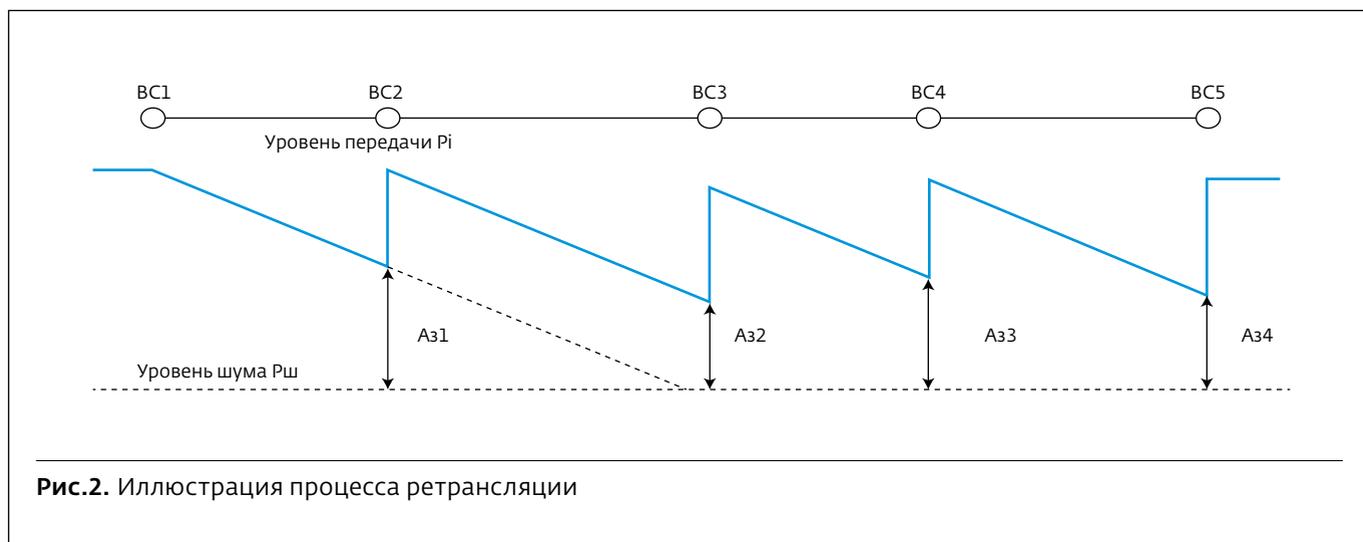


Рис.2. Иллюстрация процесса ретрансляции

которые разделяют направления передачи. Однако применение двух- или четырехчастотного плана в случае командной радиосвязи не представляется приемлемым по ряду причин. Во-первых, использование нескольких частот накладывает большие затраты на частотный ресурс, нехватка которого остро ощущается в крупных аэропортах. Во-вторых, воздушному судну приписывается частота для осуществления радиосвязи на время полета или до пересечения воздушной границы с другим государством. При использовании вспомогательных частот возникает возможность создания помехи для других участников воздушного движения. Второй аспект особенно критичен для текущей ситуационной осведомленности в воздушном пространстве. Таким образом, транспондер, осуществляющий ретрансляцию речевого сигнала, должен передать его с усилением на той же частоте, на которой принял.

Поскольку диаграмма направленности приемопередающей антенны имеет сферический вид и ретрансляция должна производиться на одной частоте, на входе приемника ретранслятора или получателя телефонного сигнала непременно будут возникать сигналы обратной связи. Для подавления сигналов обратной связи используются специальные устройства – эквалайзеры и эхокомпенсаторы. Эти устройства обычно строятся на базе адаптивных трансверсальных или лестничных цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой [4].

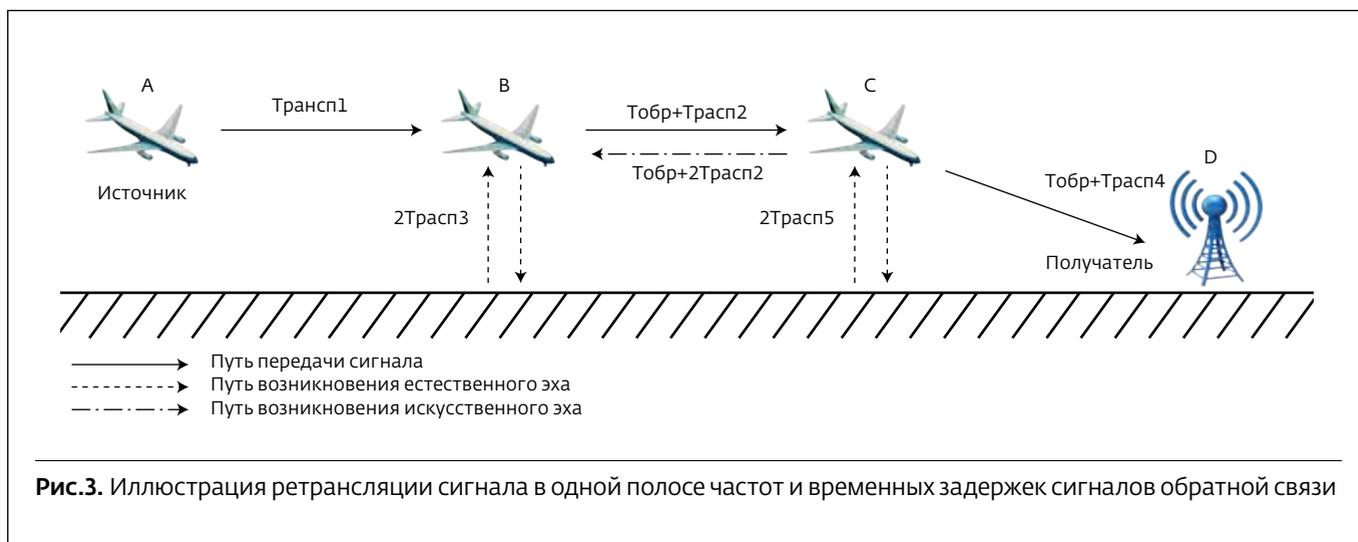
Решение проблемы подавления отраженных и эхосигналов в голосовых каналах при использовании ретрансляции потребует изменения архитектуры эхоподавляющих устройств по отношению к традиционной. Можно выделить следующие возможные источники появления сигналов обратной связи:

естественное эхо, возникающее в результате отражения электромагнитных волн от поверхности океана, зданий или земли с временем задержки распространения Трасп; искусственное эхо или сигнал, передаваемый в той же полосе частот следующим звеном в цепи ретрансляции с временем задержки на обработку Тобр и распространения. Таким образом, сигнал обратной связи – эхосигнал – формируется не только за счет конечного затухания между передающим и приемным трактами и отражения от земли или водной поверхности, но и излучением принятого сигнала последующими объектами в цепочке ретрансляции вследствие функционирования системы.

Выбор алгоритма адаптивной настройки эхокомпенсатора должен учитывать возможные задержки сигналов, а также влияние встречного сигнала превосходящей мощности. Прохождение сигнала и возникновение сигналов обратной связи в схеме ретрансляции в одной полосе частот проиллюстрировано на рис.3.

Главная опасность эхосигналов заключается в том, что они могут перегрузить систему или ввести ее в такое состояние, когда происходит генерация, а не усиление. Кроме этого, эхо при определенных условиях затрудняет восприятие речевых сигналов человеком и негативно влияет на его концентрацию и самочувствие.

Сетевые технологии могут обеспечить еще одну важную как для аналоговой, так и для цифровой голосовой связи функцию – установку громкости сигнала в телефоне пилота в соответствии с расстоянием между источником и приемником. Это расстояние может быть вычислено по разности координат источника и приемника, передаваемых в составе



сообщений АЗН-В. Отсутствие этой функции послужило в недавнем прошлом причиной отказа пилотов от стандарта VDL mode 3.

Кроме того, содержание сообщений АЗН-В в совокупности с функцией запроса интента позволит спрогнозировать характеристики передачи на некоторое время и тем самым повысить живучесть сети за счет поиска обходных путей соединения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В то время как переход к передаче речи в цифровом виде, являясь наиболее эффективным способом решения задачи, в результате прошлых неудач сталкивается со сложностями психологического и организационного характера, новейшие стандарты и решения открывают возможности к осуществлению ретрансляции аналогового телефонного сигнала как воздушными судами, так и наземными объектами.

Самоорганизующаяся сеть с временным разделением каналов, построенная на основе стандарта VDL mode 4, может стать базой для организации системы

сигнализации между участниками сети. Сама же ретрансляция оказывается под силу совместимым с VDL mode 4 транспондерам гражданской авиации, которые в настоящее время разрабатываются.

ЛИТЕРАТУРА

1. ICAO. Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation. Aeronautical Telecommunications. Volume III. Communication Systems. Second Edition, 2007.
2. ICAO. Appendix 1 to VHF Digital Link (VDL) mode 3, 2000.
3. Шаврин С., Кулаков М. Сети AdHoc для транспорта на базе авиационной системы связи VDL Mode 4 // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2016. № 7. С. 19–23.
4. Шаврин С.С., Агафонов П.А. Компенсационный принцип подавления сигналов обратной связи в радио ретрансляторах сетей СПС // Электросвязь. 2011. № 1.
5. ICAO. Doc 9816. Manual on VHF Data Link (VDL) Mode 4. Second Edition, 2012.