

УДК 681.324

<sup>1</sup>Ластовченко М. М., канд. техн. наук,  
<sup>2</sup>Горбунов И. Э.,  
<sup>1</sup>Марущак В. И.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

<sup>1</sup>Институт компьютерных технологий Национального авиационного университета  
<sup>2</sup>Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН  
и МОН Украины

*Определено предназначение и составляющие интеллектуального информационного пространства гражданской авиации: интеллектуальные системы организации и управления, интеллектуальная сеть с интерфейсами систем управления. Предложена концепция поэтапного создания интеллектуальных информационных пространств для систем аэрофлота.*

### **Введение**

Во всех проектах, связанных с построением глобального информационного пространства (ИП) Европы, выделены научно-технические проекты создания корпоративных интеллектуальных ИП (ИИП) как для силовых министерств (МЧС, МВД, МО), так и, в первую очередь, для интегрируемой транспортной сети, объединяющей железнодорожные и автомобильные сети с сетями аэродромных узлов [1, 2]. Анализируя предпосылки построения ИИП в рамках проекта Европейской сети связи нового поколения (*New Generation Network, NGN-LAB*[3]), можно выделить три основополагающие проблемы:

- создание интеллектуальных управляющих систем (ИУС) территориально распределенных объектов (распределенное управление в реальном масштабе времени) [4];

- построение интеллектуальных сетей (ИС) на базе широкополосных транспортных платформ (ШТП) [5];

- создание интеллектуальных интерфейсов сопряжения ИУС и ИС в виде аппаратно программных средств (АПС) интеграции процессов взаимодействия в рамках системы аэрофлота Украины, которая интегрируется в международную организацию ГА (МОГА, ICAO) [6, 7].

Особенности процессов распределенного управления объектами в реальном масштабе времени требуют от ШТП ИС передачи мультимедийного трафика (ММТ), обеспечивающего поддержание информационных услуг (ИУ) для мультимедийного сервиса (ММС) ИУС. Поэтому одним из главных требований, предъявляемых к интеллектуальной надстройке (ИН) ИС, является обеспечение эффективного мониторинга состояния управляемых объектов [8]. Исходя из требований ММС подготовки и формирования принимаемых решений, должны быть созданы распределенные базы знаний (РБЗ) как о динамике воздушного движения (ВД), так и о процессах функционирования аэродромных узлов (АУ). В отличие от ИП, фундаментом которого была распределенная база данных (РБД), для ИИП необходимо создание РБЗ. При этом необходимо отметить, что поддержание РБД намного проще поддержания распределенной базы знаний (РБЗ). В первом случае требовалась система удаленных запросов с обеспечением целостности РБД, во втором – система электронного документооборота (ЭДО) с механизмами обновления знаний и введения в ЭДО подсистемы представления знаний в виде графических образов [9, 10, 11].

Анализ последних исследований в области создания корпоративных ИИП [3, 8] позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день только лишь создана концептуальная модель ИС [5]. В результате информационные услуги (ИУ) ИС, а также передача ММТ для ММС позволяют поддерживать необходимую для управления РБЗ. Однако, пока не решены задачи разработки концепции создания ИИП и стандартизации определяющей части ИИП, типовых ИУС аэрофлота [7].

Цель работы – обосновать концепцию создания ИИП, раскрыв сущность ИУС и ИС и выделив связующее их звено – сеть интерфейсов обеспечивающих взаимодействие, как в рамках аэрофлота Украины, так и всемирного аэрофлота.

### Организация воздушного движения

Для обеспечения эффективного управления воздушным движением (ВД) необходимо реализовать:

- организацию воздушного пространства (ОВП, *ASM*)
- обслуживание ВД с учетом эффективного производства полетов
- оптимальную организацию потоков ВД (*ATFM*)

Для этого в основу разработки концептуальных положений и стандартов, необходимых для согласования и интеграции ИУС, положена экспериментальная концепция организации воздушного движения (ОВД, *ATM*) (рис. 1) [2, 7].

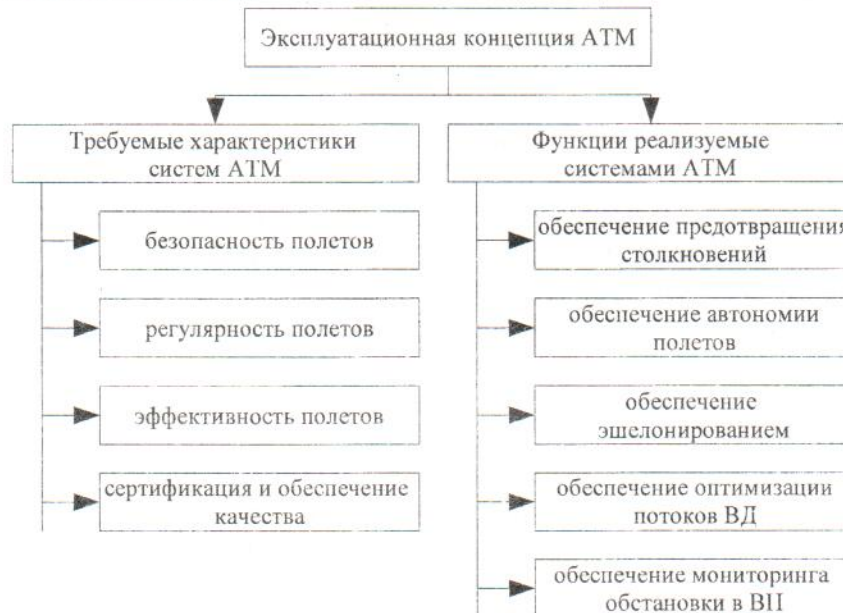


Рис. 1. Эксплуатационная концепция *ATM* и ее составляющие

В основе концепции эффективного использования воздушного пространства (ВП) лежали следующие главные принципы МОГА [7]:

- ВП не должно рассматриваться исключительно для ГА или военного использования;

- ВП должно рассматриваться как единая среда для разных пользователей;

- вынужденная изоляция зон ВП должна носить временный характер.

Исходя из *ATM* [7] стратегическая организация ВП (*ASM*) базируется на:

- определение для любой конкретной зоны ВП, связанной для *ATM*, средств связи, мониторинга и навигации;

- планирование инфраструктуры, необходимой для обслуживания ВД в рассматриваемой зоне ВП.

Главная цель концепции (рис. 2) заключается в создании единого комплекса услуг ВП, в пределах которого воздушное судно (ВС) может выполнять полет по оптимальному для него профилю.



Рис. 2. Концепция организации воздушного пространства

Для достижения этой цели одних, даже очень эффективных, средств связи (в т.ч. видеоконференцсвязи взаимодействия персонала АУ (диспетчеров) с экипажами ВС) и существующих средств аэронавигации недостаточно. Необходимо исключить территориальную разобщенность взаимодействующих объектов (персонала АУ и ВС). Но прежде, чем приступить к решению задач этой проблемы, необходимо провести анализ процессов функционирования составляющих ИИП, создаваемого для поддержания ВП, обеспечивающего эффективную реализацию в нем ВД [12].

**Интеллектуальные управляющие системы**

В начале следует рассмотреть ИУС как пользователя ИИП, создав фрагмент типового варианта ИУС ВД зоны АУ. В первом приближении функциональную структуру ИУС можно представить в виде двух составляющих (рис. 3) [4, 9]:

- подсистемы принятия решений (ППР) с БЗ, обеспечивающей формирование решения;

- подсистемы активного мониторинга (ПАМ), обеспечивающей обновление и первичную обработку данных для РБЗ, а также целостность РБД и РБЗ.



Рис. 3. Обобщенная функциональная структура интеллектуальной системы управления

Для типового варианта ИУС, в табл. 1 даны основные параметры функционального обеспечения ИУС.

Таблица 1.

Параметры функционального обеспечения ИУС		
Подсистема	Компоненты	Функциональное назначение
ППР	Формирование решений	Оптимальное решение
	Представление знаний	Графические образы из БЗ
ПАМ	Электронный документооборот в сети РБЗ	Целостность РБЗ
	Первичная обработка РБД для РБЗ	Целостность РБД

В ППР можно выделить две компоненты. Первая – машина логического вывода, которая обеспечивает механизм рассуждений, оперирующий знаниями и данными с целью получения новых выходных данных из знаний имеющихся в сетях РБЗ и РБД [4, 5, 9, 10]. Для этого обычно используется программно реализованный механизм дедуктивного логического вывода (какая-либо его разновидность) или механизм поиска решения в сети фреймов или семантической сети. Эта компонента поддерживает коллегиальный диалог с пользователями, в ходе которого она запрашивает у них необходимые факты для процесса подготовки решения, а также, дающая возможность пользователям контролировать и корректировать ход рассуждений при принятии решений (в т.ч. и с учетом прогноза последствий принимаемого решения) [9].

Вторая компонента ППР – машина представления знаний, служит для отображения базы знаний в виде графических образов. В простейшем случае это – интеллектуальный редактор базы знаний, в более сложных системах – средства для извлечения знаний из РБЗ и отображения их в реальном масштабе времени в виде графических образов [4].

Электронный документооборот (ЭДО) в РБЗ, а также первичную обработку данных РБД для РБЗ, осуществляет ПАМ, обеспечивая, таким образом, взаимодействие ИУС с ИС [10].

Для ИУС коллегиального управления в реальном масштабе времени (типичный пример – система посадки, где экипаж взаимодействует с диспетчером) ППР требует введения эффективных режимов видеоконференцсвязи [11]. Видеоконференцсвязь – технология, которая позволяет территориально распределенному персоналу управления видеть и слышать друг друга, обмениваться знаниями и совместно принимать решения в интерактивном режиме.

Первым шагом в создании ИУС является разработка ВНИИРА УВД (С. Петербург) системы управления ВД «СИНТЕЗ», которая как прототип будущих ИУС практически полностью автоматизирует (рис. 4) [13]: обработку плановой информации (*FD PS*) с обработкой данных мониторинга (*SD PS*) с учетом данных радиоканалов (*RD PS*); обработку метео- и аэронавигационных данных (*METDPS*) с отображением данных, включая графические интерфейсы и цифровую связь с элементами видеоконференцсвязи.

В работе [13] приведены основные характеристики базовой интегрированной аэродромно-районной АСУ ВД. Модульность и открытость системы «СИНТЕЗ» обеспечивает ее интеграцию во все районы ВП как России, так и других стран СНГ. Используя стандартные программные и аппаратные средства, реализуются поэтапное внедрение ее в систему связи и навигации (*CCH, CNS*) *ATM*.

Главная проблема в интеллектуализации управляющих систем заключается в создании таких каналов связи, по которым должна передаваться информация в виде мультимедийного трафика (ММТ), каналы должны обладать при этом высокой пропускной способностью. Обычные телефонные каналы подходят для передачи аудио-сигнала, но качественную передачу видеопотока они не обеспечивают (правда, существуют системы уплотнения каналов, но они пока применяются с трудом). Эта проблема медленно, постепенно, но решается. Создаются сети для организации высококачественной видеоконференцсвязи [11, 13]. Лучшим решением для аэродромных районных автоматизированных систем (АРАС) (рис. 4) будут ЛВС и беспроводные ЛВС (БЛВС) MMC (модификаций *Fast Ethernet* и *HIPERLAN*[14]).

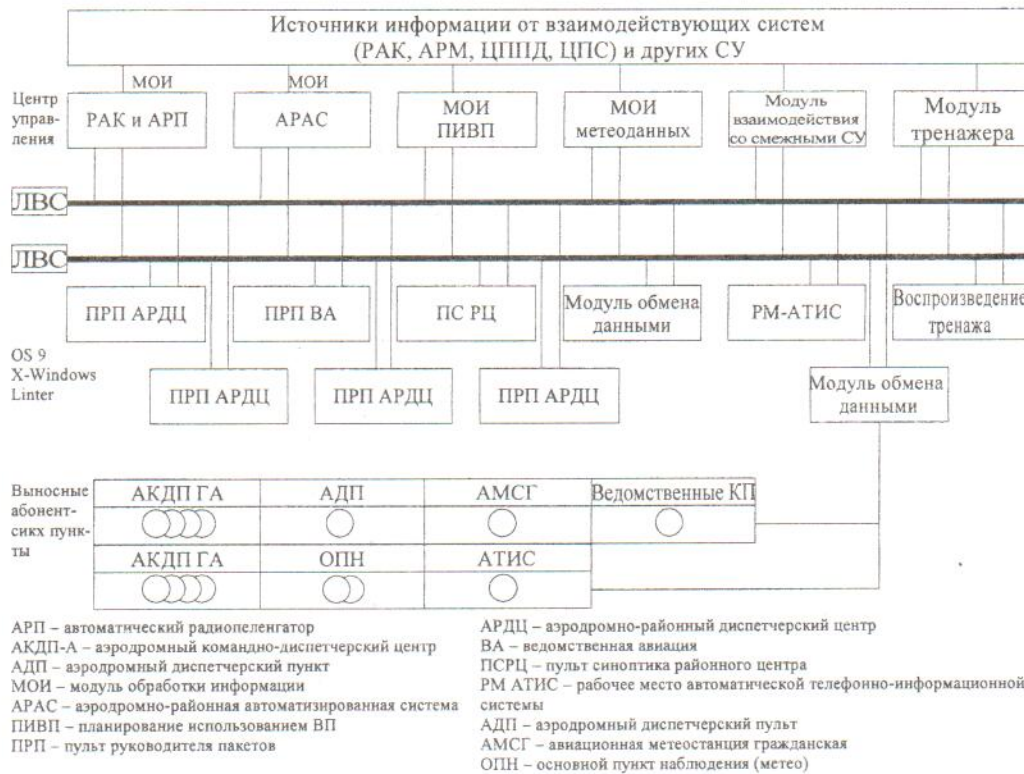


Рис. 4. Архитектура базовой системы управления «СИНТЕЗ»

Исходя из выше изложенного, а также того, что ИУС, как правило, имеет иерархию подсистемных ИУС (сеть ИУС), можно определить требования к интерфейсам ИИП. Они (должны обеспечивать взаимозависимые процессы функционирования ИУС, поддерживая ММС видеоконференцсвязи с одной стороны, и органически вписываться в функциональную структуру ИС, с другой) [15, 16].

**Интеллектуальные сети как основа интеллектуального информационного пространства**

Введенная международным союзом электросвязи *ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector)* концепция интеллектуальных сетей (ИС), определяет архитектуру ее аппаратных и программных средств [17]. Она предусматривает обмен вызовами ИУ при помощи специальных процедур взаимосвязи между коммутационной средой и средствами связи [15, 16]. Исполнение этих процедур может управлять процессами коммутации и реконфигурацией сетевых ресурсов с целью

выполнения «интеллектуальных» функций, необходимых для поддержания ММС. Первые стандарты ИС, известные как *CS-1* (набор информационных услуг I класса), позволяют реализовать достаточно ограниченные возможности внешнего управления коммутационными ресурсами. Выпущенные в развитие концепции стандарты *CS-2*, а также находящиеся в стадии подготовки в *ITU-T* стандарты по *CS-3* и *CS-4* должны обеспечить гораздо большие возможности по поддерживанию ИУ высших классов [5, 15].

В качестве общей для всех услуг модели описания архитектуры ИС предложена концептуальная модель ИС (*INCM - IN conceptual model*), которая отражает эту многоуровневую архитектуру в разных плоскостях с разной степенью детализации [5, 15]. Модель (рис. 5) содержит четыре расположенные одна над другой плоскости, каждая из которых является абстрактным представлением (со своей степенью детализации) тех возможностей, которыми обладает сеть, построенная в соответствии с концепцией *INCM* [5, 15]

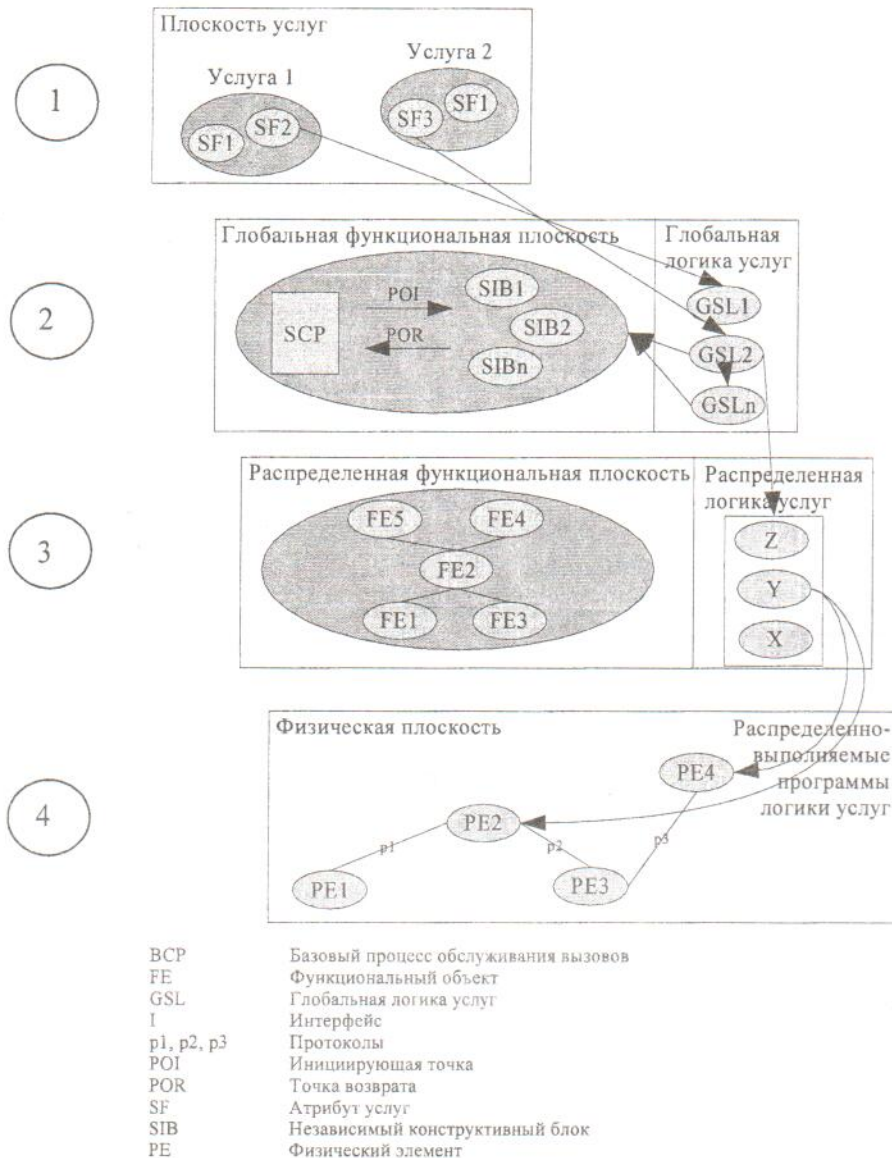


Рис. 5. Архитектура интеллектуальной сети

Связанные с той или иной ИУ функции, а также связи между элементами архитектуры, абстрактно представляются в модели посредством определенных на каждой плоскости функциональных составляющих (ФС), причем ФС соседних плоскостей заданным образом соотносятся друг с другом (рис. 5).

1. Верхняя плоскость модели – плоскость ИУ (ПИУ) – представляет ИУ так, как они «видны» конечному пользователю (т.е. ММС). Такое представление не содержит информации, относящейся к способу и деталям реализации услуги в сети. На этой плоскости видно, что услуги компонуются из одной или из нескольких различных стандартизованных составляю-

щих, каждую из которых пользователь воспринимает как одно из характерных свойств ИУ

2. На глобальной функциональной плоскости (ГПФ) «появляется» подсеть ИС в виде единой функциональной составляющей. На этой плоскости представлены независимые от услуг конструктивные блоки (*SIB* – *Service independent building block*), одним из которых является *SIB*, реализующий базовый процесс вызова (БПВ, *BSP* – *Basic call process*), а также точка обращения *BSP* к другим *SIB*, называемая иницирующей точкой (*POI* – *Point of initiation*) и точки возврата в *BSP* (*POR* – *Point of return*). *BSP* выполняет функции, такие как установление

соединения, разъединение, хранение оперативных данных, необходимых для дальнейшей обработки, и имеет возможность (при обнаружении запроса ИУ) обращаться к другим процессам. Точка *POI* представляет собой функциональный интерфейс между логикой процесса *VCP* и логикой другого процесса, который обеспечивает предоставление ИУ (или одной из составляющих услуги). После завершения этого процесса происходит возврат через другой функциональный интерфейс (через точку *POR*) в процесс *VCP*, который продолжает работу, используя данные, полученные при возврате. Необходимость в спецификации точек *P01* и *POR* вызвана тем, что одна и та же «цепочка» *SIB* может представлять совершенно разные ИУ для ММС в зависимости от того, в каких точках процесса *VCP* она начинается и/или заканчивает свои действия.

3. На распределенной функциональной плоскости (РФП) представлена реализация услуги в среде ИС, которая реализуется распределенными программными средствами. Каждый функциональный объект (*FE – Functional entity*), определенный на этой плоскости, может выполнять целый ряд определенных для него действий (*FEAs – Functional entity actions*). Одно и то же *FEA* может быть определено для нескольких разных *FE*, однако любое *FEA* выполняется всякий раз только каким-то одним *FE* [5, 17, 18].

4. Физическая плоскость (ФП) представляет физические элементы (*PE – physical entities*) сети, в которой реализована концепция ИС. Этими *PE* могут быть коммутационные узлы, специализированные компьютеры а также базами данных. На физической плоскости показано также, в каких *PE* размещаются те или иные *FE* и какие протоколы поддерживают информационный обмен между разными *PE*.

Логика процессов, обеспечивающих предоставление ИУ ИС, представляется на разных плоскостях по-разному. На ГФП видна лишь глобальная логика услуг (*GSL – Global service logic*), содержащая сервисные модули, каждый из которых

поддерживает одну из составляющих услуг. На РФП та же логика видна как набор распределенно-выполняемых программ. Наконец, на ФП видно, что программы, реализующие логику услуг, размещаются в предназначенных для этого программно-аппаратных компонентах – узлах ИС.

Физическая плоскость представляет аппаратно-программные средства (АПС) ИС: физические устройства и интерфейсы между ними. Всем составляющим РФП поставлены в соответствие элементы ФП, причем один физический элемент может соответствовать одной или нескольким функциональным составляющим. Для физических элементов определяется стандартный интерфейс и протокол передачи информации. Две нижние плоскости РФП и ФП модели и воспроизводят процессы ШТП ИС [5, 8].

В транспортной платформе (ТП) авиационной связи (АС), реализуемой по технологии *ATN*, в отличие от ШТП ИС существенное место занимает радиосвязь (РС), главным направлениями интеллектуальной связи (в отличие от существующих ШТП ИС) должны быть: связь «воздух-воздух» (ВВ) и «воздух-земля» (ВЗ). Особо важно последняя связи «ВЗ»: геостационарные спутники *AMSS* а также ОВЧ и ВЧ каналы [17, 18, 19].

Обеспечение заданных характеристик (*RCP*) авиасвязи требует [19]:

- системы негеостационарных пунктов (на низких орбитах);
- системы сопряжения средств связи в единое ИП (интеграция средств связи «воздух-воздух» (ВВ), «воздух-земля» (ВЗ), «земля-земля» (ЗЗ)) (рис. 6).

Таким образом, в настоящее время можно говорить о реализации основ ШТП ИС в проектах создания ИП ГА только на уровне средств связи «земля-земля». Возвращаясь к проектам будущих ИУС (рис. 4) и авиа связи «ЗЗ» (рис 6), необходимо обосновать и сформулировать концепцию создания средств сопряжения (унифицированных интерфейсов) для интеграции ИУС в среду средств авиа связи «ЗЗ».

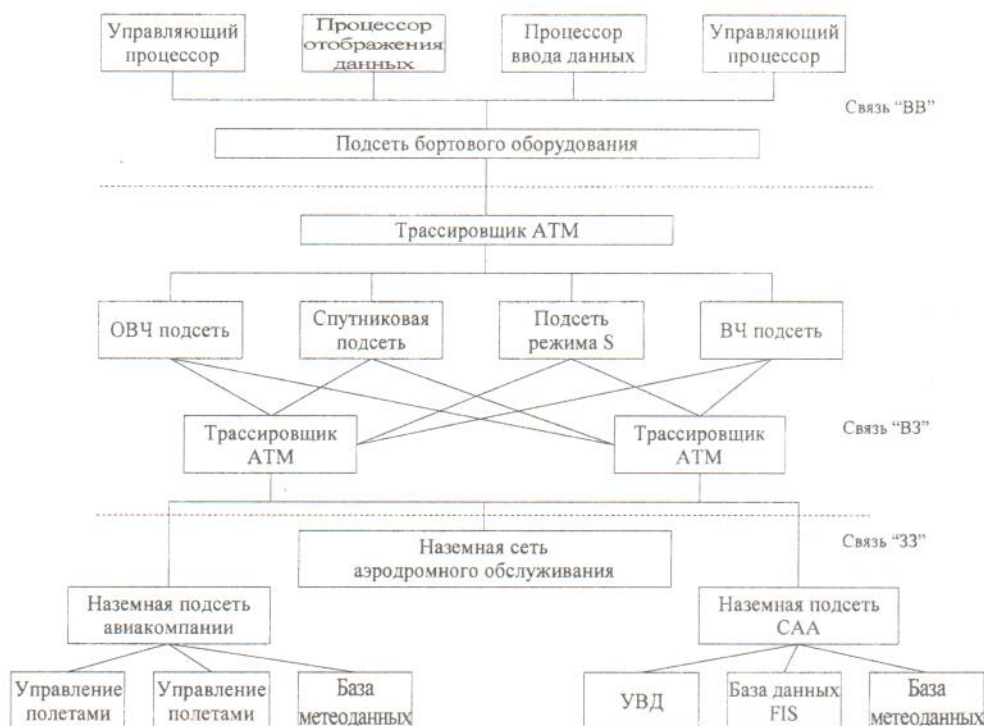


Рис. 6. Схема передачи данных в рамках технологии асинхронного метода передачи (АМП, ATM)

### Проблемы создания специальных вычислительных средств инкапсуляции интеллектуальных управляющих систем в информационном пространстве гражданской авиации

Для инкапсуляции ИУС в ИП должны применяться специальные вычислительные средства (СВС), которые должны удовлетворять требованиям ММС каждой сети ИУС в рамках единой архитектуры *CNS ATM*. Базой такой СВС в настоящее время могут быть сети *Fast Ethernet* сопрягаемых с обычными сетями *Ethernet* и беспроводными сетями типа *HIPERLAN* [14, 16].

В настоящее время созданы СВС (*Ethernet – Fast Ethernet*), но без *HIPERLAN*. Поэтому в начале необходимо рассмотреть особенности применения сети *Radio Ethernet* с точки зрения введения ее в СВС ИУС. Как выше было указано, ИУС имеет две подсистемы: ППР и ПАМ. Основные машины *Fast Ethernet* обеспечивают ММС для ППР (рассматривается вариант ИУС коллегиального управления), машины интерфейсы (мосты между *Fast Ethernet* и *Ethernet* или

*HIPERLAN*) обеспечивают функционирование ПАМ, поддерживая целостность РБД и РБЗ ИУС (рис.3).

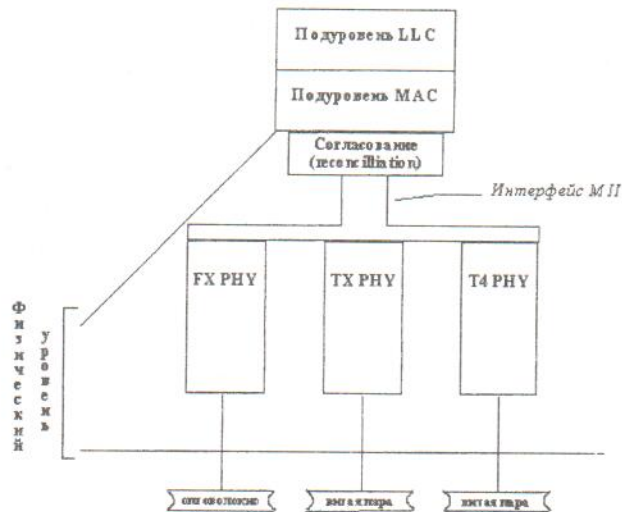
Технология *HIPERLAN* (Стандарт 802.11) отличается от технологии кабельного *Ethernet'a* следующим [14, 16]:

1. введением фазы предварительного резервирования канала, на которой в основном и происходит «соревнование» за канал, практически освобождая от коллизий фазу передачи данных (метод *CSMA/CA*);
2. усовершенствованием механизма слежения за состоянием канала;
3. модификацией механизма отложенной передачи (*back-off*) с целью снижения нагрузки на сеть.

Процессы интеграции в сети ИУС реализуются главным образом на их физических уровнях. Опорный физический уровень *Fast Ethernet* (рис. 7) состоит, в свою очередь, из трех подуровней:

1. Подуровень согласования (*reconciliation sublayer*).
2. Независимый от среды интерфейс (*Media Independent Interface, MII*).
3. Подуровень физических устройств уровня (*Physical layer device, PHY*).



Рис. 7. Структура физического уровня *Fast Ethernet*

Согласно протокола *Radio-Ethernet*, функционирование децентрализованных трактов каждой рабочей станции машины можно представить как параллельную работу трех «машин» (передающей пакеты, принимающей пакеты и следящей за состоянием канала), обменивающихся синхронизирующими сигналами. Исходя из этого в состав СВС должно входить не менее 4 машин (3 рабочие и одна резервная).

Таким образом, технология *Fast Ethernet* может быть базовой в СВС интеграции ИУС в ИП. Основными достоинствами технологии *Fast Ethernet*, используемой в СВС, являются:

- пропускная способность сегментов сети до 100 Мб/с, что полностью поддерживает ММС;

- сохранение метода случайного доступа *Fast Ethernet*, а в перспективе и *HIPERLAN*, без которого мониторинг РБЗ не реализуем.

### Заключение

Анализируя результаты теоретических предпосылок по созданию функциональных структур ИУС и ИС, а также средств их взаимодействия – СВС, с учетом требований ИКАО и перспектив создания новых ИУС (рис. 4), можно обосновать основные концептуальные положения поэтапного формирования ИИП

ГА, точнее его составляющей «земля-земля» (рис. 6, связь «ЗЗ»):

1 этап: формирования системы функций управления с инструментальными средствами подготовки к реализации принимаемых решений, каждое из которых обосновывается применением РБЗ для каждой ситуации управления.

2 этап: спецификация требований к системе мониторинга РБЗ для поддержания функций управления в рамках заданной архитектуры ИУС.

3 этап: исходя из требований, предъявляемых к передаче ММТ для ММС, обоснование функциональной структуры и архитектуры интегральной ШТП ИС.

В настоящее время десятки компаний (США, Европа, Япония) разрабатывают и внедряют те или иные варианты корпоративных ИИП не дожидаясь решения задач стандартизации их компонент. Украина сегодня, являясь потребителем отдельных составляющих ИС и СВС, должна с учетом национальных особенностей своих телекоммуникаций и требований, предъявляемых к корпоративным ИИП, и в первую очередь ИИП для ГА, должна иметь свою систему консалтинга, чтобы отобрать наиболее перспективные из них. Поэтому, наряду с исследованиями, одной из главных проблем является проблема создания развитых систем консалтинга. Для создания системы консалтинга, в свою очередь, необходима

[20] разработка инструментально-технологических комплексов (ИТК) количественного анализа компонент ИИП, которые, базируясь на средствах объектно-ориентированного, а также итеративного моделирования [21], должны обеспечивать сравнительный анализ выбираемых компонент, с одной стороны, и создавать систему тестов для испытаний и отбора компонент, с другой.

### Список литературы

1. *Research Networking*. The GEANT Network // <http://www.cordis.ln>, 2003.
2. *ICANO*. European Region Transition Plan to CNS/ATM. // International civil aviation organization European and North Atlantic Office. Draft V0.2, 2000, – 112 p.
3. *Research Networking in Europe*. European Commission, 2001. – 42 p.
4. *Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – С.Пб.: Питер, 2001. – 384 с.
5. *Голштейн Б. С., Ехриель И. М., Перле Р. Д.* Интеллектуальные сети. – М.: Радиосвязь, 2000. – 502 с.
6. *Ластовченко М. М., Биляк В. И., Павлюк В. С.* Концепция создания первичной сети связи Украины как основы корпоративных информационных пространств для распределенных систем управления реального времени. // Материалы МНТК. Сучасний стан та перспективи використання ВОЛЗ. Первинні мережі України, 2002. – С. 60-64.
7. *Основы концепции CNS/ATM*. – Кировоград: ГЛАУ, 2001. – 136 с.
8. *Ластовченко М. М., Биляк В. И., Русецкий В. Е.* Системный анализ сетевых технологий создания региональных интеллектуальных сетей на базе широкополосной первичной сети связи // Математические машины и системы, 2004. – №5. – С. 58-67.
9. *Осинов Г. С.* Приобретение знаний интеллектуальными системами. – М.: Наука, 1997. – 249 с.
10. *Пахчанян А.* Технология электронного документооборота // Открытые системы, 2002. – № 10. – С. 17-21.
11. *Синекон В. С., Цикин И. А.* Система компьютерной видеоконференцсвязи // «Мобильные коммуникации», 1999. – 232 с.
12. *Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM* // Doc. 9750-AN1913 – Монреаль, 2001. – 136 с.
13. *Анищенко П. М. и др.* Перспективная интегрированная АСУВД «СИНТЕЗ». – С.Пб.: ВИИПРАУВД, 2002 – 32 с.
14. *Горбунов И. Э.* Проблемы создания беспроводной транспортной платформы интеллектуальной сети // Материалы молодіжної наукової конференції. – К.: НАУ, 2003. – С. 94-100.
15. *Faynberg I. et al.* The Intelligent Network Standards. Their Applications to Services. Mic Graw-Hill, 1997. – 118 p.
16. *Ahamed S. V., Lawrence V. B.* Intelligent Broadband Multimedia Networks. Generic Aspects and Architectures: Wireless, ISDN, current and future intelligent networks. Kluwer academic Publishers, 1997. – 211 p.
17. *Справочник по спектру радиочастот для нужд ГА с изложением утвержденной политики ИКАО* // Doc. 9718, 2000. – 28 с.
18. *Руководство по ВЧ – линий передачи данных* // Doc. 9741, 2001. – 52 с.
19. *Комплексное руководство по сети авиационной электросвязи (ATN)* // Doc. 9738, 2001. – 46 с.
20. *Ластовченко М. М., Харченко А. С., Павлюк В. С., Биляк В. И., Райчев И. Э.* Система автоматизированного контроля аппаратно-программных средств интеллектуальных сетей. // Материалы НПК «Розвиток сучасних послуг зв'язку через інтелектуальні платформи», 2002. – С. 179-182.
21. *Ластовченко М. М., Марущак В. И.* Программная среда итеративного моделирования процессов функционирования компьютерных сетей // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2005. – №13. – С. 53-62.