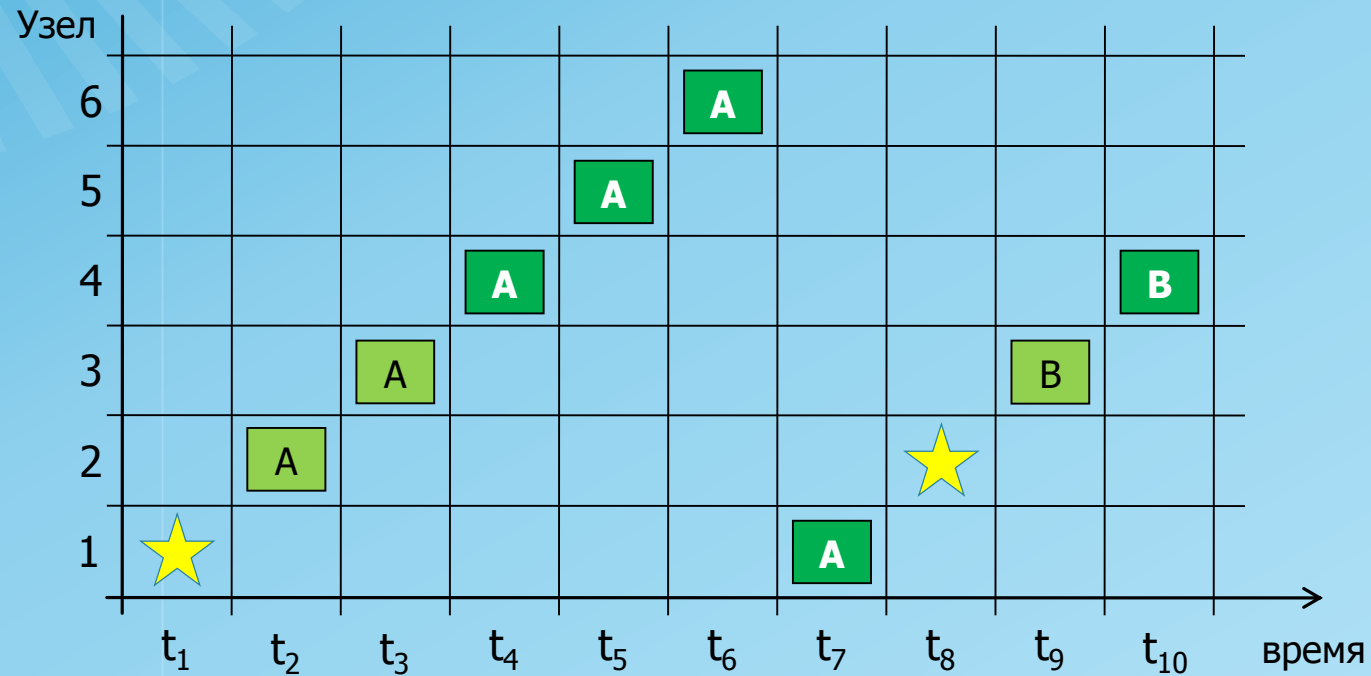
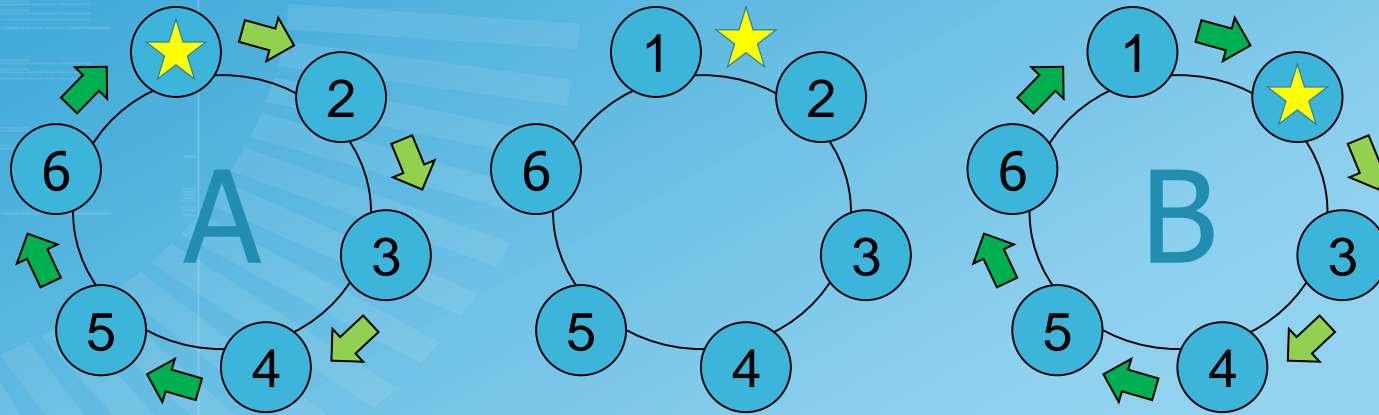


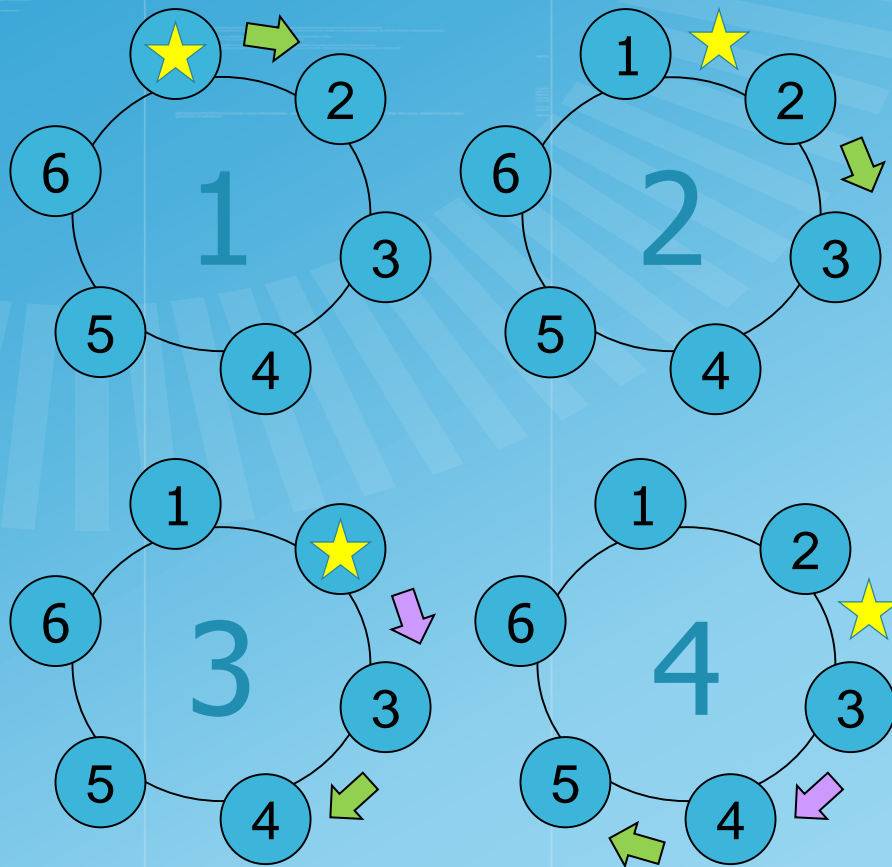
# Стандартные ЛВС: Token ring, FDDI

- Метод доступа к среде – маркерное кольцо (token ring)
- Скорости передачи данных
  - 4 Мбит/с
  - 16 Мбит/с (с ранним освобождением маркера)
  - 100 Мбит/с (HSTR – high speed token ring)
- Применяемые физические среды передачи:
  - экранированная витая пара (STP)
  - неэкранированная витая пара (UTP)
- Разграничение приоритетов

# Маркерный метод доступа



# Раннее освобождение маркера



- Узел передаёт маркер следующему узлу сразу после окончания передачи последнего бита кадра, не дожидаясь его возвращения по кольцу с битом подтверждения приёма
- По кольцу одновременно передаются кадры нескольких узлов
- Свой кадр генерирует только узел, владеющий маркером (остальные ретранслируют чужие) – сохраняется принцип маркерного разделения среды

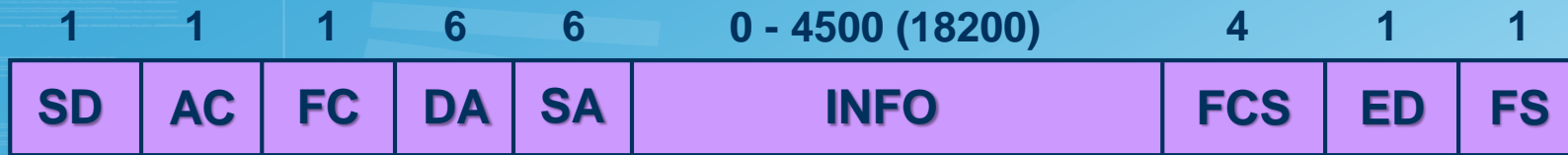
# Маркер (token)



- **SD (Start delimiter)** – начальный ограничитель – уникальная последовательность символов манчестерского кода: **JK0JK000** (где **J** и **K** – импульсы запрещенного уровня)
- **AC (Access Control)** – поле управления доступом, состоит из 4 подполей:
  - PPP – биты приоритета (текущего)
  - M – бит маркера (M=1 означает, что данный кадр – маркер доступа)
  - T – бит монитора (T=1 для всех кадров активного монитора)
  - RRR – резервные биты приоритета
- **ED (End delimiter)** – конечный ограничитель – уникальная последовательность символов **JK1JK1** и два флага:
  - Флаг I (Intermediate) показывает, является ли кадр последним в серии (I=0) или промежуточным (I=1)
  - Флаг E (Error) показывает, произошла ли ошибка в процессе передачи кадра по кольцу (E=1) или нет (E=0)

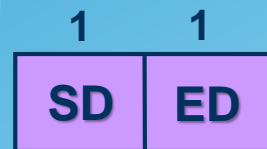


# Кадр данных



- **FC (Frame control)** – поле управления кадром определяет тип кадра: MAC (служебный) или LLC (данные)
- **DA/SA (Destination/Source Address)** – MAC-адреса отправителя и получателя
- **INFO** – данные (инкапсулированный PDU LLC по IEEE 802.2)
- **FCS (Frame check sequence)** – контрольная сумма кадра по алгоритму CRC32
- **FS (Frame Status)** – поле статуса кадра состоит из 4 резервных бит и 2 подполей: **ACxxACxx**:
  - A (address recognized) – бит распознавания адреса (A=0 если DA не найден)
  - C (frame copied) – бит копирования кадра (выставляется в 1 станцией-получателем после успешного получения кадра)

# Прерывающая последовательность












- **Начальный ограничитель** (Start delimiter, SD)
- **Конечный ограничитель** (End delimiter, ED)

## Прерывающая последовательность

- может появиться в любом месте потока битов
- используется передающим узлом для отмены текущей передачи кадра или маркера

# Приоритетный доступ к кольцу

- Любой кадр содержит приоритет от 0 до 7 (7 – наивысший)
- Узел может захватить маркер с приоритетом  $P_t$  если приоритет его кадров  $P_{fr} > P_t$
- В противном случае узел записывает наивысший из приоритетов своих кадров в резервное поле маркера, вставая в очередь на маркер
- Технология приоритетного доступа используется только под управлением протоколов прикладного уровня

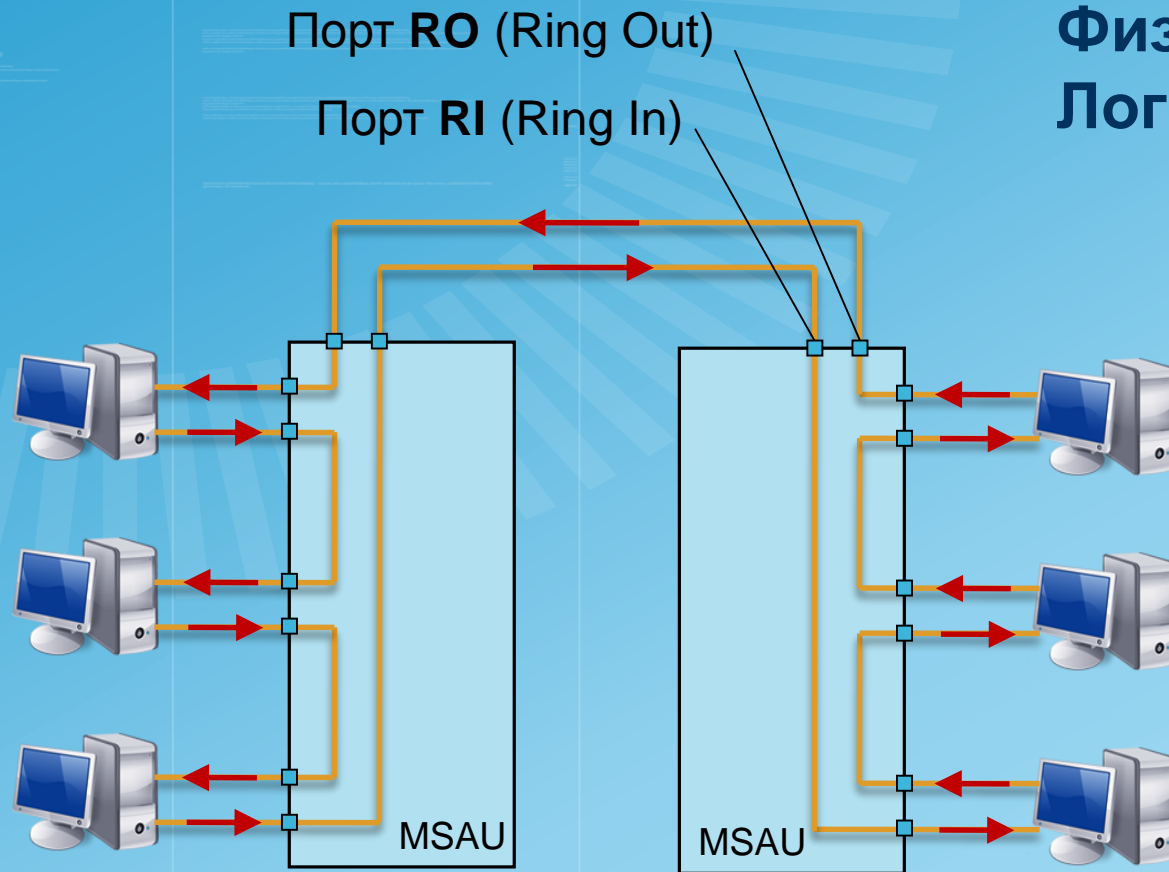
	$P_t$	$P_r$	
$t_1$	0	0	
(5) $t_2$	5	0	
(2) $t_3$	5	2	
(7) $t_4$	7	5	 
(5) $t_5$	7	5	
(2) $t_6$	7	5	
(7) $t_7$	5	0	 
(5) $t_8$	5	0	

...





# Физический уровень Token ring



**Физическая звезда**  
**Логическое кольцо**



**MSAU** (Multi-station access unit) –  
концентратор Token ring

# Управление сетью Token ring

- **Активный монитор** (active monitor) – узел сети TR, управляющий связью в кольце
  - контроль наличия маркера
  - изъятие ничейных/зацикленных/искажённых кадров
  - контроль и устранение случайных и систематических ошибок
- **Пассивный монитор** (standby monitor) – рядовой узел сети TR
  - контроль наличия в сети активного монитора
  - состязание за роль активного монитора в случае его сбоя (процедура Claim token – объявление маркера)
- **NAUN** (Nearest active upstream neighbor) – ближайший узел вверх по потоку, непосредственный партнер по информационному обмену данного узла (источник кадров)

# Адресация в сетях Token ring

- **Индивидуальная** – по уникальным MAC-адресам сетевых адаптеров
- **Групповая** – обращение к станциям, определенным как часть общего группового адреса (широковещательная передача по групповому адресу)
- **Функциональная** – адресация управляющих станций кольца по predetermined функциональным адресам (например, активный монитор: C000.0000.0001)

# Claim Token и Ring Insertion

- Новый узел, подключаясь к кольцу, не обнаруживает **AM**
- **AM** не находит в сети кадров в течение разрешенного периода ожидания
- **ПМ** определяет отсутствие в сети **AM** (по таймеру)

## CLAIM TOKEN

1. Все узлы рассылают служебные кадры Claim token
2. Узел, получивший Claim token с бóльшим MAC-адресом, начинает ретранслировать его
3. Узел с наибольшим MAC-адресом становится новым **AM**

- Подключение нового узла к кольцу

## RING INSERTION

1. Физическое подключение к кольцу
2. Поиск **AM** (ожидание кадров **AM** в течение допустимого интервала)
  - **AM** найден – следующий этап
  - **AM** не найден – запуск Claim Token
3. Проверка уникальности собственного адреса в кольце
  - Адрес уникален – следующий этап
  - Адрес не уникален – перезапуск Ring Insertion
4. Уведомление соседа (NAUN) о собственном адресе для обеспечения целостности кольца
5. Запрос особых параметров у RPS – сервера параметров кольца

# Token ring vs. Ethernet

## Достоинства:

- Высокая надёжность (гарантия доставки кадра)
- Высокая эффективность (загрузка до 100% от номинальной скорости)
- Система приоритетов

## Недостатки:

- Высокая стоимость
- Низкая скорость передачи данных
- Существенные ограничения по протяженности сети и количеству абонентов

Узкий сегмент рынка высоконадёжных систем

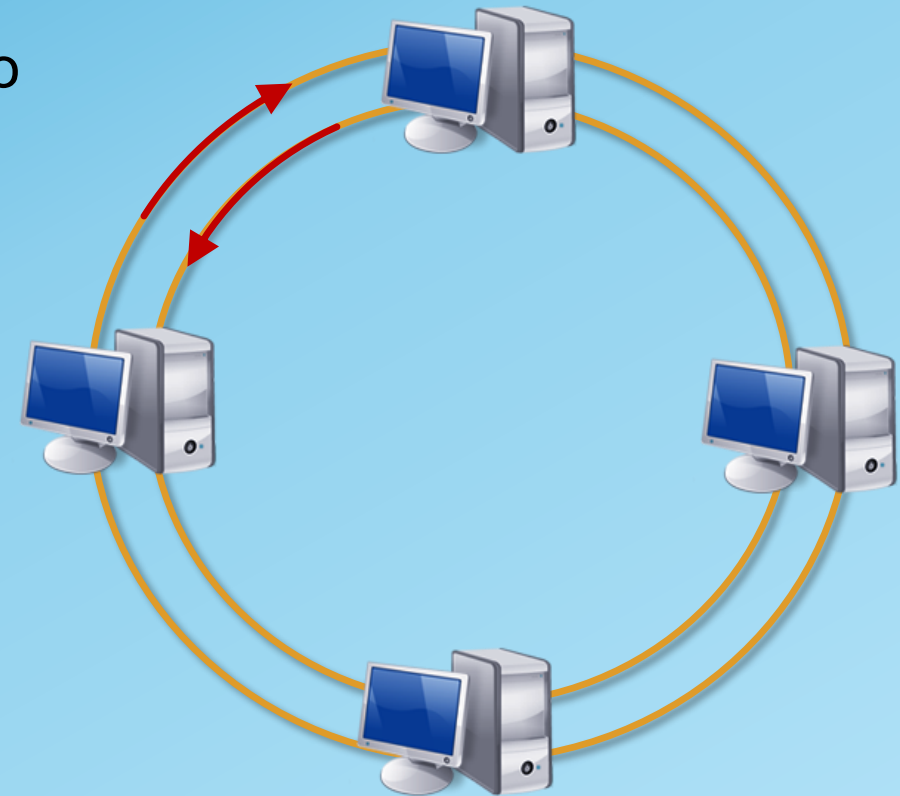
Эволюция идей TR – технология FDDI

Вытеснен с рынка простым и дешевым Ethernet

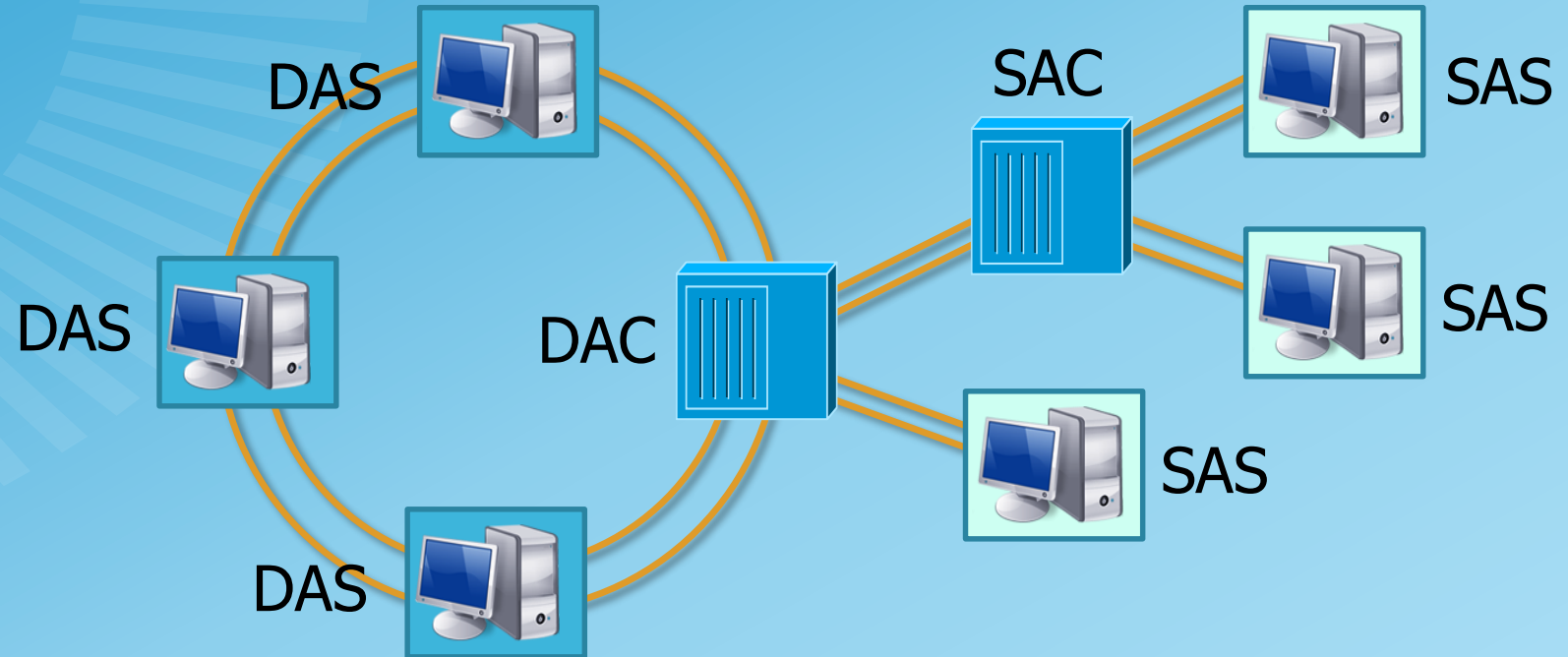


# Технология FDDI

- **FDDI (Fiber Distributed Data Interface)** – технология ЛВС с маркерным методом доступа на основе двойного оптического кольца
- Скорость 100 Мбит/с
- Топология
  - Физическая – двойное кольцо (с деревьями)
  - Логическая – кольцо
- Формат кадра Token ring
- Физическая среда
  - MMF/SMF – до 200км
  - UTP/STP (CDDI) – 100м



# FDDI: типы подключений



## □ Узлы

- SAS (Single attachment station)
- DAS (Dual attachment station)

## □ Концентраторы

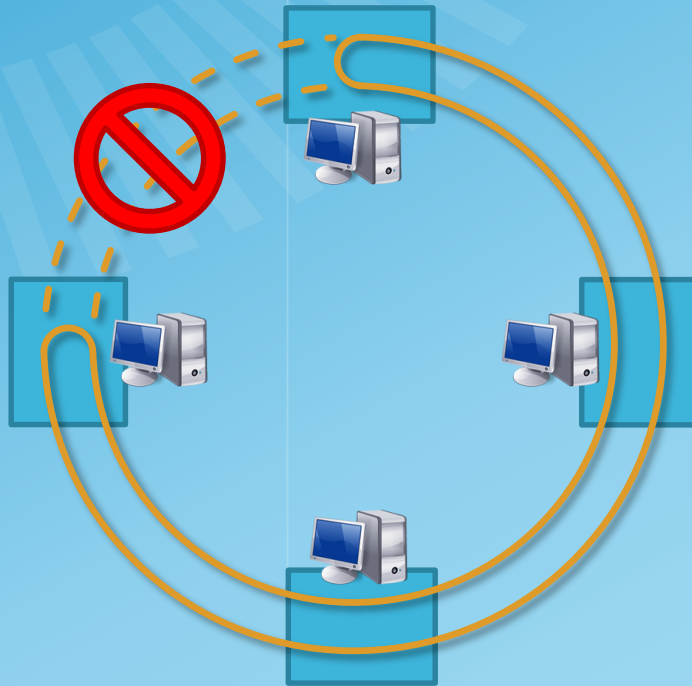
- SAC (Single attachment concentrator)
- DAC (Dual attachment concentrator)

# FDDI: отказоустойчивость

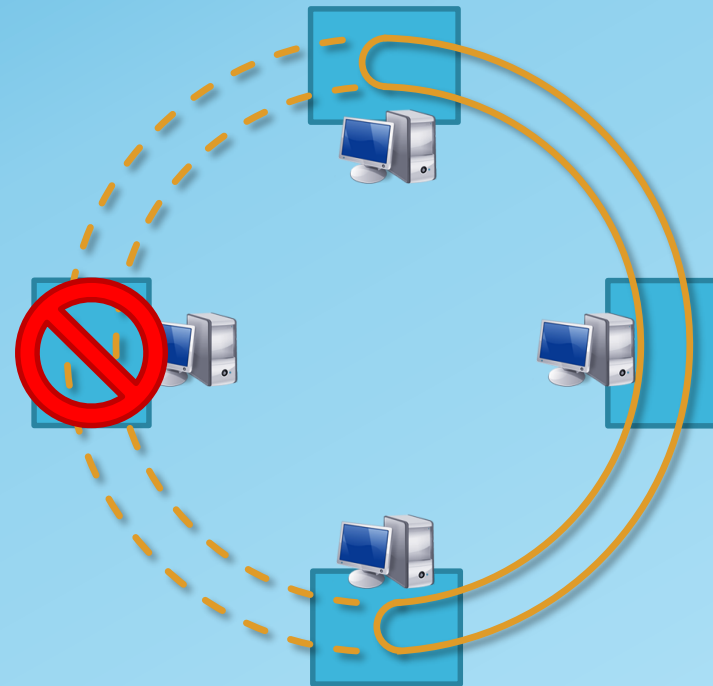
- FDDI – наиболее надёжная технология ЛВС на сегодняшний день
- Вероятность критического сбоя  $10^{-9}$
- Механизмы отказоустойчивости:
  - **Ring wrap** – свёртка кольца
  - **Dual homing** – двойное подключение
  - **Optical bypass switch** – проходной оптический коммутатор

# FDDI: свёртка кольца (ring wrap)

- **Свёртка кольца** – механизм отказоустойчивости FDDI, позволяющий полностью восстановить функционал (но не отказоустойчивость) сети на одном оптическом кольце

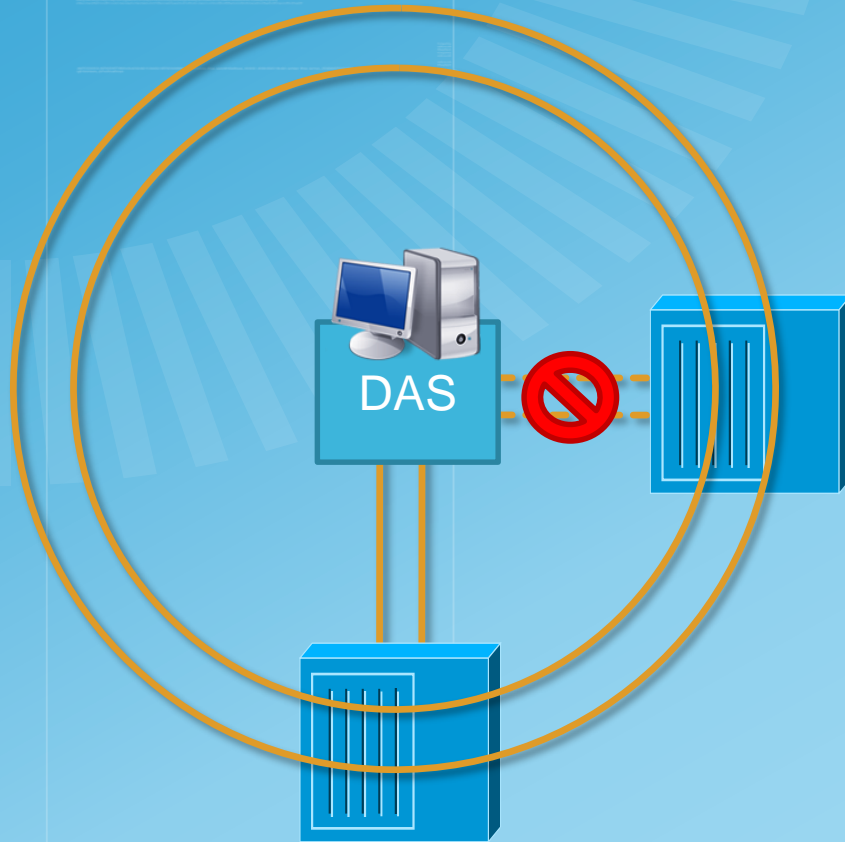


при обрыве кабеля



при отказе DAS-узла

# FDDI: dual homing

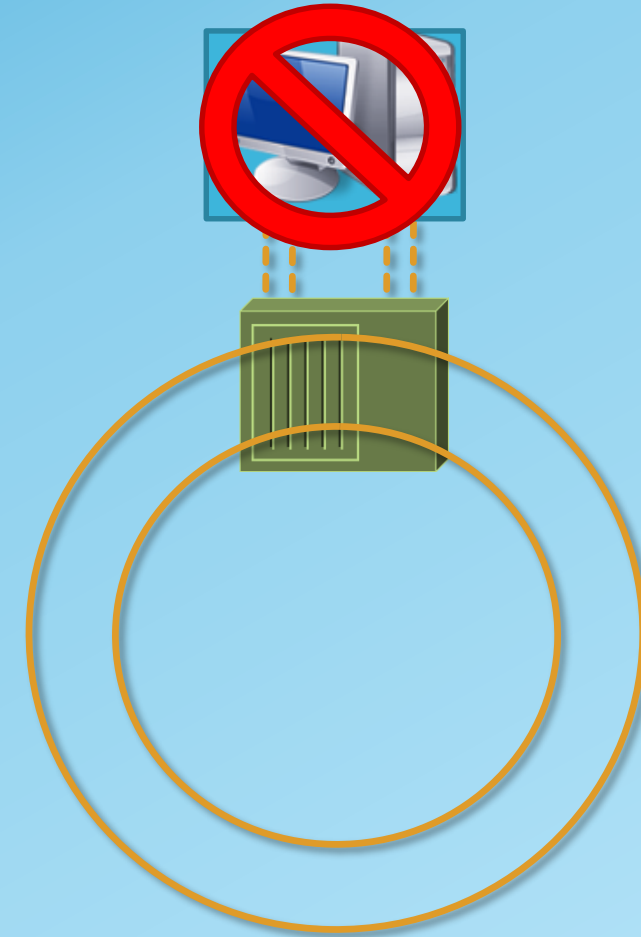


- **Двойное подключение** – механизм отказоустойчивости FDDI, позволяющий подключить DAS-узел по схеме SAS к двум различным концентраторам (одно подключение активное, другое – в горячем резерве)



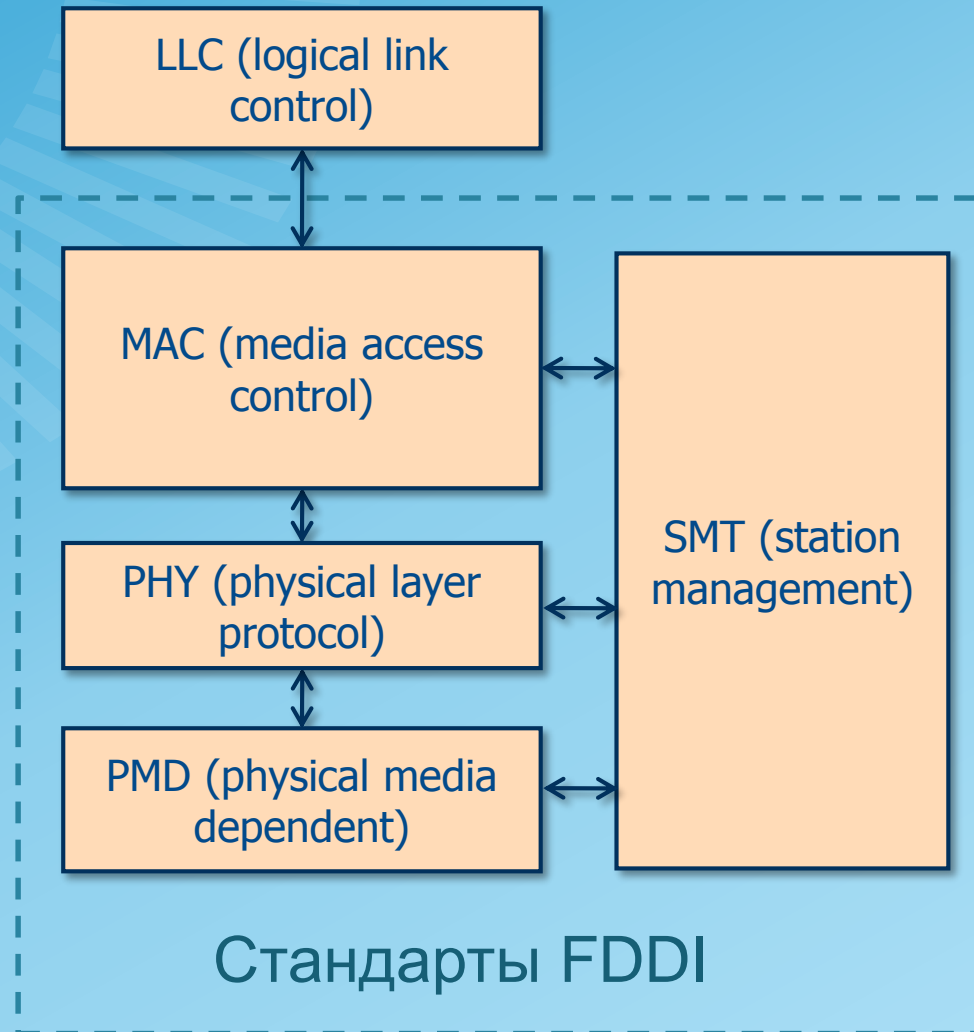
# FDDI: optical bypass switch

- **Проходной (шунтирующий) оптический коммутатор** – промежуточное устройство, применяемое в сетях FDDI при подключении DAS-узлов, позволяющее полностью восстановить функционал и отказоустойчивость сети FDDI при отказе соответствующего DAS-узла



# FDDI: стек протоколов

- формат кадра
- обработка маркера
  - адресация
- алгоритм CRC
- контроль ошибок
- (де)кодирование
- синхронизация
- оптико-электрические преобразования



- конфигурация узлов
- конфигурация сети
- управление сетью
- вставка/исключение узлов
- инициализация
- изоляция/устранение неисправностей