

# Первые БЦВМ

Архитектура БЦВМ первых поколений была закрытой. Структура этих машин строилась на основе функциональных блоков, которые разрабатывались специально для каждого конкретного случая. Взаимодействие между функциональными блоками производилось по системе обмена, которая включала кодовые шины адреса и кодовые шины числа, дополняемые линиями передачи управляющих сигналов. Эта система обмена так же разрабатывалась для каждой машины индивидуально.

Первая отечественная авиационная БЦВМ была разработана коллективом Ленинградского, ОКБ “Электроавтоматика” под руководством Главного конструктора В.И. Ланердина в 1959 году.

# БЦВМ первого и второго поколений

Разработка БЦВМ первого поколения (ЦВМ-263 и ЦВМ-264) началась в 1959 году. Эта БЦВМ была использована для построения противолодочной радиогидроакустической системы “Беркут” на самолетах Ил38 и Ту95. ЦВМ-263 для самолета Ту95 и ЦВМ-264 для самолета

Разработка БЦВМ второго поколения (ОРБИТА-10) началась в 1966 году. ОРБИТА-10 применялась на самолетах: МиГ25РБ, Т58, ТУ-144, ТУ-142, ТУ-22 и модификациях самолета МиГ23.

На БЦВМ первого и второго поколений использовался уникальный аналоговый внешний интерфейс 847АТ, содержащий преобразователи аналоговых величин, поступающих от аппаратуры комплекса в цифровые и цифровых результатов в аналоговые величины, передаваемые на объекты управления.

# ГОСТ 18977-73 в БЦВМ третьего поколения

В начале 70-х годов началась разработка БЦВМ третьего поколения ОРБИТА-20, где аналоговый интерфейс (то есть АЦП и ЦАП) дополняется цифровыми каналами. Данный радиальный канал для передачи последовательных кодов с пропускной способностью 48 Кбит/с уже регламентируется ГОСТ 18977-73. ГОСТ 18977-73 «Типы функциональных связей, виды и уровни сигналов» и является отечественным аналогом стандарта ARINC-429. Он распространяется на комплексы бортового оборудования самолетов и вертолетов; регламентирует аналоговые, дискретно-аналоговые и дискретные типы функциональных связей; устанавливает требования на передачу последовательных кодов. Передача кодов производится по бифилярной линии со скоростью 48 или 200 Кбит/сек. (В последующей версии стандарта ГОСТ 18977-79 допускается скорость передач 500 и 1000 Кбит/сек.) Информация по линии передается, начиная с младших разрядов. Первым передается адрес, который может иметь два формата: восемь бит или четыре бита. Далее передаются данные с форматами 8, 16 или 24 бита. Перед передачей адреса следует интервал, равный четырем тактам.

# Внедрение MIL-STD- 1553B

В 1982 году началась разработка БЦВМ 4-го поколения. В ЦВМ 80-308XX, наряду с ГОСТ 18977-79, впервые был применен мультиплексный канал с пропускной способностью 1 Мбит/сек, который регламентировался ГОСТ 26765.52-87, и являлся аналогом MIL-STD- 1553B. Мультиплексный канал стал наиболее широко используемым интерфейсом в военной авиации. Этот стандарт характеризует детерминированную надежную магистраль передачи данных, обеспечивающую подключение контроллеров и оконечных устройств к вычислительным модулям функциональных подсистем КБО, работающим в реальном времени.

Данная организация информационного обмена характеризуется следующими принципиальными особенностями:

- линейная архитектура локальных сетей;
- возможность резервирования;
- поддержка простых и интеллектуальных узлов;
- высокая электрическая защищенность;
- широкая доступность компонентов;
- гарантированный детерминизм в условиях реального масштаба времени.

# Внедрение MIL-STD- 1553B

На отечественной авиационной технике военного применения, основополагающим стандартом комплексирования бортового оборудования на межсистемном уровне стал ГОСТ 26765.52-87. На нижнем уровне иерархии СИО для связи с функциональными датчиками/приемниками по-прежнему применялся ГОСТ 18977. Вынужденное применение этого стандарта связано с отсутствием датчиковой аппаратуры, соответствующей требованиям ГОСТ 26765.52-87, а именно отсутствием аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей в интегральном исполнении с цифровым входом информации в коде и форматах сообщений по данному стандарту.

Введение MIL-STD-1553b определило на межсистемном уровне переход к интеграции комплексов бортового оборудования на основе использования принципов построения магистрально-модульных, иерархических СИО, обеспечивающих программное управление потоками информации. Магистральная организация СИО позволила развивать и модернизировать комплексы бортового оборудования без глобальных изменений в части топологии связей на уровне функциональных систем, посредством использования программного управления потоками информации.

# Эволюция MIL-STD- 1553В ВОЛС

Стандарт MIL-STD-1553b регламентировал применение электропроводной физической среды, которая должна обеспечивать надежную передачу информации в сложной помеховой обстановке при наличии большого количества взаимовлияющих друг на друга различных источников помех. Данная проблема, необходимость снятия ограничения на величину скорости передаваемой информации по физической среде и расширение его функциональных возможностей требовали решения. Решение было найдено посредством применения в качестве физической среды – волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Итогом данной работы был выпуск стандарта MIL-STD-1773, который регламентировал протокол MIL-STD-1553b и возможность использования ВОЛС.

Для повышения скорости передачи информации и уровня надежности в дополнение к протоколу MIL-STD- 1553В был разработан стандарт STANAG 3910 (отечественный вариант ГОСТ Р 50832 - 95). В настоящее время вместо ГОСТ 26765.52-87 используется стандарт ГОСТ Р 52070 -2003 и стандарт Р.1.1.ХХ – 2005, обеспечивающий тот же протокол обмена на скорости 10 Мбит/сек.



# Низкая скорость MIL-технологий

Несмотря на все привлекательные стороны MIL-STD-1553B и STANAG 3910 применение такой организации информационного обмена в БРЭО летательных аппаратов нового поколения сдерживается относительно низкой скоростью передачи информации (1 Мбит - MIL-STD-1553B и 20 Мбит - STANAG 3910). И хотя такая скорость передачи информации достаточна для выполнения традиционных функций, ее совершенно не хватает для передачи видео-, аудио- и речевых данных между интеллектуальными узлами современных распределенных авиационных электронных систем.

Возрастание потоков передаваемой информации вызвано необходимостью обеспечения превосходства при решении функциональных задач ЛА, причем главной особенностью этой информации является то, что она стремительно становится цифровой. Передачи больших объемов информации требуют следующие приложения:

- построение и обработка изображений;
- целеуказание (трассировка цели);
- распознавание целей
- формирование систем искусственного интеллекта;
- системы экспертных оценок и подсказок летчику;
- базы данных с использованием систем массовой памяти.

# Внедрение высокоскоростных интерфейсов

Проведенные исследования показали, что внедрение высокоскоростных последовательных интерфейсов в СИО реального времени, определяемое переходом к полномасштабному использованию ВОСПИ и передачей информации на высоких скоростях, должно осуществляться поэтапно, учитывая современное состояние отечественной цифровой элементной базы и компонентной базы ВОСПИ. Для накопления положительного технического опыта использования достижений современных сетевых технологий можно выделить три последовательных этапа внедрения:

- развитие функциональных возможностей реализованного и применяемого протокола по ГОСТ 26765.52-87 путем введения в него дополнительных функциональных возможностей, например высокоскоростных магистралей, и передачи по ним информационного трафика в соответствии с сетевыми принципами;
- адаптация стандартных протоколов передачи информации локальных вычислительных сетей (ЛВС) общего применения в соответствии с особенностями функционирования комплексов бортового оборудования реального масштаба времени;
- всесторонний анализ, выбор и внедрение перспективной сетевой технологии в качестве единой унифицированной сети авионики (Unified Network-UN) для перспективных ЛА, отвечающей многочисленным и одновременно противоречивым требованиям комплексирования бортового оборудования в реальном масштабе времени.

Предлагаемые этапы не являются альтернативными, а постепенно наращивают и развивают функционально-логическую организацию последовательных высокоскоростных интерфейсов на основе будущих полномасштабных применений ВОСПИ на межсистемном уровне.

Перехода к межсистемным интерфейсам с сетевой организацией обмена, является общей тенденцией не только для ЛА военного применения но и для гражданской авиации.

# Унифицированная сеть

Унифицированная сеть (Unified Network – UN) БРЭО ЛА нового поколения должна обеспечивать:

- · высокую скорость передачи информации;
- · малую временную задержку;
- · передачу сообщений и парадигму вычислений (с использованием разделяемой памяти);
- · масштабируемость;
- · вычисления и передачу информации в реальном масштабе времени;
- · передачу информации в электрической и оптической среде;
- · невысокую стоимость при требуемых уровнях надежности эксплуатационного совершенства.

При выборе унифицированного протокола информационного взаимодействия и построения на его основе унифицированной бортовой сети, рассчитанной на эксплуатацию в жестких условиях, необходимо ориентироваться на следующие критерии:

- · соответствие протокола информационного взаимодействия международным стандартам;
- · наличие коммерческой поддержки;
- · высокий уровень надежности, отказоустойчивости и эксплуатационного совершенства;
- · высокая пропускная способность;
- · предсказуемое поведение в реальном масштабе времени;
- · наличие средств поддержки для эксплуатации в жестких условиях.

# Кандидаты на роль унифицированного протокола

Наилучшими кандидатами на роль унифицированного протокола информационного взаимодействия и построения на его основе унифицированной бортовой сети остаются протоколы локальных сетей (Local Area Network – LAN) типа:

Перспективные разрабатываемые коммерческие технологии:

Эксплуатируемые  
завершенные  
разработки  
специализированных  
и коммерческих  
технологий:

Fibre Channel (FC -  
ANSI X3T11);

Мугнет (расширение  
базового  
внутрисинтерфейса  
темного VME);

Scalable Coherent  
Interface ( SCI -  
ANSI/IEEE 1596-92);

Fast Ethernet  
(расширение ISO  
8802.3);

АТМ (стандартизация  
не завершена);

Firewire (IEEE 1394-  
95);

Serial Express  
(разрабатываемая  
технология на базе  
SCI и Firewire);

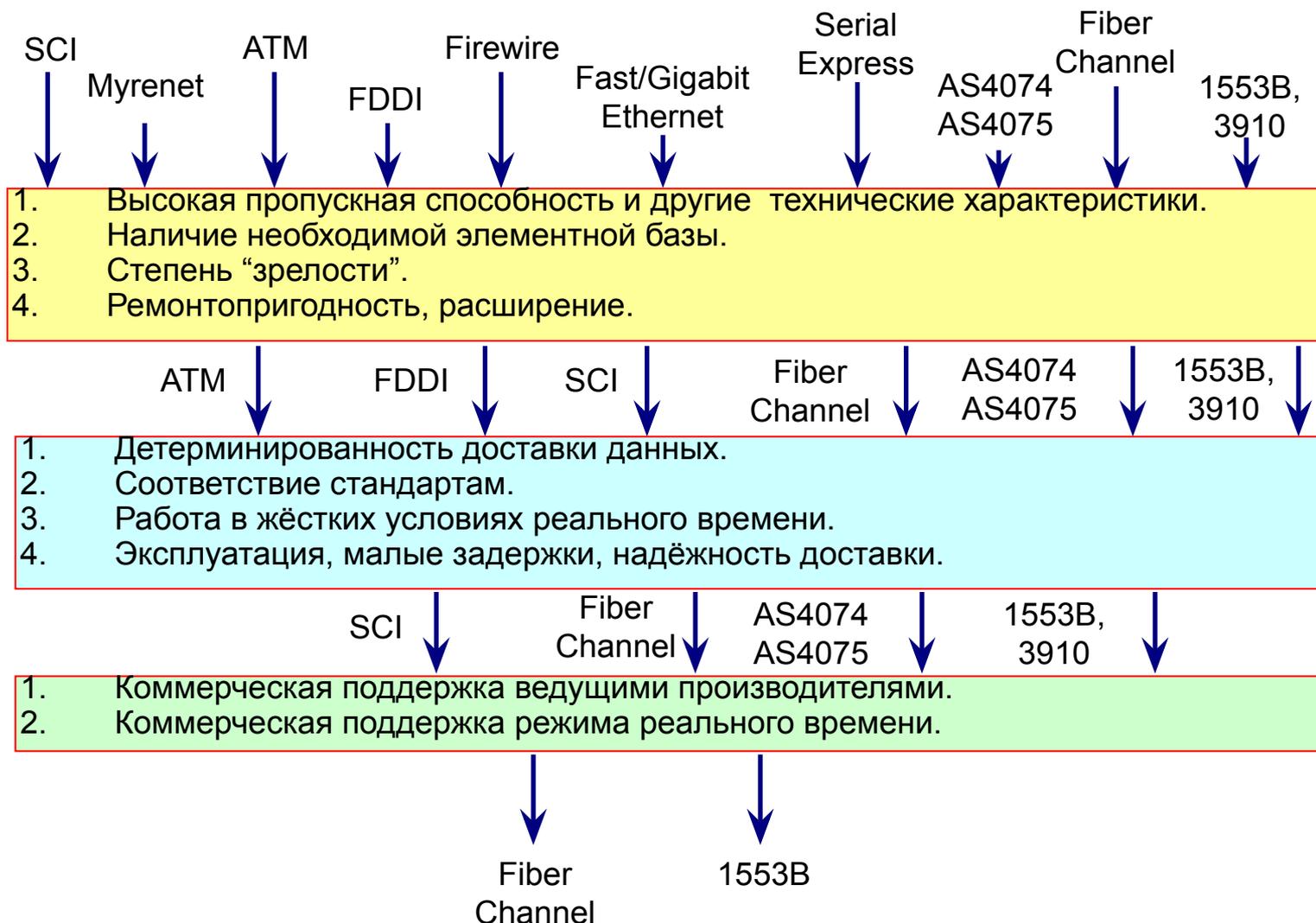
STANAG 3910  
(отечественный  
аналог ГОСТ Р 50832-  
95);

FDDI (ISO  
8802.8);

AS4074;

AS4075.

# КАНДИДАТЫ НА РОЛЬ УНИФИЦИРОВАННОГО ПРОТОКОЛА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ЛА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

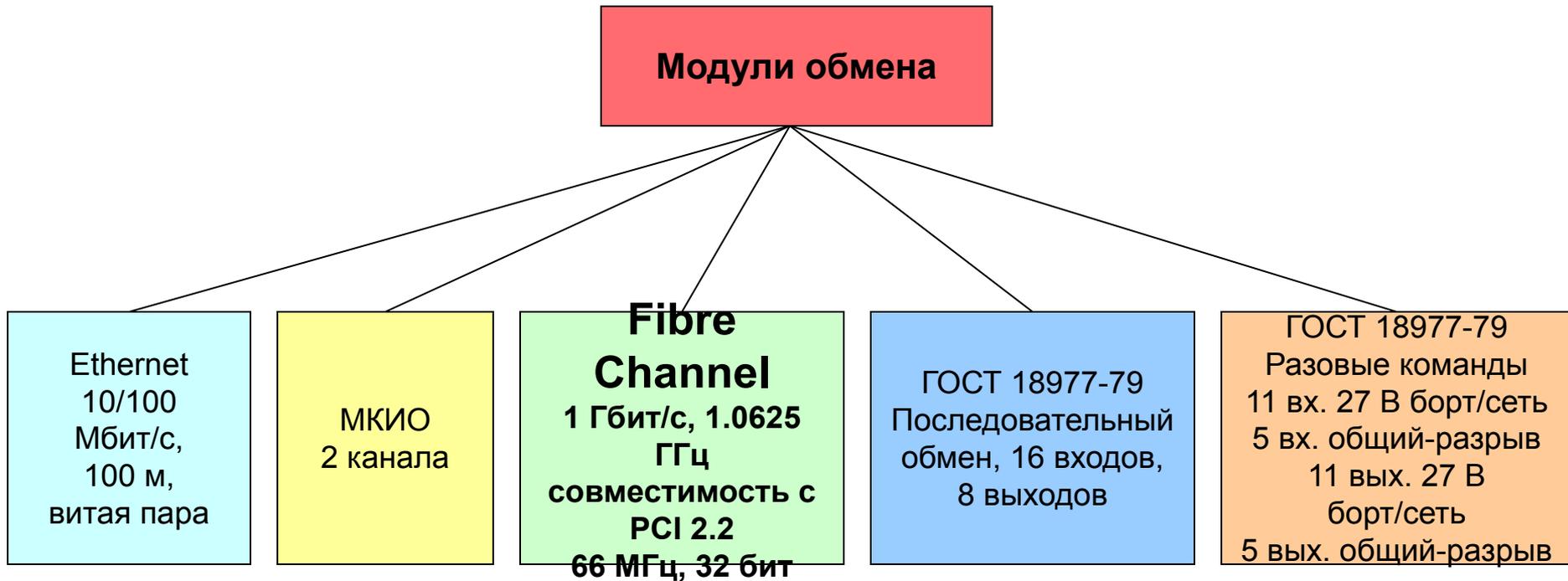


# Рекомендации по внедрению

На первом этапе полномасштабного внедрения в авионику сетевых технологий при детерминированной организации БЦВС наиболее целесообразна ориентация на адаптированные к реальному масштабу времени высокоскоростные протоколы STANAG 3910, AS4074, AS4075, использующие принципы передачи данных стандартных ЛВС. Однако необходимо отметить, что вышеперечисленные протоколы не обладают возможностью вариаций своих функциональных характеристик, необходимых для обеспечения единой унифицированной сети авионики и предполагаются к применению исключительно на системном уровне. Также, ограниченное распространение некоторых из специализированных технологий (например STANAG 3910) объясняется еще и тем, что в настоящее время имеет место бурное развитие оптоэлектронной компонентной базы и появление новейших сетевых коммерческих технологий, обеспечивающих довлеющую преимущество и удешевление специализированных разработок в целом.

При переходе к реализации вычислительной среды с динамической реконфигурацией возникает возможность реализаций распределенных многомашинных или многопроцессорных систем на основе концепций “креативности” и разработки архитектурно регулярных масштабируемых вычислительных средств, объединенных универсальными средствами сетевых межсоединений с возможностью их электронной коммутации. Таким образом, рекомендуемая для комплексирования перспективной авионики информационная технология должна обладать модульностью своих функционально-логических характеристик, тем самым поддерживая противоречивые требования к единым средствам передачи данных различных уровней и объединяя их в единой технологии. Такой информационной технологией и является в настоящее время разрабатываемое семейство протоколов FC. Данная технология позволяет создавать различные по своим возможностям сетевые средства межсоединений обладая логической модульностью своих характеристик. Данная организация позволяет изменять характеристики средств передачи в соответствии с требованиями системы.

# Модули обмена БЦВМ «БАГЕТ-53-22»



# Fibre Channel

Fiber Channel - стандарт ANSI с гибкой технологией передачи информации, которая обеспечивает высокую степень целостности и надежности передачи данных с информационными скоростями от 133 Мбит/с до 8 Гбит/с. Данная технология обмена стандартизована на канальном и сетевом протокольных уровнях. Гетерогенная схема соединений обеспечивает активное и интеллектуальное взаимодействие от десятков до нескольких тысяч узлов, сопряжение которых может осуществляться посредством физических линий связи различного типа (электропроводные, оптоволоконные, смешанные)

Протокол канального уровня обеспечивает идентификацию операций, подсчет передаваемых кадров и их контроль посредством 32-х разрядного контрольного циклического кода и ограничителя кадров. Fiber Channel реализует кодирование информации посредством кодовых символов типа 8b/10b (символ включает 8-мь информационных разрядов из 10-ти), что позволяет достигать вероятностей одиночной разрядной ошибки в сквозном коммуникационном канале порядка  $10^{-10}$  -  $10^{-12}$  и менее. Это означает появление ошибок не чаще одного раза за 1000 секунд, что значительно меньше по сравнению с частотами появления ошибок в других технологиях, в которых вероятности появления разрядных ошибок составляет порядка  $10^{-6}$ . Одной из особенностей технологии Fiber Channel является ее универсальность в том смысле, что она пригодна для применения как в области передачи данных, так и в области их хранения.

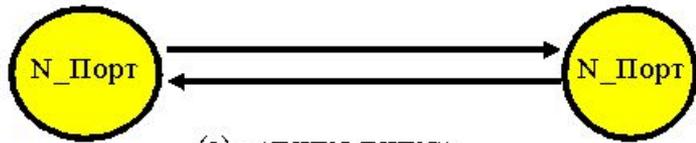
# Характеристики Fibre Channel

- скорость передачи информации – до 12,75Гбит/сек;
- заголовок пакета - 24 байта (при необходимости возможно расширение);
- размер пакета - переменный, до 2-х Кбайт;
- техническая скорость передачи (тактовая частота) - 1062МГц;
- задержка в коммутаторе (переключателе) - 300нс и может возрастать до величины 10мкс;
- физические соединения - витая пара, коаксиал, волоконная оптика;
- тип связей - последовательные связи;
- кодирование информации в среде - 8В/10В;
- максимальная длина связей - до 10м при электропроводных связях, до 10км при оптических связях;
- полюсность коммутатора - симметричное число полюсов - 16, 32, 64 или арбитражное кольцо;
- технология маршрутизации - переключательная сеть ("фабрика"), арбитражное кольцо;
- топологии физической среды - соединения типа кольцо с арбитражной логикой (arbitrated loop - FC-AL), переключательная сеть (fabric switch – FC-FS), "точка-точка"(point to point);
- количество узлов - до 16М (24-х разрядный адрес);
- разрешение конфликтных ситуаций - процедура, ориентированная на переключатель и зависящая от типа дисциплины обслуживания;
- область применения - каналы ввода/вывода, локальные сети, рабочие станции, дисковые массивы;
- стандартизация - семейство стандартов, формируемых комитетом ANSI ХЗТ11;
- поставщики оборудования - Ancor, AT&T, IBM, Sun, Systran
- минимальное количество оборудования на плате - приемопередатчик, контроллер;
- потребляемая мощность - 3Вт.

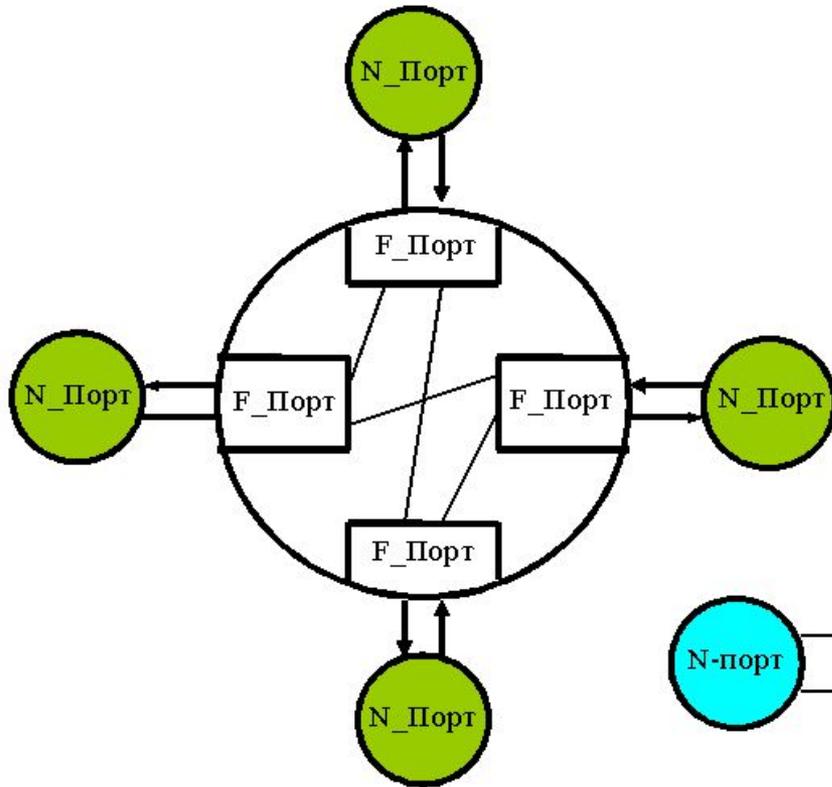
## *Преимущества технологии FC*

- Обеспечивается интерфейс с дисковыми массивами памяти;
- Разработаны необходимые коммутационные схемы;
- Ожидается широкая номенклатура компьютеров, использующих в своих конфигурациях сетевой интерфейс;
- Нижние уровни информационной технологии стандартизованы;
- Существуют программные средства, которые позволяют уменьшить число несовместимых комбинаций программных утилит;
- Существует рабочая группа бортовой авионики - FC-AE;
- Обеспечивается возможность подключения периферийных устройств;
- Реализуются свойства масштабируемости и повышенной надежности, посредством использования многопортовых переключателей физической среды;
- Канальная архитектура защищает локальное ПО от активных периферийных процессов;
- Широкое разнообразие выбора характеристик по критерию стоимость / эффективность.

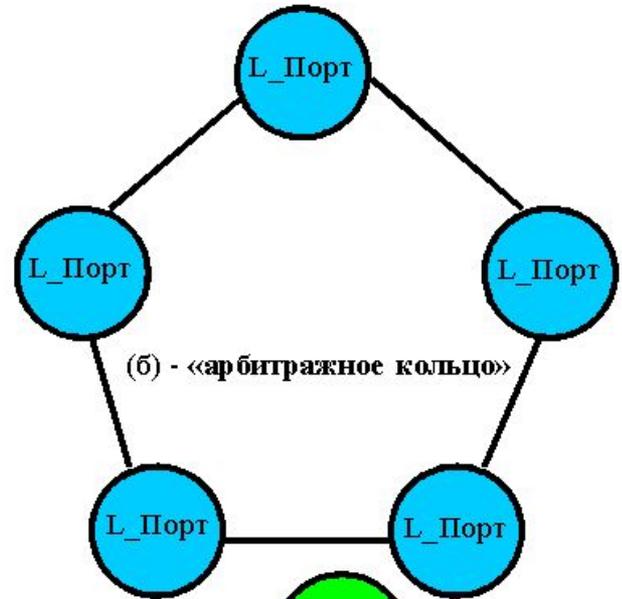
# Топологии Fibre Channel



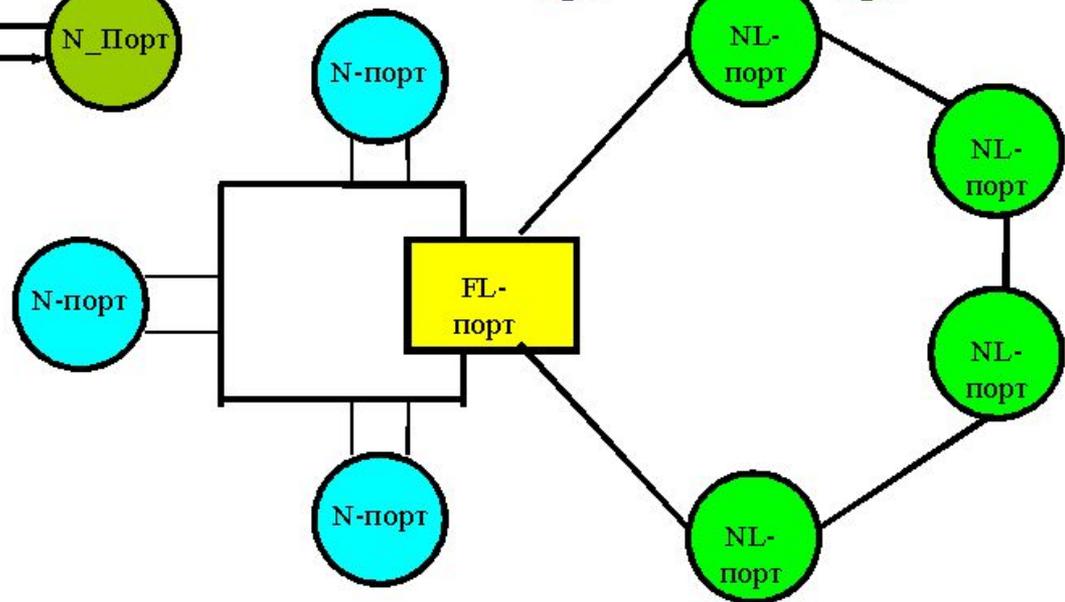
(а) - «точка-точка»



(в) - «переключательная сеть»

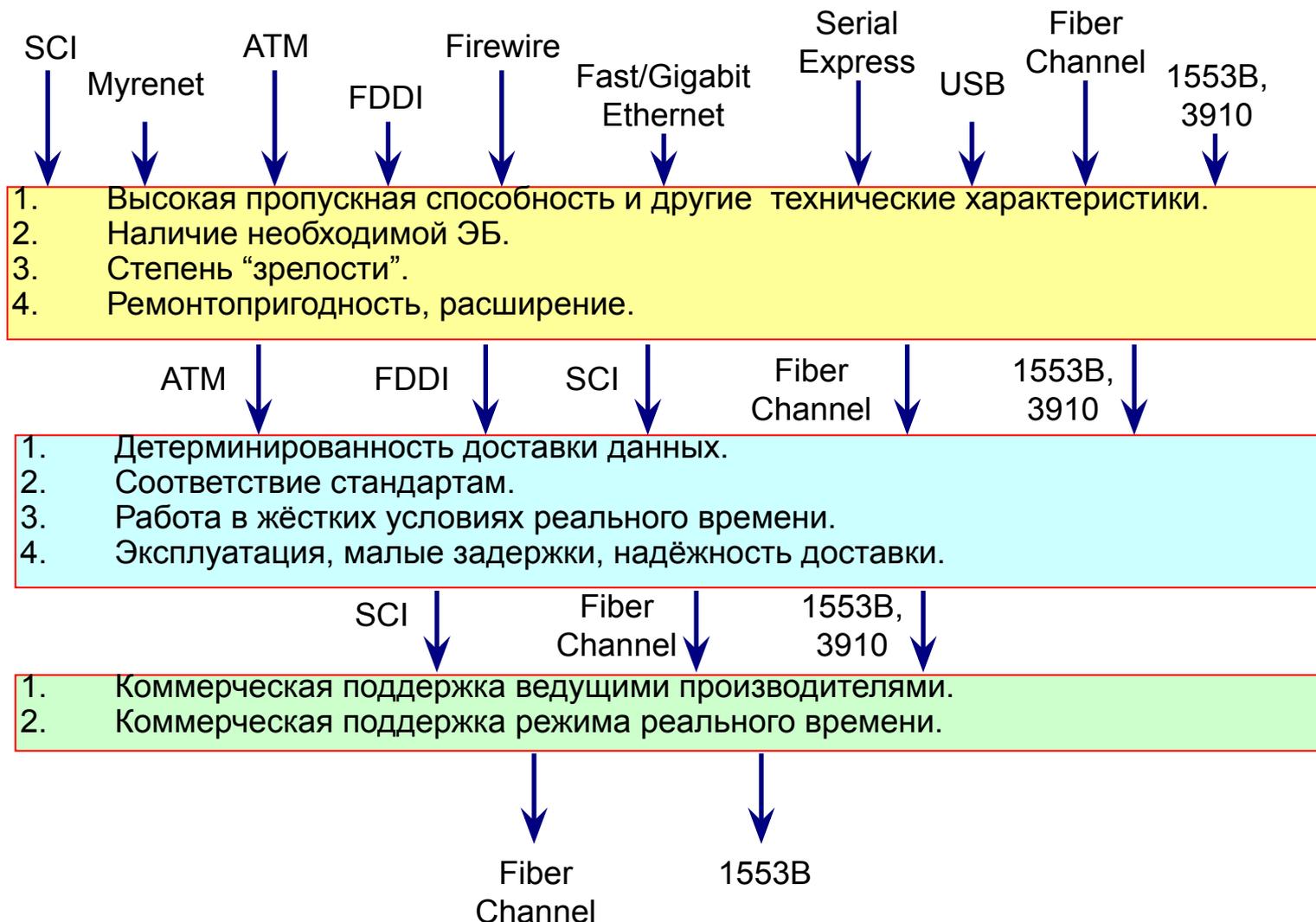


(б) - «арбитражное кольцо»



(е) - объединенная топология переключательной сети и арбитражного кольца

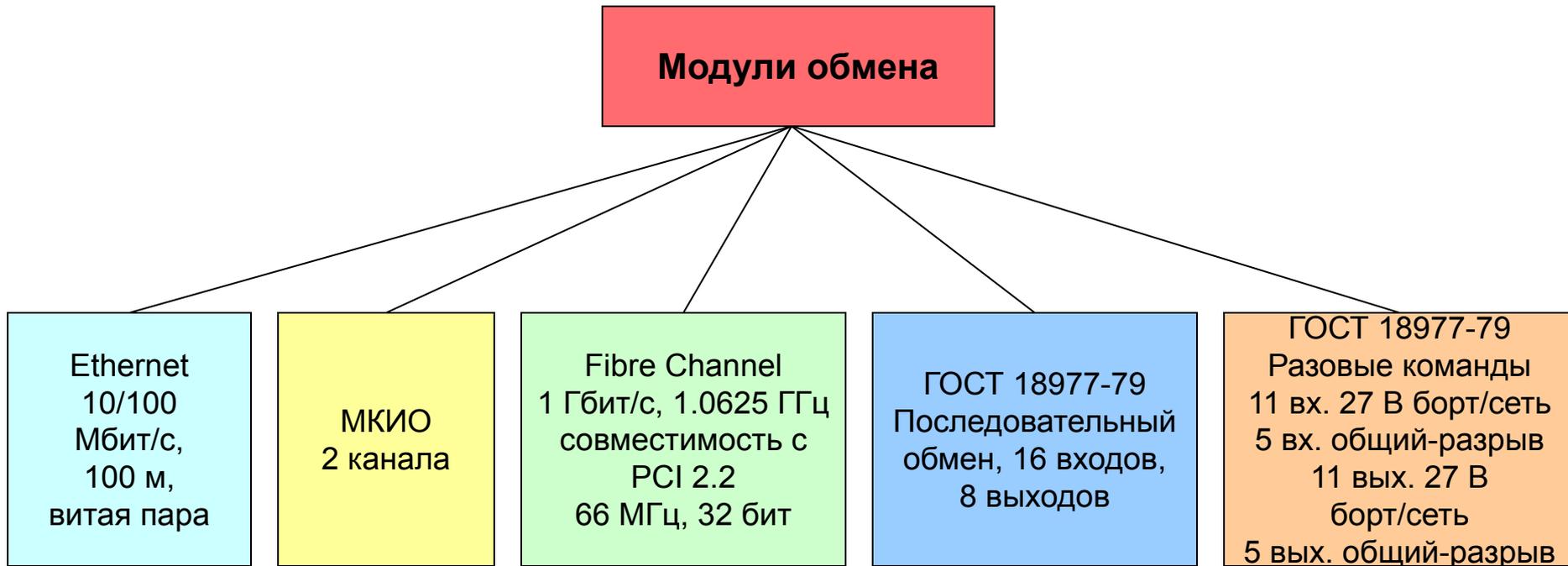
# ВЫБОР КАНДИДАТА НА РОЛЬ СЕТЕВОЙ МАГИСТРАЛИ БВС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛА



## Характеристики протокола MIL-STD-1553В и технологии Fibre Channel.

Протоколы Характеристики	MIL-STD-1553В	Технология Fibre Channel
Скорость передачи данных	1 Мбит/сек	133 Мбит/сек – 12,75 Гбит/сек
Типы поддерживаемых топологий	Моно канал	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двухточечное соединение.</li> <li>2. Арбитражное кольцо.</li> <li>3. Коммутационная среда.</li> </ol>
Количество абонентов	До 31	До $2^{32}-1$
Среда передачи данных	Витая пара	ВОЛС, витая пара, коаксиальный кабель.
Возможность отображения протоколов	Нет	Ethernet, SCSI, MIL-STD-1553В и т.д.
Передача разнородного трафика	Данные, команды	Команды, потоки данных, аудиопотоки, видеопотоки.
База стандартизации	Стандарт РФ	Проработана совокупность базовых стандартов технологии Fibre Channel.

# Модули обмена БЦВМ «БАГЕТ-53-22»



# Сравнение технологии информационного обмена

Характеристики	Мультиплексный канал (MIL-STD- 1553)	Fibre Channel	AFDX/ARINC 664
Скорость передачи данных	1 Мбит/сек	133 Мбит/сек – 12,75 Гбит/сек	100 Мбит/сек – 1 Гбит/сек
Поддерживаемые топологии физических соединений	Шинный моноканал	1. “точка-точка”. 2. арбитражное кольцо 3. коммутационная сеть	1. “точка-точка”. 2. коммутационная сеть
Среда передачи данных	Витая пара	Симметричный кабель (витая пара), коаксиальный кабель, ВОЛС	Симметричный кабель (витая пара), ВОЛС
Адрес абонента	5 бит адрес, 5 бит подадрес	24 бита	24 бита
Организация передачи данных	Асинхронный полудуплексный режим, направленный и групповой, 10 форматов сообщений	Полнодуплексный режим передачи, различные режимы обслуживания обмена – 1, 2, 3, 4, 6	Полнодуплексный режим передачи
Максимальный передаваемый массив данных	64 байта в отдельном сообщении	2 Кбайт в отдельном кадре	8 Кбайт
Возможность отображения протоколов других технологий	Нет	MIL-STD-1553B (FC-AE-1553), Ethernet, SCSI и т.д.	
Нормативная база стандартизации	Стандарт РФ ГОСТ Р 52070-03	Отраслевые рекомендации Р 1.1.42-06	ARINC 664 российских стандартов нет