

## АВИАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

УДК 656.7.052

## АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**А.В. Комяков**, генеральный директор ОАО «НПП «Полет», к.т.н.**В.Р. Милов**, зав. кафедрой НГТУ им. П.Е. Алексеева, д.т.н.; vladimir.milov@gmail.com**Л.М. Вдовин**, начальник отдела ОАО «НПП «Полет», к.т.н.**Т.И. Горячева**, доцент НГТУ им. П.Е. Алексеева, к.т.н.

**Ключевые слова:** авиационная сеть электросвязи (АТН), новые технологии связи «Воздух-Земля», протокол доступа к подсети, виртуальные соединения и коммутация пакетов по виртуальным каналам, стек протоколов АТН/OSI, стек протоколов АТН/IPS, инфраструктура авиационной связи.

**Введение.** Рост плотности воздушного движения предъявляет жесткие требования к безопасности воздушных перевозок, которые могут быть обеспечены внедрением более эффективных систем связи, навигации, наблюдения/организации воздушного движения (CNS/ATM). За счет увеличения объемов и качества информации, передаваемой по линиям связи «Воздух-Земля», «Воздух-Воздух» и «Земля-Земля», эти требования непрерывно совершенствуются. Канал передачи данных (DLC) в системе CNS/ATM позволяет лучше координировать взаимодействия «Воздух-Земля», «Земля-Земля» и «Воздух-Воздух» [1].

Передача данных представляет более дешевую и высоко достоверную альтернативу для голосовой связи с меньшей вероятностью неверной интерпретации сообщений. Поэтому наблюдается большая активность в части разработки требований к следующему «новому поколению» связи (NEXCOM), реализующему одновременную передачу данных и цифровой речи по одному каналу связи в интересах управления воздушным движением (УВД). В дополнение к возрастающим требованиям по автоматизации УВД у авиакомпаний возникают подобные требования по автоматизации авиационного оперативного контроля (АОС), а также авиационной административной связи (ААС) и связи авиапассажиров (АРС).

Действующая классическая авиационная система связи, адресации и донесений (ACARS), работающая в

основном на нужды авиакомпаний, не способна удовлетворить непрерывно растущие потребности пользователей из-за невысокой скорости передачи данных – 2400 бит/с. Поэтому необходима единая архитектура услуг связи УВД (АТС) и авиакомпаний (АОС), реализующая новые высокоскоростные технологии связи, наряду с имеющимися развитыми приложениями для повышения пропускной способности систем цифровой авиационной связи.

**Общая структура протоколов АТН.** Современные инфраструктуры связи служб УВД и авиалиний (АОС/ААС/АРС) разрабатывались независимо друг от друга с учетом специфики каждой конкретной службы, без стремления к единообразию архитектуры. Авиалинии поддерживают в основном символ-ориентированные приложения ACARS, а службы УВД – бит-ориентированные приложения АТН. В новой архитектуре линий данных АТН/ISO применяют хорошо развитые приложения ACARS, плавно переходя на новые бит-ориентированные приложения с помощью интерфейсов адаптации традиционных приложений (Legacy adaptation interfaces). Вновь создаваемые приложения должны разрабатываться изначально с интерфейсами «традиционных приложений», т.е. обеспечивать передачу своих сообщений по каналам «традиционных» систем связи и постепенно заменять традиционные приложения. Это вызвано тем, что невозможно реализовать мгновенный переход всех участников воздушного движения на новые технологии.

Новая архитектура услуг цифровой связи должна обеспечивать единый переносчик (высокоскоростную эффективную технологию связи) для работы как традиционных (старых), так и новых приложений. Новые технологии связи «Воздух-Земля» и «Земля-Земля» вписываются в новую сеть единообразно по стандарту доступа к подсети

(Standard sub-network plugs) – стандартному сетевому разъему. Использование такой модели защищает инвестиции провайдеров (операторов) АТС и АОС за счет обеспечения пользователей услугами безопасной и надежной цифровой связи через рынок стандартных первичных сетей, предлагаемый промышленностью. Благодаря такому подходу успешно сосуществуют и развиваются система ACARS и сеть авиационной электросвязи.

Приложения ACARS генерируют свои символ-ориентированные сообщения согласно спецификации ARINC 623 для передачи их по символ-ориентированным каналам связи «Воздух-Земля» (в соответствии с ARINC 618) с помощью сигналов минимальной частотной манипуляции (MSK) с битовой скоростью 2400 бит/с. Приложения АТН для создания обратной совместимости с ACARS, т.е. для передачи бит-ориентированных сообщений АТН по символ-ориентированным линиям связи ACARS (ARINC 618), должны преобразовывать свои сообщения в символ-ориентированный формат в соответствии со спецификацией ARINC 622, которая задает функцию обратной сходимости из АТН в ACARS (ACARS Convergence Function – ACF), реализуя режим АТН over ACARS.

В настоящее время приложения ACARS переживают второе рождение. Разработана новая спецификация ARINC 823, обеспечивающая современный уровень информационной безопасности (криптозащиты) для приложений ACARS. Сообщения обновленных приложений ACARS передаются по высокоэффективным АТН-каналам связи (ACARS over АТН – АОА) с помощью режима ОБЧ-передачи данных VDL-2 в зоне прямой радиовидимости, а также режима ВЧ-передачи данных HFDL и режима УВЧ спутниковой связи SATCOM для обеспечения дальней глобальной связи в

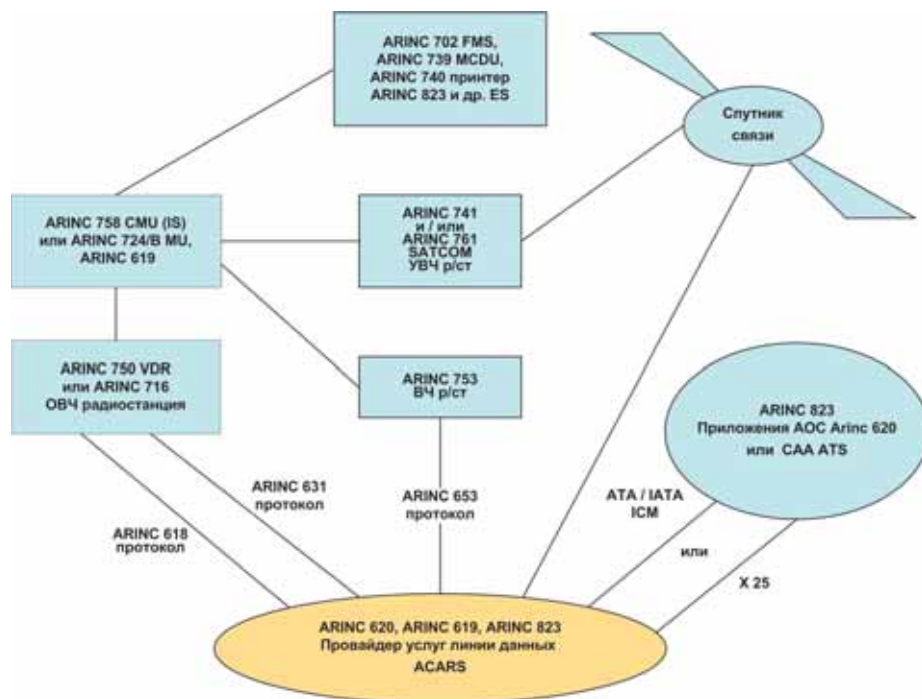


Рис. 1. Стек протоколов, используемых обновленной авиационной системой связи, адресации и донесений ACARS

среде ACARS. Общий стек протоколов, используемых обновленной авиационной системой ACARS, представлен на рис. 1.

Режим AOA (ACARS over ATN) не считается режимом ATN, поскольку для доступа к подсети ACARS применяется протокол ARINC 619, в то время как в сети ATN используется протокол доступа к подсети ISO 8208. Протокол доступа к подсети SNAcP (Subnetwork Access Protocol) ISO 8208 является стандартом минимальных рабочих характеристик (MOPS), т.е. обязательным для подуровня доступа ко всем подсетям «Воздух-Земля» сети ATN. Согласно Приложению 10 к соглашению ИКАО (т. 3, ч. 1), авиационная сеть электросвязи требует реализации протокола SNAcP (согласно ИСО 8208) для таких мобильных радиосетей, как VDL-2, VDL-3, VDL-4, HF DL, Mode S, SATCOM. Это также касается международной авиационной телеграфной сети (AFTN) и общей для ИКАО сети обмена данными CIDIN. Поэтому протокол ИСО 8208 можно рассматривать как упомянутый стандартный сетевой разъем (Standard sub-network plugs).

Большинство авиационных систем связи в мире работают по стеку X.25. Одновременно они поддерживают и среды классической системы ACARS, имеющей свой стандарт доступа к сети по протоколу ARINC 619. Таким образом, происходит постепенная эволюция

авиационной системы связи от среды ACARS к среде ATN/OSI, базирующаяся на совместном использовании этих систем в классическом варианте и реализации комбинированных режимов передачи данных на базе ACARS и ATN, т.е. режимов AOA (ACARS over ATN) и обратной сходимости ATN over ACARS.

Подробное описание стека протоколов сетевого и верхнего уровней сети ATN, реализующей эталонную модель ISO/OSI, задано в документе ИКАО [2]. В этом же документе (т. 3, ч. 3) представлены:

- услуги Интернета (межсетевое взаимодействие), в соответствии с которыми бортовой маршрутизатор ATN должен реализовать услуги сети, не ориентированные на соединения (Connection Less Network Protocol – CLNP), соответствующие ISO 8473-1;
- функцию зависимой сходимости сетевого протокола CLNP маршрутизатора ATN к мобильной подсети «Воздух-Земля» пакетного режима ISO 8208 (Mobile SND CF), согласно Doc. 9880 (т.3, ч.3, п.3.7.6);
- взаимодействие «конечная система – промежуточная система» (ES-IS), согласно ISO 9542;
- протокол междоменной маршрутизации (IDRP), согласно ISO 10747.

На рис. 2 представлен стек протоколов передачи данных «Воздух-Земля» ATN/OSI и ACARS. Рис. 3 иллюстрирует общую структуру протоколов

авиационной сети электросвязи ATN/OSI – ATN ISO 8473 (CLNP), не ориентированной на соединения. В соответствии с Doc. 9880, допустимы другие протоколы доступа к подсети, гарантирующие качество услуг, аналогичное ISO 8208, но они не обязательны, т.е. не являются стандартом минимальных рабочих требований (MOPS) подобно ISO 8208.

**Новый подход к сетевым протоколам ATN.** В документе ИКАО Doc. 9896 [3] описан подход к сетевым протоколам, максимально использующим Интернет (протоколы TCP/IP) в сетях ATN. Хосты IPS должны реализовать требования к межсетевому взаимодействию, представленные в следующих документах (Requirement For Comments – RFC) международного сообщества Интернет:

- RFC 2126 – для прямого обеспечения TCP/IPv6 интерфейса;
- RFC 1006 – для организации TCP/IPv6 интерфейса, комбинированного с устройствами туннелирования IPv4/IPv6 протоколов;
- RFC 1006 и RFC 2126 – для использования TCP порта с номером 102.

**Механизмы сетевого перехода к IPv6.** Документ ИКАО (Doc. 9896-AN/469) рекомендует в качестве протокола межсетевого взаимодействия, особенно подсетей «Земля-Земля», использовать протокол IPv6. Он решает множество технических проблем, связанных с внедрением в подобных сетях протоколом IPv4 и, в частности, с ограниченным адресным пространством IPv4.

Эталонная модель протоколов ATN/IPS (из ICAO Doc. 9896) представлена на рис. 4. Общая архитектура нового протокола из Doc. 9896 приведена на рис. 5. Для получения непосредственных преимуществ новых коммерческих («взятых с полки магазина» – COST) продуктов и технологий модель ATN/IPS базируется на IPv6. Внедрение ATN/IPS будет разбито на большие периоды времени. Необходимо сделать много шагов для того, чтобы ATN/IPS конечные системы и маршрутизаторы были интегрированы внутри существующей среды, для которой сегодня развернуты традиционные сети AFTN (авиационная телеграфная сеть), CIDIN (общая сеть ИКАО обмена данными), X.25, ATN/OSI CLNP (в основном CLNP поверх Ethernet, или X.25) и IPv4-системы. Для развертывания ATN IPS в гетерогенной среде будут использованы три механизма перехода:

- туннелирование – один протокол инкапсулируют в другой;

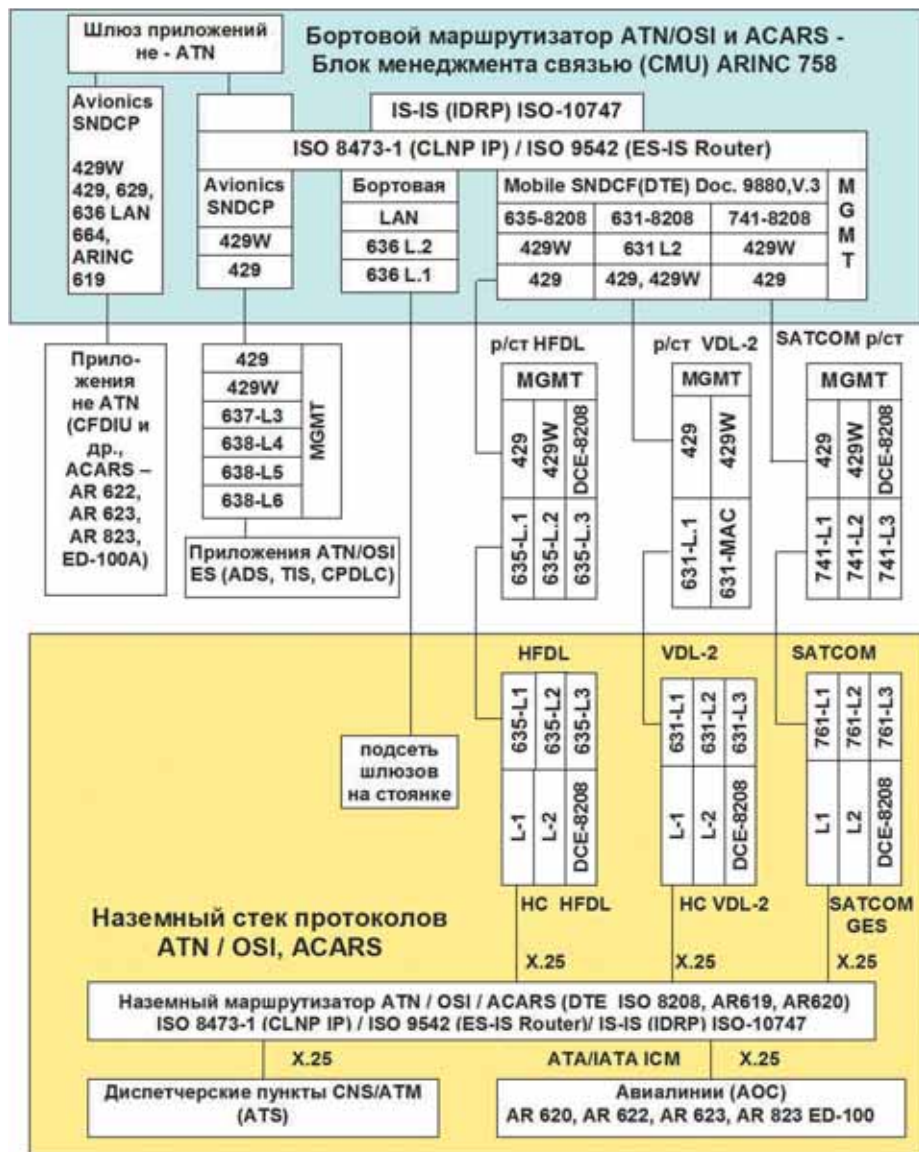


Рис. 2. Стек протоколов передачи данных «Воздух-Земля» ATN/OSI и ACARS

• двойной стек – среда, в которой много протоколов работают одновременно;

• трансляция – преобразование (сходимость) от одного протокола к другому.

Детальное описание первых двух механизмов можно найти в RFC 4213. Сфера применения этих механизмов к ATN/IPS приведена ниже.

**Туннелирование протоколов.** IPv6 специфицирован для работы поверх таких интерфейсов нижнего уровня, как Frame Relay, ATM, HDLC, PPP и LAN-технологии. Туннелирование подразумевает, что заданные протоколы инкапсулируются в другие. В частности, IPv6 будет инкапсулирован в функционально эквивалентные сетевые протоколы. Ключевым выигрышем этого механизма организации авиационной связи станет то, что уже работающие сети IPv4 позволят хостам

и маршрутизаторам ATN/IPS связываться между собой поверх нижележащих IPv4 сетей. Этот механизм может быть эффективно использован, если инфраструктура межсоединений двух административных доменов ATN/IPS ограничена IPv4.

Известно, что IPv6 не работает поверх X.25, а IPv6, туннелированный поверх IPv4, может быть туннелирован поверх X.25 сети. Специфический механизм туннелирования, называемый IP SNDCP, определен для ATN/OSI приложений. Следует заметить, что он обеспечивает взаимодействие между ATN/OSI приложениями поверх IP-сети, но не взаимодействие с ATN/IPS приложениями.

Механизмы туннелирования ведут к увеличению непроизводительных затрат (избыточности передаваемой информации). Разделение двух доменов маршрутизации (размещение IPv6 до-

мена маршрутизации поверх нижерасположенного IPv4 домена маршрутизации) создает дополнительный сетевой менеджмент, требует менеджмента в отношении качества услуг (QoS), скрытности и оптимизации маршрутизации. Кроме того, механизм туннелирования только предваряет взаимодействие между системами ATN/IPS, поскольку не способен к взаимодействию между системами ATN/OSI и другими IPv4 системами внутри организации. Тем не менее он может обеспечить эффективный путь к созданию ATN/IPS внутри и между двумя административными доменами. Механизм туннелирования наиболее удобен для разрешения проблем связи нижнего уровня между хостами и маршрутизаторами ATN/IPS IPv6, однако он не обеспечивает взаимодействия с не совместимыми ATN/IPS системами.

**Механизм двойного стека** предполагает, что его внедрение управляет более чем одним протоколом связи для заданного приложения или функции. Существенное число приложений связи (HTTP, FTP, SSH, DNS, SMTP и др.) внутри Интернет-домена имеет двойной стек, поддерживаемый обоими протоколами IPv4 и IPv6. Однако в контексте целей ATN/IPS двойной стек служит для разрешения подобных, но, тем не менее, разных проблем. Концепция двойного стека идеально подходит для систем, нуждающихся в поддержке ATN приложений обоих типов – OSI и IPS. В таких средах для обеспечения независимости от нижних уровней приложения создаются в абстрактном виде. Другими словами, приложения не знают, какой протокол нижнего уровня (OSI или IP) будет использован для связи с равноранговым объектом.

Разработчики X.400 использовали этот подход для поддержки обеих сред OSI и IP, исключая необходимость разработки специального сложного шлюза связи нижнего уровня. Обычно такие внедрения строятся на поисковых таблицах, ассоциирующих высокоуровневые адреса со специфическими адресами протокола связи. Концепция двойного стека может быть расширена для множественного стека, т.е. IPv4, IPv6, X.25, ATN AMHS. В своих решениях фирмы-изготовители обычно поддерживают работу поверх многих протоколов (OSI, TCP/IP и X.25).

**Механизм двойного стека** наиболее удобен для создания максимального уровня взаимодействия с равноранговыми объектами, уменьшения

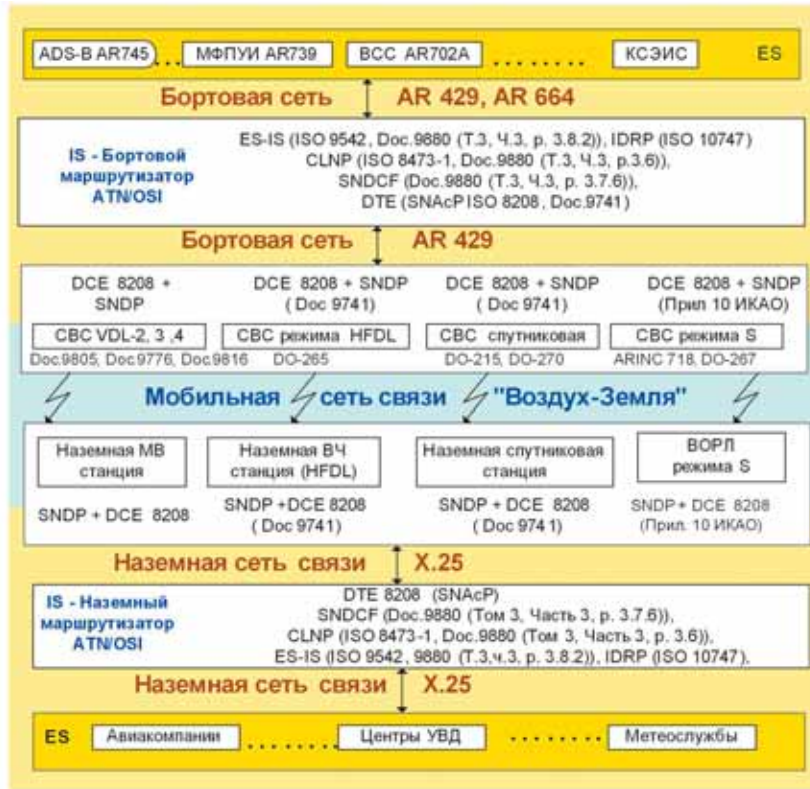


Рис. 3. Общая структура протоколов ATN/OSI

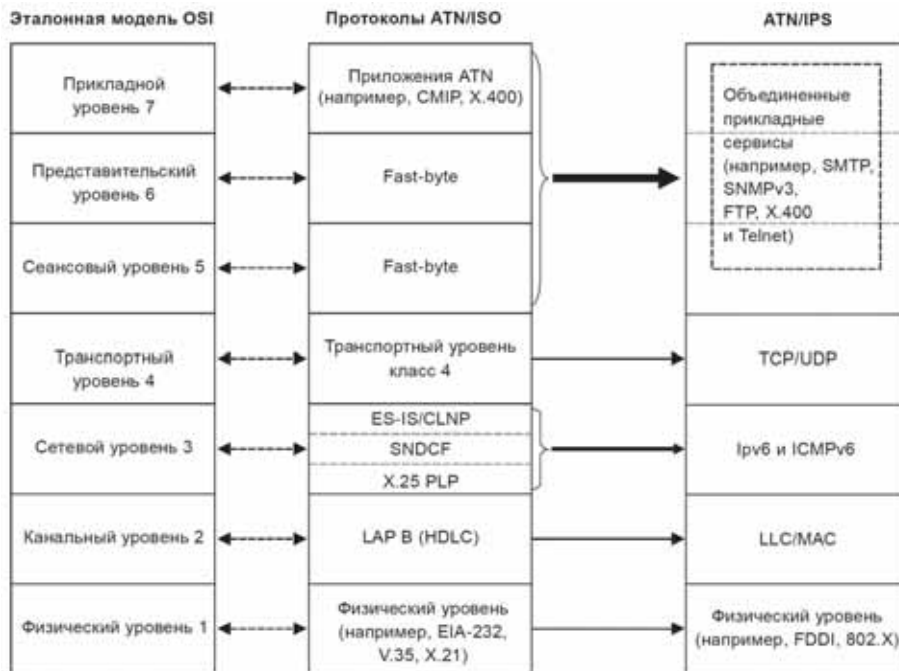


Рис. 4. Эталонная модель протоколов (из Док. 9896)

сложности шлюзов протокола связи нижнего уровня и дополнительных одиночных точек отказа. Он идеально подходит для таких приложений, как наземная система AMHS. Некоторые системы уже внедрены: одни – на базе OSI, другие – на базе TCP/IP. Подход двойного стека может быть правильным для наземных систем линий данных «Воздух-Земля» при поддержке

CPDLC поверх услуг линий данных в разных средах (ATN/OSI и ATN/IPS).

Механизмы трансляции реализуют сходимость (преобразование) от одного протокола к другому. Этот механизм может быть интерпретирован как шлюз связи нижнего уровня между двумя протоколами, совместно использующими общий более высокий уровень. Несколько трансляторов, таких как

RFC 2766 (NAT-PT), разработаны для перехода от IPv4 к IPv6, т.е. как две версии, совместно использующие общие элементы. Внутри общего перехода от IPv4 к IPv6 предусмотрено, что некоторые системы могут связываться только с IPv4, а другие – только с IPv6.

Принимая во внимание проблемы масштабируемости глобального Интернета и тот факт, что большинство его приложений и систем используют двойные стеки, необходимость в трансляторах снижается. Однако в случае ATN/IPS они могут играть важную роль на каком-то временном отрезке. Например, существующие системы обработки сообщений ATS (AMHS) работают по двойному стеку рабочих систем, тем не менее ни одна из них не модернизировала коды своих приложений для использования IPv6. Иными словами, RFC 1006 поддерживается, а RFC 2126 не поддерживается такими системами. Учитывая ограниченное число систем, в частных случаях развертывание трансляторов обеспечивает временную меру для совместимости с ATN/IPS и взаимной работы с системами, поддерживающими RFC 2126. Трансляторы IPv4/IPv6 увеличивают сложность IP-инфраструктуры и ее менеджмент. Подход двойного стека предпочтительнее, но в специфических случаях трансляторы могут служить временными мерами для совместимости с ATN/IPS.

**Комбинирование механизмов.** Поскольку внедрение ATN/IPS будет происходить постепенно, комбинацию упомянутых выше трех механизмов начнут применять для лучшей подгонки внутри среды административного домена.

Стратегия новой системы связи состоит в том, что услуги данных «Воздух-Земля» будут вводиться в международные согласованные стандарты для обеспечения рабочих требований Европейской конференции гражданской авиации (ЕСАС). Эти требования вместе с необходимыми характеристиками связи (RCP) будут уточнены для операционных доменов (типовых однородных воздушных пространств – ВП) и адресованы к таким приложениям, как «Разрешение УВД», «Согласование траектории», «Передача с борта параметров ВС» и «Верификация состоятельности плана полета» (FLIPCY). Сегодня для поддержки этих приложений используются услуги автоматического зависящего наблюдения (ADS), услуги линии данных «пилот–диспетчер»

(CPDLC) и информационные услуги полета (FIS).

**Услуги связи данных «Воздух-Воздух».** Связь «Воздух-Воздух» рассматривается как перспективное средство для улучшения воздушных ситуационных предупреждений и эффективности полета, обеспечивающее внедрение концепции «Свободного полета».

В настоящее время связь «Воздух-Воздух» поддерживается транспондерами режима MODE S радара вторичного наблюдения (MS SSR). Это линия данных наблюдения (Surveillance Data Link – SDL), реализующая приложение ADS-B. Кроме того, внедряется режим связи VDL-4, обеспечивающий: широковещательную периодическую передачу докладов о позиции каждым ВС; прием докладов о позиции от всех ВС в радиусе радиовидимости; организацию связи «точка-точка» между двумя ВС для предотвращения их столкновения (при подобной угрозе) путем согласования новой траектории движения.

Приемопередатчик универсального доступа UAT предназначен для реализации приложений ADS-B, TIS-B, FIS-B. Он работает на несущей частоте 978 МГц, используя манипуляцию сдвигом частоты на  $\pm 312,5$  кГц при скорости модуляции 1,04167 Мбит/с. Каждую секунду UAT излучает одно сообщение ADS-B и принимает сообщение с земли TIS-B или FIS-B. Он работает в полосе от 960 до 1215 МГц в соседстве с системой предотвращения столкновений воздушного движения ACAS, дальномерным оборудованием DME, радаром вторичного наблюдения SSR, объединенной тактической системой распределения информации для связи навигации и идентификации JTIDS/MIDS, глобальными спутниковыми навигационными системами GNSS, E5/L5, TACAN.

**Перспективные системы связи «Воздух-Земля» (после 2020 г.).** В рамках Программ SESAR в Европе и NEXTGEN в США проводятся «Исследования будущей системы связи» (Future Communication Study – FCS). В результате исследований предложены три варианта перспективных систем авиационной цифровой связи [4–6]:

1) авиационная мобильная система связи аэропорта наземного базирования с высокой пропускной способностью (Aeronautical Mobile Airport Communications System – AeroMACS) в С-полосе;

2) система линий данных наземного базирования для континентально-воздушного пространства (L-band

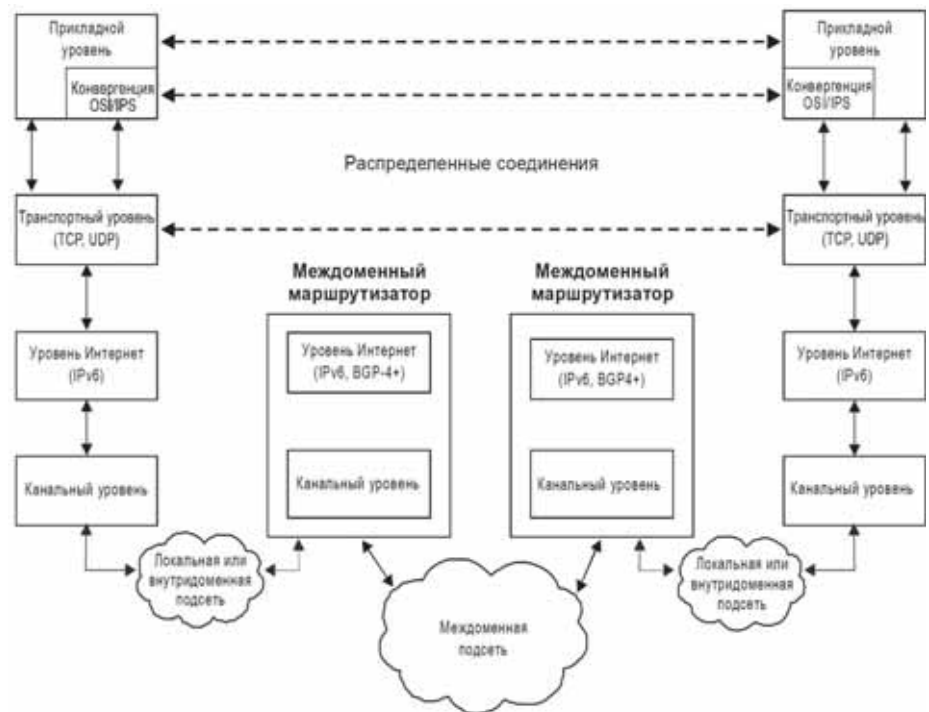


Рис. 5. Архитектура протоколов ATN/IPS (из Doc. 9896)

digital aeronautical communications system – LDACS) в L-полосе;

3) система линий данных спутникового базирования.

В то время как для AeroMACS специфические действующие стандарты уже идентифицированы (подобно IEEE 802.16 AV) для двух других технологий дальнейшая активность по завершению технических исследований (в конце 2013 г.), выбору и стандартизации предлагаемых систем. В Европе и США ОВЧ-полоса очень загружена и в ней нет места для работы новых дополнительных систем. Поэтому использование ОВЧ-полосы в перспективных системах связи не предусматривается. Это приводит к тому, что только L- и С-полосы могут быть использованы в перспективных авиационных системах связи.

**Авиационная мобильная система связи аэропорта (AeroMACS).** Ее вводят для поддержки наземной связи чрезвычайно загруженных аэропортов. Цель ее использования состоит в поддержке обоих приложений ATS и AOC. Ожидается, что приложения авиационного оперативного контроля (AOC) могут быть управляющими элементами при начальном внедрении системы в Европе. В США те же стандарты будут рассмотрены для поддержки других авиационных приложений (ATS) на территории аэропорта. С учетом ожидаемых существенных объемов переда-

ваемой информации и малых дальностей перекрытия (когда ВС находится на земле), выбрана авиационная С-полоса. Приемлемое назначение полос для авиационных мобильных услуг на маршруте AM(R)S было получено от ИТУ-Р в 2007 г.

Система AeroMACS базируется на стандарте мобильной связи IEEE 802.16 (WiMAX) [4], предназначенной для получения выигрыша от коммерческих широко используемых (COTS) телекоммуникационных разработок и минимизации требуемых ресурсов этих разработок. В SESAR существуют два проекта: P15.2.7 – наземная станция AeroMACS и P9.16 – бортовая станция AeroMACS. Цель проектов определить и валидировать международный глобальный авиационный стандарт IEEE 802.16 AV (AV обозначает авиацию), чтобы по результатам анализа и имитационного моделирования вынести решение о состоятельности технологии.

В настоящее время стандартизация режима AeroMACS проводится двумя тесно взаимодействующими группами: рабочей группой WG82 EUROCAE в Европе и специальным комитетом SC223 RTCA в США. Они разрабатывают авиационный специфический профиль стандарта WiMAX для описания AeroMACS. В дальнейшем эти РГ будут разрабатывать дополнительные материалы (MOPS и MASPS) на технологию AeroMACS. В то время как EUROCAE и RTCA занимаются техническими де-

талями предлагаемых систем, ИКАО вовлечена в процессы стандартизации таких высокоуровневых документов, как стандарты и практические рекомендации (SARPs) для AeroMACS.

**Система связи «В-3» LDACS.** Эта система «Воздух-Земля» использует канал прямой видимости для связи на маршруте (en-route) и в зоне маневрирования терминала (ТМА) в континентальном пространстве. Система работает в L-полосе, интенсивно используемой авиационными системами навигации и наблюдения. Однако следует провести исследование связи на большие расстояния. L-полоса идентифицирована как лучшая компромиссная полоса, поскольку имеет приемлемые характеристики распространения.

Анализ спектральной совместимости критичен для LDACS. Его проводят для определения возможности системы, во-первых, не мешать другим системам и, во-вторых, работать одновременно с ними. Исследования SESAR и NEXTGEN пока не идентифицировали коммерчески используемую систему как удовлетворяющую всем требованиям. Следуя компромиссному анализу, две опции для LDACS были идентифицированы. В первой (LDACS1) [5] представлено современное положение дел в коммерческих разработках, применяющих высокоскоростную технику модуляции (параллельную многотонную OFDM). Результаты говорят о возможности использования/адаптации коммерческих продуктов и стандартов.

Во второй опции (LDACS2) [6] учтен опыт современных авиационных систем, использующих однотонные сигналы и стандарты VDL3, VDL4 и UAT (все три системы построены на протоколе TDMA). Обе опции LDACS требуют дальнейшего сравнительного анализа (особенно в терминах спектральной совместимости с традиционными системами L-диапазона), перед тем как одна из них будет выбрана окончательно. В программе SESAR второй этап проекта P15.2.4 (определение перспективной мобильной системы линий данных) включает исследования опций LDACS, выбор наиболее приемлемой одной опции и разработку требуемых стандартов.

Проектная деятельность второго этапа началась во II квартале 2011 г. и должна завершиться в конце 2013 г. Ключевые задачи для исследований LDACS состоят в определении интерфейсов и критерия для анализа спектральной совместимости. Разрабатываются прототипы и испытательные

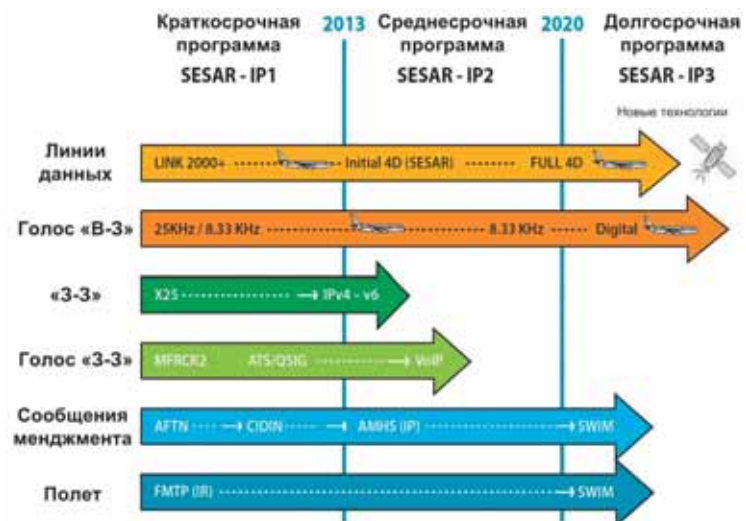


Рис. 6. Этапы развития инфраструктуры связи согласно программе SESAR

стенды. Они помогут выполнить требуемое тестирование в представительной среде для валидации предварительных теоретических исследований и проведения анализа. Для гарантии мировой интероперабельности выбранная система LDACS нуждается в разработке мирового стандарта на базе ИКАО.

**Новая спутниковая система связи.** Спутниковая связь очень хорошо приспособлена для перекрытия больших океанических и удаленных воздушных пространств. В настоящее время существуют два стандарта ИКАО для спутниковой связи: INMARSAT 3 и IRIDIUM. Однако требования системных характеристик в действующих ИКАО спутниковых стандартах (AMS(R)S SARPs) явно недостаточны для удовлетворения требований к QoS приложений, поддерживающих перспективные рабочие концепции. Поэтому нужна коррекция всех спутниковых спецификаций высокого уровня (SARPs) для включения более жестких требований к системным характеристикам, необходимым для выбора новых технологий связи и разработки требуемых стандартов.

Выбор новых спутниковых технологий связи не приведет к нежелательному размножению технологий. Благодаря выделенному интервалу времени 2020+, срок жизни всех действующих систем спутниковой связи к этому времени будет уже исчерпан и для поддержки океанических областей будут вводиться новые системы связи.

Европейское космическое агентство (ESA) установило проект Iris для разработки системы авиационных спутников следующего поколения. Программа Iris дополняется проектом SESAR P15.2.6 (перспективная спутниковая система связи), фокусирующимся на поддержке

валидации и стандартизации. Он станет ориентиром для разработки требуемых глобальных стандартов ИКАО в части спутниковой авиационной связи.

**Интеграция с бортовым оборудованием.** Разработки современных систем нуждаются в согласовании с новым подходом к решению вопросов интеграции с ВС следующего поколения. Предлагаемая инфраструктура перспективной связи (Future Communication Infrastructure - FCI) будет тогда приемлемой, когда станет возможна «гибкая» архитектура ВС. Это может произойти благодаря использованию таких новых технологических разработок, как программируемое радио, многополосные адаптивные антенны, интегрированная модульная авионика (ИМА).

**Этапы внедрения новых режимов связи.** Инфраструктура связи требует реализации новых функций.

1. Движение к полному 4D-режиму менеджмента траекторией. Это может быть достигнуто путем последовательного внедрения приложений LINK 2000+ (к концу 2013 г.), приложений начального 4D-режима (Initial 4D) (до 2020 г.) и полного режима менеджмента траекторией (FULL 4D) (в 2020 г.). Последний этап требует адаптации «корня и ветки», т.е. операций и технологии связи для получения приемлемой пропускной способности линии «Воздух-Земля» в разных областях воздушного пространства.

2. Поскольку ОВЧ-полоса (VHF-COM) достигла границ занятости и становится перегруженной, то для получения дополнительной пропускной способности в этом диапазоне необходимо: уменьшение шага сетки частот до 8,33 кГц (вместо 25 кГц) и эффективное управление частотой. Если потребуются

потенциальный цифровой голос (вокодер), он будет использован позже.

3. Переход наземных каналов связи «Земля-Земля» от виртуальных каналов, ориентированных на соединения X.25, к IPv4–v6.

4. Переход наземных систем «Земля-Земля» речевой связи к VoIP.

5. Последовательный переход наземной системы «Земля-Земля» передачи сообщений менеджмента воздушным движением (ATM) от AFTM и SIDIN к AMHS (IP). Он состоится после 2013 г. и к SWIM – после 2020 г.

6. Переход от информационных регионов полета (FIR) к глобальной системе управления общесистемной информацией (System Whole Information Management - SWIM).

Перечисленные этапы развития инфраструктуры авиационной связи приведены на рис. 6.

**Заключение.** Анализ текущего состояния и тенденций развития авиационной системы электросвязи показал, что имеет место постепенный переход от стеков протоколов ATN/OSI и ACARS к новому стеку протоколов ATN/IPS

на базе IPv6. Переход происходит с помощью трех механизмов приспособления к взаимодействию двух разных сред: туннелирования, двойного стека и трансляции протоколов. Проведенные в рамках программы SESAR (в Европе) и NEXTGEN (в США) исследования перспективных систем связи «Воздух-Земля» (FCS) определили три варианта новых систем беспроводной связи данных: авиационная мобильная система связи аэропорта AeroMACS в С-полосе; система линий данных «Воздух-Земля» LDACS в L-полосе; система линий данных спутникового базирования. Указанные варианты в настоящее время исследуются для окончательного принятия решения об их использовании в мировом масштабе и одобрении соответствующих международных стандартов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. COCR v.2: Communications Operating Concept and Requirements for the Future Radio System // EUROCONTROL/FAA, Tech. Rep., 2007, version 2.0.
2. ICAO Doc. 9880 AN/466. Руководство по подробным техническим специфика-

циям для сети авиационной электросвязи (ATN), использующей стандарты и протоколы ISO/OSI). Ч. 3. Услуги связи верхнего уровня (ULCS) и услуги связи Интернет (ICS). – 1-е изд., 2010.

3. ICAO Doc. 9896. Руководство по сети авиационной электросвязи (ATN), использующей стандарты и протоколы пакета протоколов Интернет (IPS). – 1-е изд., 2010.
4. Спецификации SANRA\_D6.1.2\_20101130 v. 1.0: Требования к линии данных аэропорта, SELEX Communication.
5. L-DACS1 System Definition Proposal: Deliverable D3: Design Specifications for L-DACS1 Prototype // EUROCONTROL, Tech. Rep. Version 1.0, 2009.
6. L-DACS2 System Definition Proposal: Deliverable D2 // EUROCONTROL, Tech. Rep. Version 1.0, 2009.
7. Technology Screening and Characterisation for Integration in NEWSKY Network. Deliverable D09. NEWSKY – Networking the Sky for Aeronautical Communications. Specific Targeted Research Project (STREP) within FP6. German Aerospace Center (DLR). – TAS France, QinetiQ Ltd, University of Salzburg (UniSBG), FRQ, TGS, DFS.

*Получено 18.03.13*