Авиационная связь

Добавки

- GOLD - Global Operational Data Link Document – doc 10037
- PBCS – Performance Based Communication and Surveillance
- Авар частота 121,5 МГц

Типы связи

- По назначению
  - Фиксированная
  - Мобильная
- По технологии
  - Аналоговая голосовая
  - Цифровая
- Спутниковая

Фиксированная связь

- Этапы развития
  - AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) – 50 годы 20 века
  - CIDIN (Common ICAO Data Interchange Network) - реализовано в 1990х
  - AMHS (ATS Message handling System)
  - *ATN Два поколения стандартов, от первого отказались.. Существует Doc 9896 от 2010 года - руководство по ATN, при этом также 19 версия проекта этого документа от 2011 года. В Европе в 2009 ввели PENS (Pan-European Network service См wiki)*

Подвижная связь

- Функции связи
  - УВД
    - Двусторонняя
    - Вещательная
  - Авиакомпания
  - Пассажиры

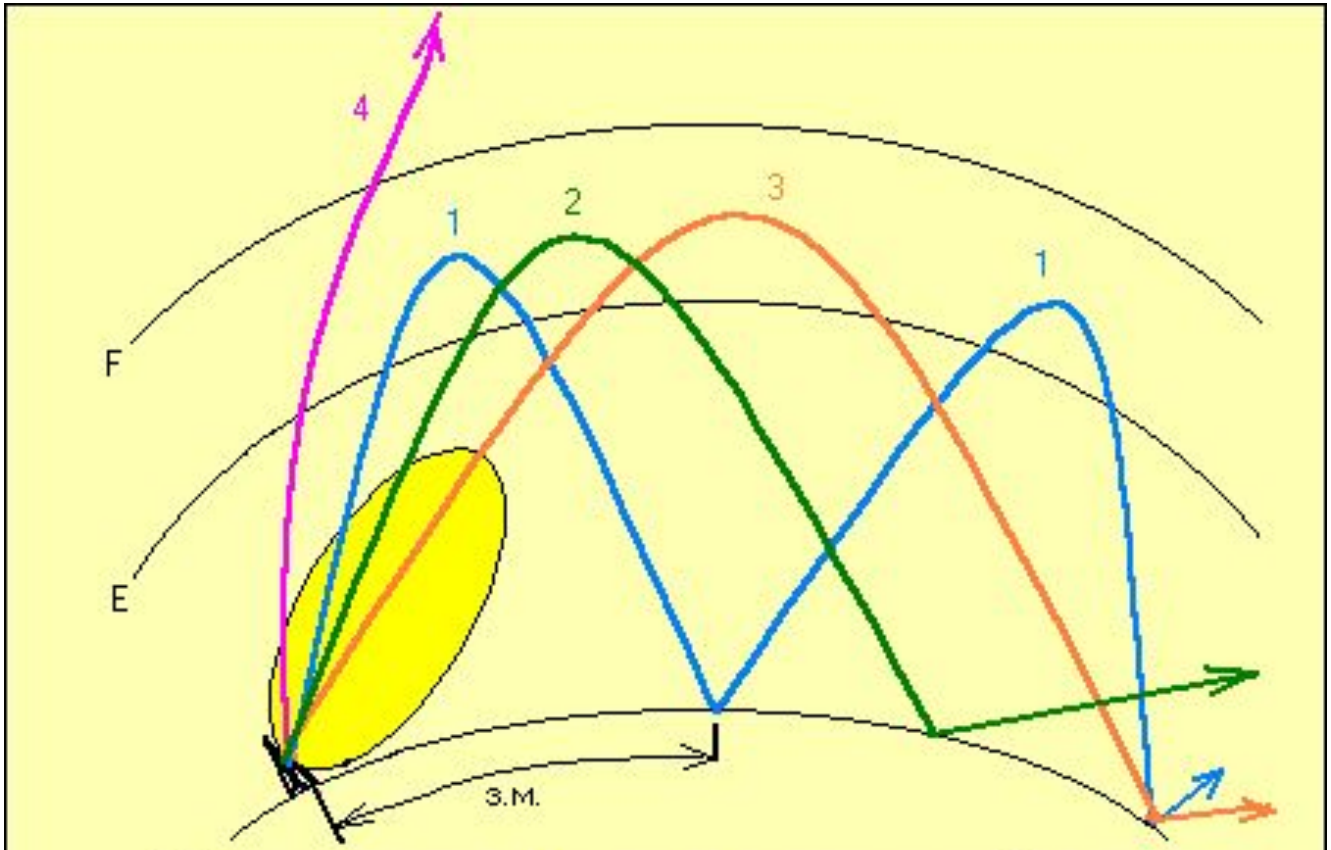
Связь в ОВЧ (поддиапазон УКВ) - метровом диапазоне

- Преимущества и недостатки
- Поляризация - вертикальная
- Модуляция – амплитудная двухсторонняя Double Side Band Amplitude Modulation (DSB-AM)
- Частоты в диапазоне 118-136Мгц;
- Борьба с дефицитом частот
  - полосы 25, 8,3 кГц
  - Использование CPDLC

Связь в КВ (декаметровом) диапазоне

- Достоинства и недостатки
- Поляризация горизонтальная, но подвержена повороту по ходу распространения
- Модуляция Single Side Band (SSB)
- Частоты (3-22Мгц), полоса (3кгц)
- ALE - Automatic Link Establishing
- Принципы назначения частот

Декаметровая связь



1, 2—волны, распространяющиеся путем двух отражений от ионосферы;
3 — волна, распространяющаяся путем одного отражения от ионосферы;
4 — волна, рабочая частота которой больше максимально допустимой

Рис.2

Правила связи

- Приоритет голосовой связи
- Позывные
- Прослушивание частот
- скорость речи
- Язык
- По буквам (bravo, tango, whisky)

SELCAL

- selective-calling
- Цель – привлечь внимание пилота
- Используется как при КВ так и ОВЧ каналах, но особенно актуально при КВ из-за обусловленных помехами трудностей прослушивания основных сообщений
- Есть проблемы из-за нехватки кодов

Достоинства цифровой связи

- Использование современных методов представления информации
- Исключение человеческого фактора
- Быстрота передачи
- Экономия спектра

Кибербезопасность

- Повышенная актуальность в авиационных применениях
- Имитация проще, чем в случае голосовой связи
- Применяемые методы защиты усложняют канал передачи

Сетевые протоколы

- Семиуровневые
- Дальнейшее развитие

Семиуровневые сетевые протоколы

- Уровень приложений (Application) обеспечивает работу конечного пользователя
- Уровень представления (Presentation) – представление информации в виде, удобном конечному пользователю
- Сеансовый уровень (Session) маркирует данные, относящиеся к определенному сеансу связи
- Транспортный (Transport) уровень контролирует прохождение информации по сети
- Сетевой (Network) уровень определяет путь следования информации по сети
- Канальный (Data Link) уровень обеспечивает синхронизацию, необходимую для бесконфликтного входа в передающую среду, и контроль информации, полученной с низшего (физического) уровня.
- Физический (Physical) уровень обеспечивает необходимые электрические характеристики сигнала (например модуляцию)

Борьба с помехами

- Интерливинг и скремблирование
- Избыточное кодирование

ИНТЕРЛИВИНГ

- **Цель интерливинга** – ослабить влияние помех, связанных с кратковременными вспышками в ионосфере.
- **Идея интерливинга** – увеличить временной интервал между последующими импульсами одного сообщения, не снижая общего темпа передачи информации (передавая в это время импульсы других сообщений). В этом случае помеха исказит не много идущих подряд импульсов одного сообщения, а некоторое количество не идущих подряд импульсов разных сообщений.
- **Матричный аналог –** формируем по строкам, передаем по столбцам

Скремблирование

- **Скремблирование** - специальная процедура умножения на псевдослучайную последовательность с целью модификации кода перед передачей. В приемнике осуществляется обратная операция.
- **Смысл** – избежать случаев, когда необходимо передавать длинные последовательности единиц или нулей, поскольку ошибки в таких последовательностях трудно исправлять.

Избыточное кодирование

- Основная причина - радиопомехи
- Аналогия с естественными языками
- Два уровня использования избыточности
  - Выявление ошибки (пример – проверка четности)
  - Выявление и устранение ошибки – много изощренных подходов
- Аналогия с RAIM/FDE

ACARS

- Airborne Communications Addressing and Reporting System
- Сначала применялся для связи с авиакомпанией для неответственных сообщений, затем функции стали расширяться
- Это был первый опыт обмена цифровой информацией **на амплитудном кодировании**
- Предстоит переход на более современные методы передачи данных

CPDLC

Controller–pilot data link communications

- Аналог СМС
- Позволяет легко формировать типовые сообщения с **автоматическим** вводом необходимых цифровых данных
- Позволит разгрузить голосовые каналы (там дефицит частот)
- Начато не очень широкое применение
- В срочных ситуациях приоритет голосовому каналу

VDL

Very high frequency data link

Стандарты ИКАО

Метровый диапазон; полоса частот 117,975 — 137 МГц

Четыре варианта

- VDL-1
- VDL-2
- VDL-3
- VDL-4

VDL-1

- Предполагался для упрощенной реализации ACARS
- Отменен

VDL-2

- Основной вариант VDL, рекомендованный ИКАО
- **Физический уровень** - 8 позиционная фазовая манипуляция (сравнить с GNSS)
- **Канальный уровень** - Carrier Sense Multiple Access (CSMA) - ключевая особенность – прослушивание несущей и начало передачи при свободном канале
- Основная функция – CPDLC, ACARS
- Единственный из VDL, нашедший применение; внедрение идет медленнее намеченных планов

VDL-3

- Канальный уровень - Time Division Multiple Access (TDMA)
- Для разделения слотов **требуется** наземная станция Цифровая передача данных и голоса
- Пока не применяется

VDL-4

Self-organized Time Division Multiple Access (STDMA)

- **Не требуется наземный «дирижер»**
- Функции - цифровая передача данных, включая для ADS-B
- В РФ официально считался одним из каналов ADS-B.
- Планы реализации сорваны, работы прекращены

VDL-4

- VDL-4 в ICAO
- VDL-4 в Европе
- VDL-4 в РФ
  - Первый этап
  - Современный этап

LDACS

- LDACS – L-band Digital Aeronautical Communication System
- Разрабатываемый перспективный канал цифровой связи
- Выбранные для LDACS частоты диапазона L скоординированы с DME, что обеспечивает эффективное использование спектра
- Разные варианты LDACS имеют скорость в 50 – 200 раз больше, чем VDL-2.
- Широкая полоса позволяет предусмотреть меры кибербезопасности (Существующие системы не предусматривают аутентификации источника).

LDACS

- Предусмотрена передача разных видов информации, включая оцифрованную речь, CPDLC, карты погоды.
- Могут обеспечиваться функции
  - Поддержки GBAS (вместо VDB)
  - ADS-C
- Предусматриваются навигационные функции – измерение дальности между передатчиком и приемником, что будет использоваться в APNT – Alternative Position, Navigation and Timing
- Определена приоритетность передачи разных видов информации.

LDACS

- В 2019 году проведены успешные демонстрационные испытания и выпущен документ White Paper ИКАО - сценарий развития системы
- Продуман процесс мягкого перехода от VDL-2
  - Возможна многочастотная антенна с сохранением посадочного места
  - Оба приемопередатчика могут быть вписаны в габариты старого

HFDL

High Frequency Data Link

- Глобальная система обмена данными в декаметровом диапазоне
- Обеспечивается автоматический выбор частоты для связи с одной из 15 наземных станций
- Доведение информации до пользователя осуществляется наземной сетью

C2

- Для управления беспилотниками необходима высоконадежная двухсторонняя связь с наземным пилотом
- Выбор стандартного канала пока не осуществлен

Спутниковая связь

- Спутник - ретранслятор
- Сравнение геостационарных и низковысотных спутниковых систем связи

INMARSAT

- Геостационарные спутники
- Основное назначение – обслуживание морских пользователей
- Рекомендовано ИКАО

IRIDIUM

- 66 низковысотных спутников на высоте 700 километров плюс запасные
- Глобальное покрытие
- Статус в ИКАО не ясен – в интернете только драфты документов
- FAA разрешает использовать для полетов в океане
- Используется для передачи данных ADS-B на большие расстояния (Flightradar24)

Flightradar24

- Flightradar24 — публичный веб-сервис, позволяющий в реальном времени наблюдать за положением воздушных судов.
- Используется в основном ADS-B , но не только
- Не для ответственных задач наблюдения, полнота информации не гарантируется; в сборе информации участвуют волонтеры с приемниками 1090

ГОНЕЦ

- Российский аналог IRIDIUM
- Высота спутников около 1500 километров
- Полного покрытия не достигнуто
- Перспективы туманны

RCP

Тип	Время (сек)	Непрерыв-ность	Доступ-ность	Целост-ность	Применение для горизонт. эшелониров	Пример реализа-ции
RCP10	10	0,995	0,99998	10^{-5}	5 мм	VHF voice
RCP60	60	0,99	0,9995	10^{-5}	5мм (не срочные сообщ.)	CPDLC кроме VDL2 (?)
RCP120	120	0,99	0,9995	10^{-5}	15мм radius sep	
RCP240	240	0,99	0,9995	10^{-5}	30/30 мм	CPDLC Satcom
RCP400	400	0,99	0,999	10^{-5}	более 30 мм	Iridium voice, HFDL

SWIM

- System Wide Information Management
- Глобальный авиационный интранет на принципах интернет
- Облегчает обмен объемной информацией при высокой скорости и степени защищенности
- Основа многочисленных усовершенствований в ОрВД
- Поэтапное внедрение сначала земля – земля, а затем и с бортами
- Начато внедрение в передовых странах
- Doc 10039 ICAO 2015 года – *руководство по концепции*- до сих пор (осень 2021) **<u>только проект</u>**

Connected Aircraft

- Перспектива оснащения самолетов современными средствами связи с поддержкой
  - Интернет вещей
  - Биг дата
- Ожидается значительное повышение эксплуатационных характеристик самолета