

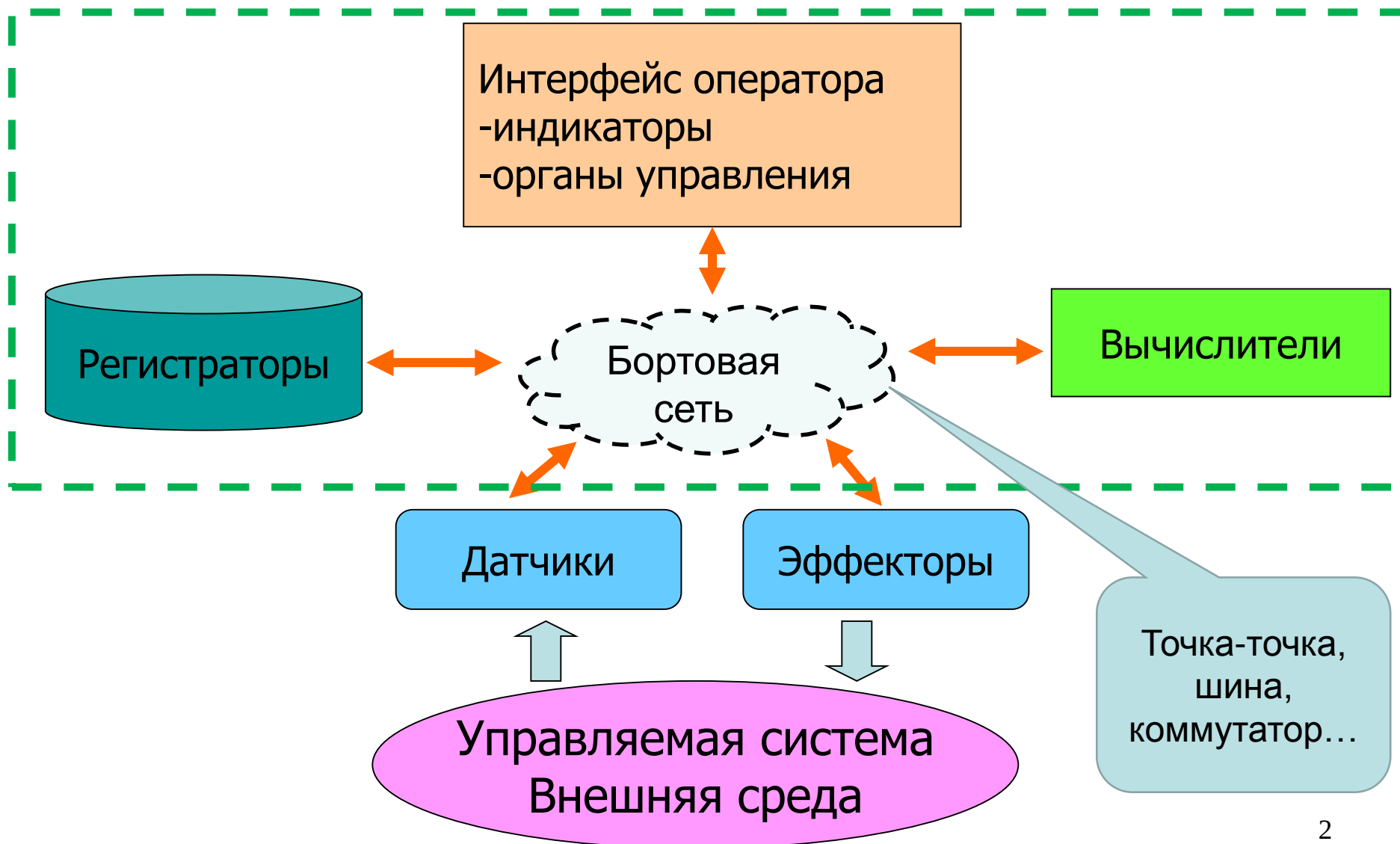
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Лекция 8:

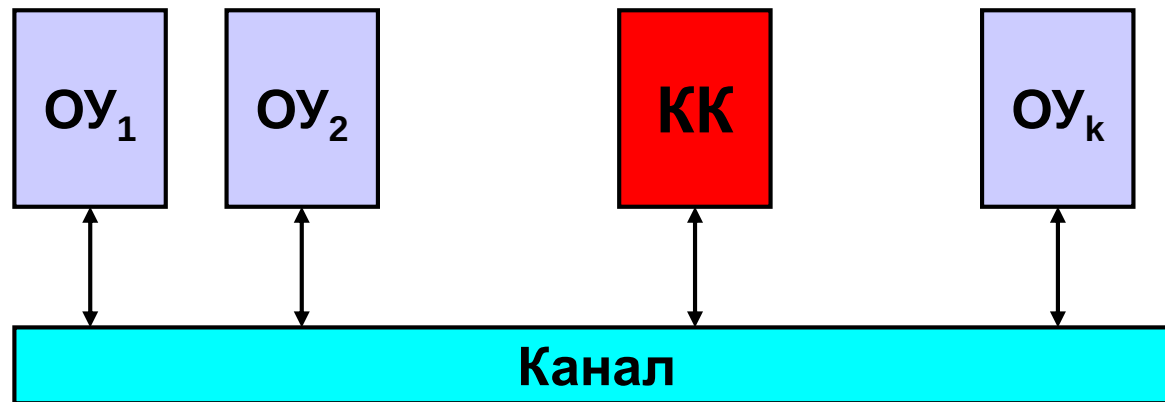
Каналы с централизованным управлением

Кафедра АСВК,
Лаборатория Вычислительных Комплексов
Балашов В.В.

Состав ИУС



Канал с централизованным управлением



- Контроллер – управляет обменами в соответствии с предварительно построенным расписанием обменов.
- Информация передается в виде сообщений.
- Обмен информацией осуществляется путем поочередной передачи данных по принципу "команда-ответ".

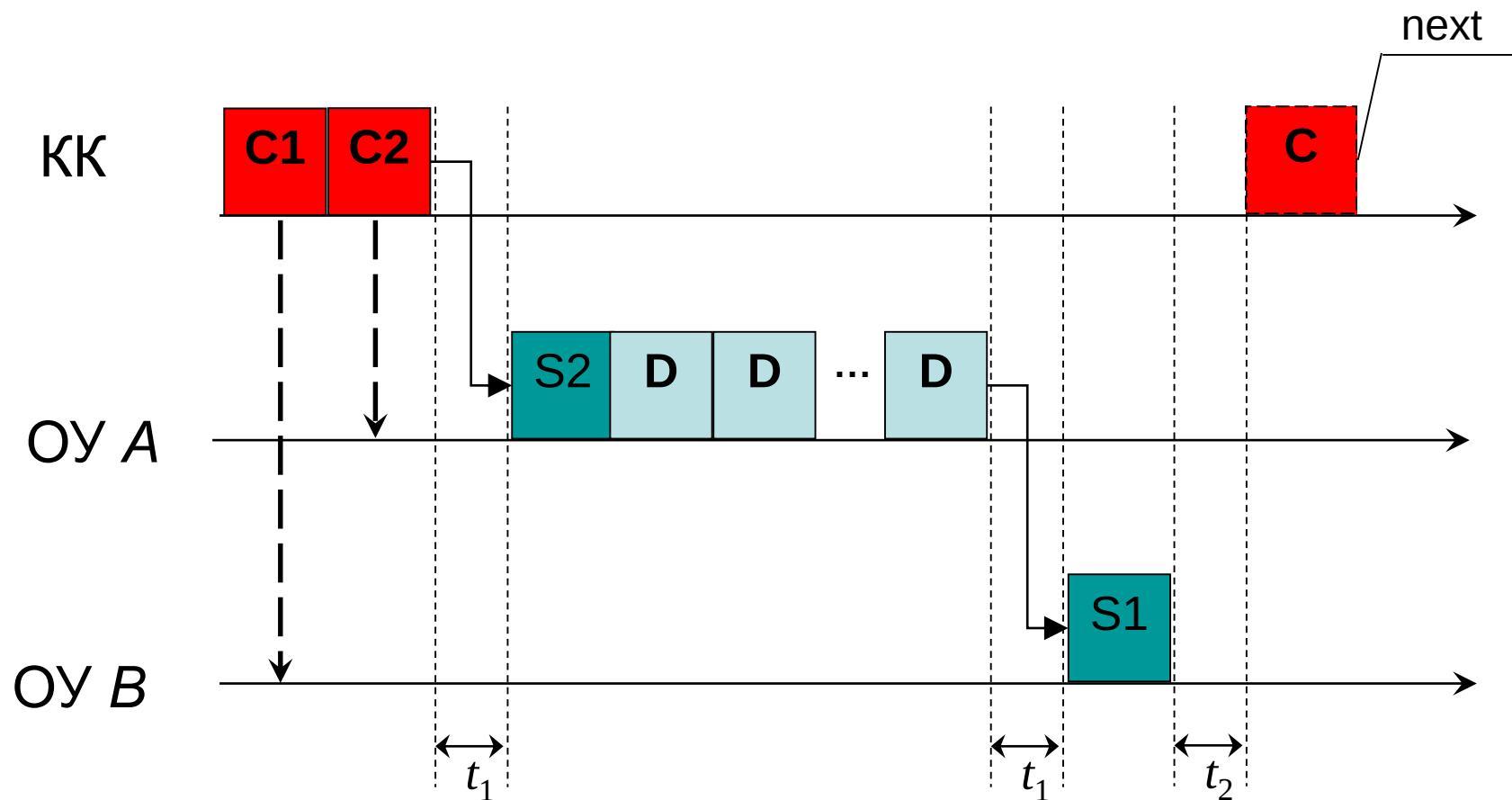
Преимущества каналов с централизованным управлением

- Отсутствие конфликтов.
- Гарантированная передача сообщений в режиме реального времени.
- Минимальное количество «проводов» в сети обмена.

Промышленные каналы с централизованным управлением

- MIL STD-1553B
- Модификации MIL STD-1553B:
 - MIL STD-1773 (оптика)
 - Space Shuttle MIA bus (более длинное слово)
 - EBR-1553 (топология «звезда»)
- MIL STD-1760 (иерархия)
- STANAG 3910
- FC-AE-1553
- CAN bus с «искусственной» централизацией

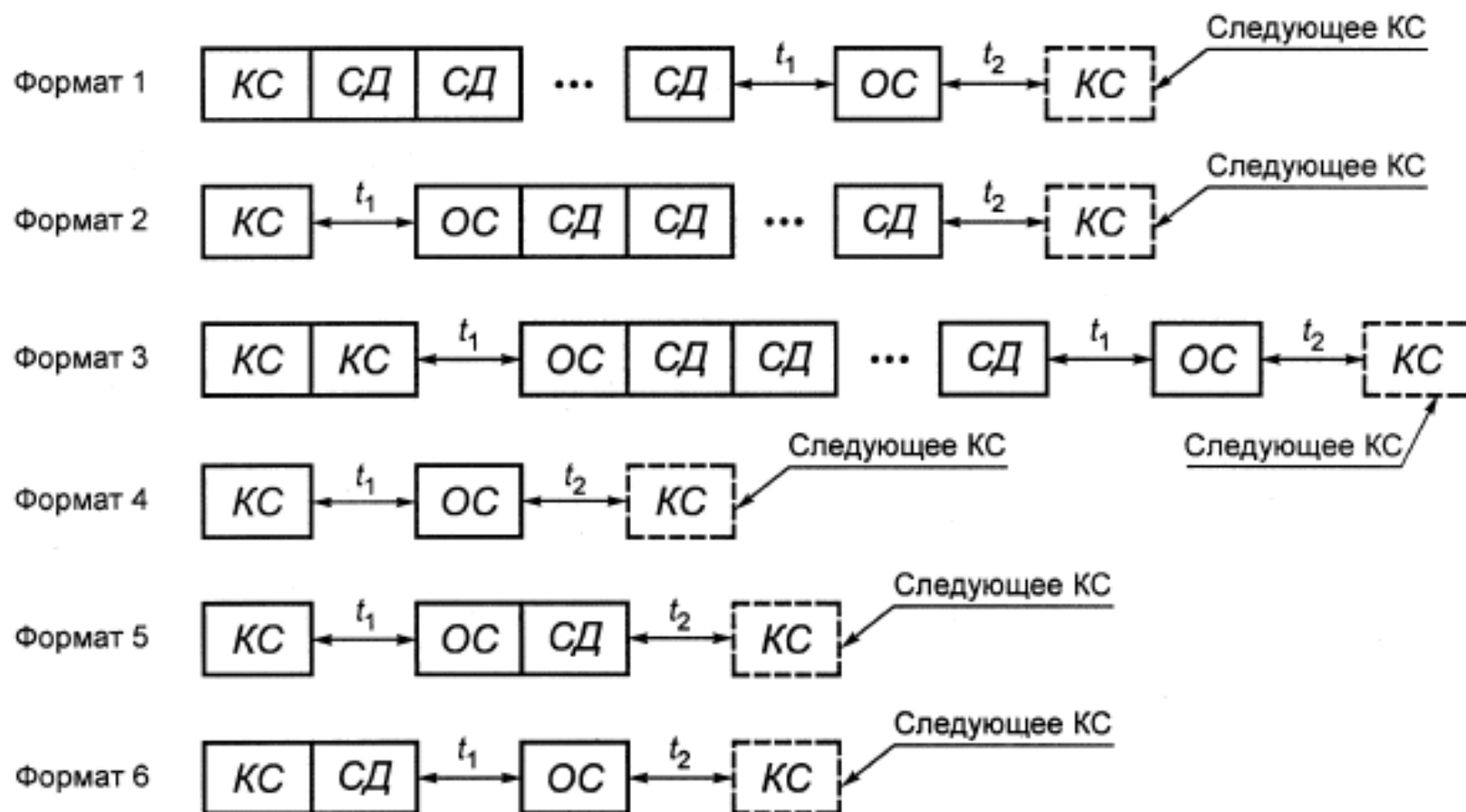
MIL STD-1553B: передача сообщения



MIL STD-1553B: форматы сообщений

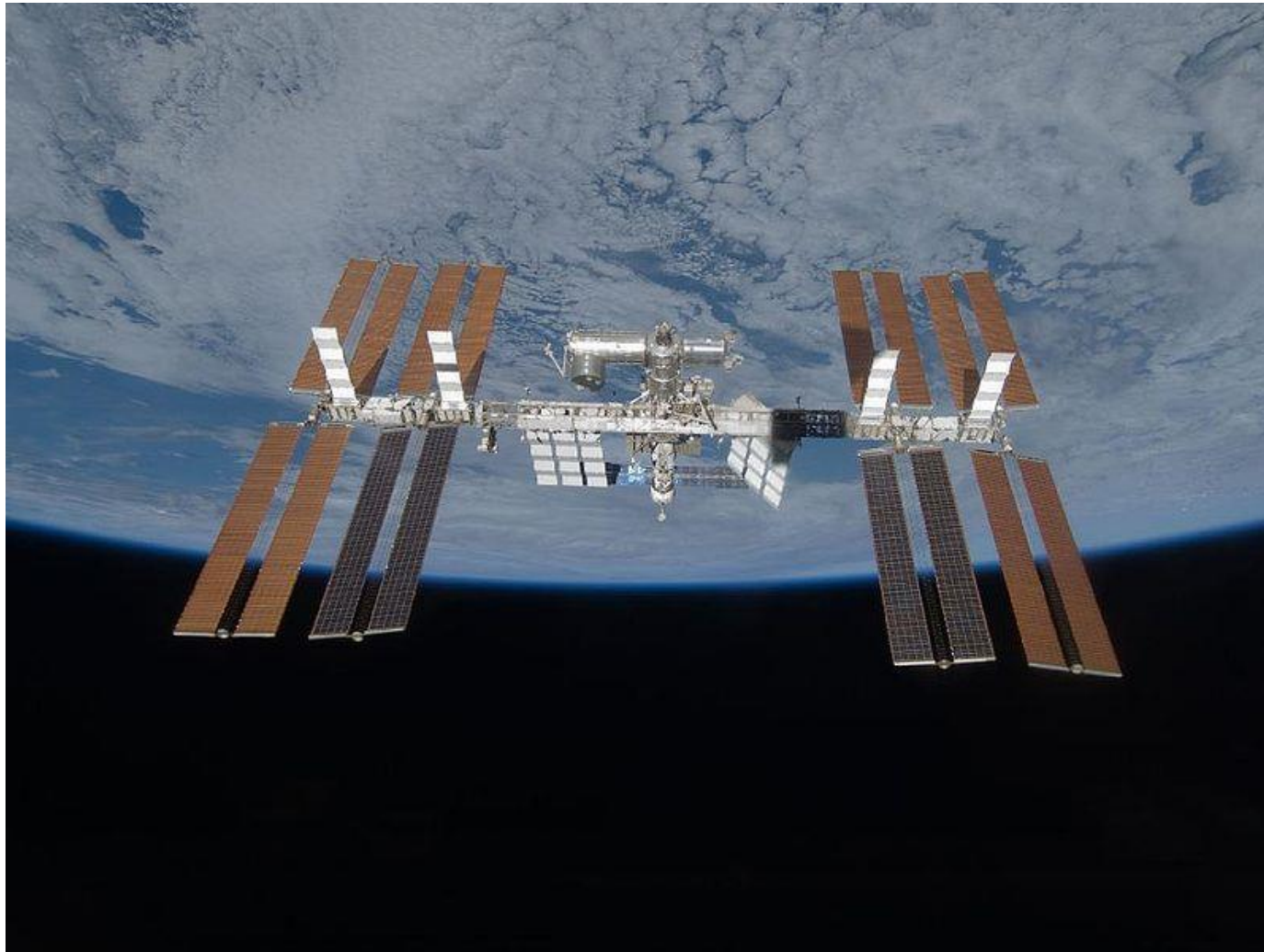
	передача данных	
точка-точка	КК-ОУ	
	ОУ-КК	
	ОУ-ОУ	
широко-вещательный	КК-ОУ	
	ОУ-ОУ	

То же, из ГОСТа

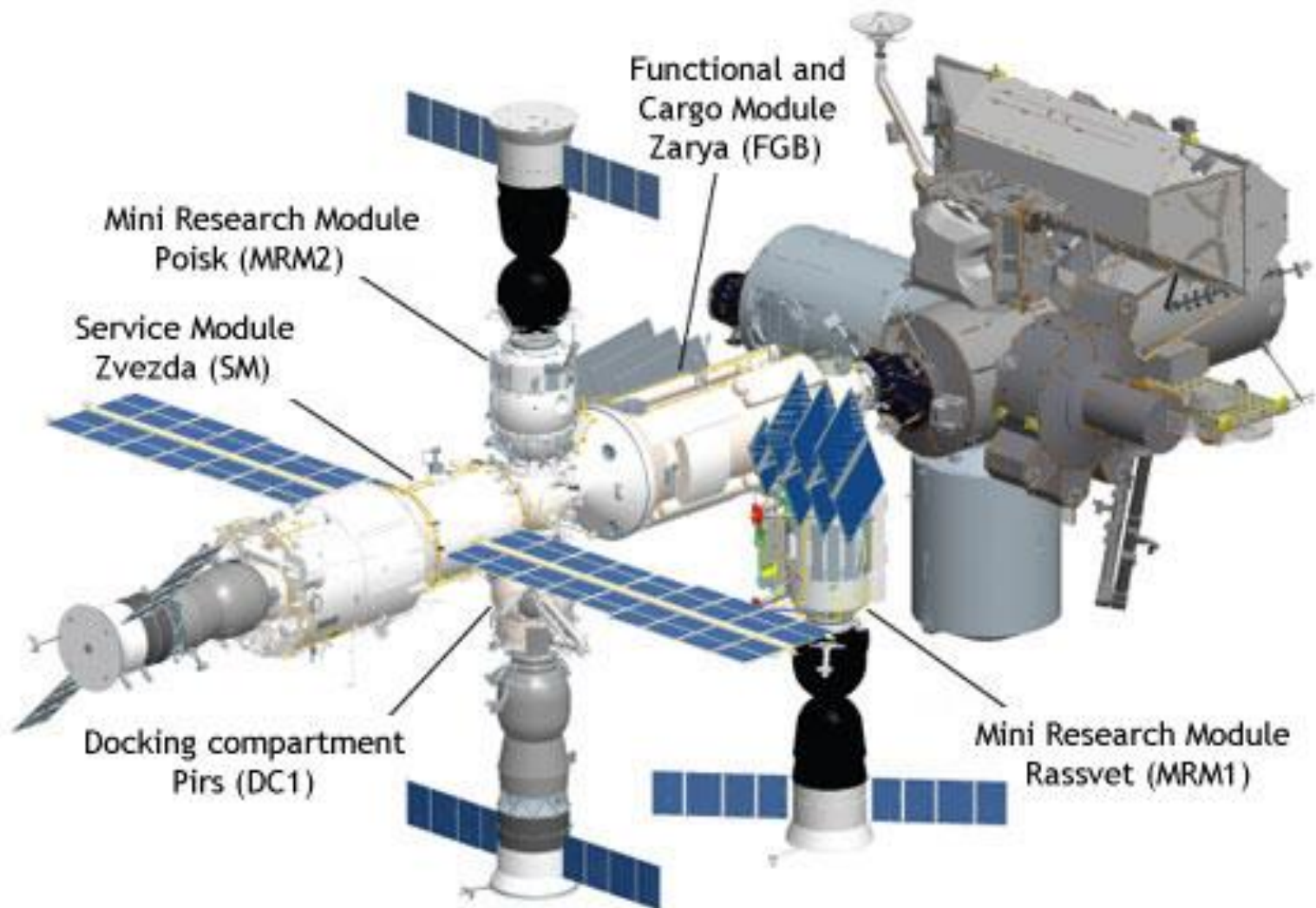


КС — командное слово; *СД* — слово данных; *ОС* — ответное слово; t_1 — пауза перед выдачей ответного слова;
 t_2 — пауза между сообщениями

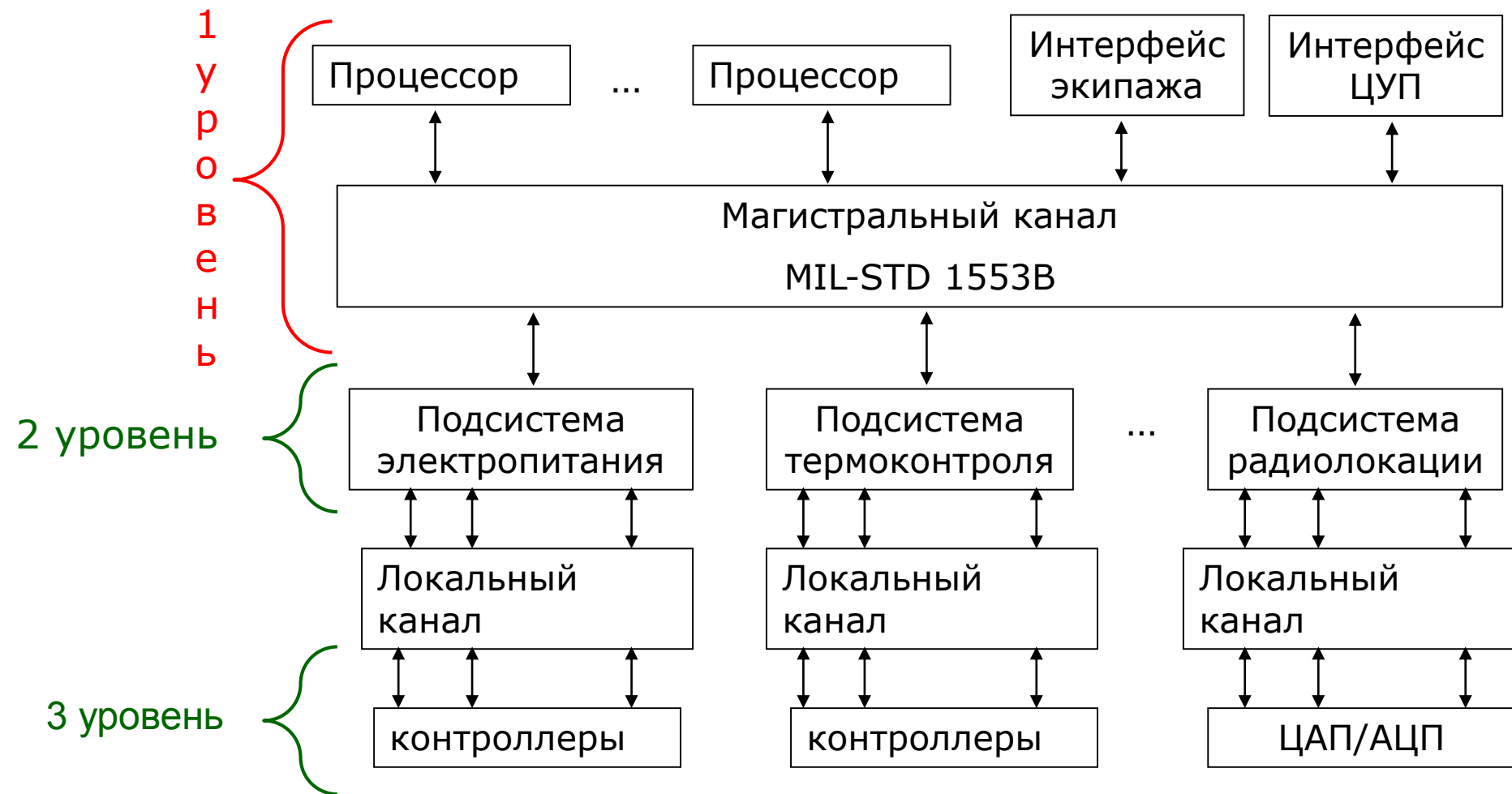
Международная космическая станция



Российский сегмент МКС



Иерархическая организация ИУС РВ МКС



Типичные режимы работы ИУС на МКС

- стандартный режим;
- режим микрогравитации для выполнения научных экспериментов;
- режим сближения и стыковки с транспортными кораблями;
- режим для выхода экипажа в открытый космос;
- режим выживания с отключением наименее важных экспериментов и систем;
- режим аварийного покидания экипажем МКС.

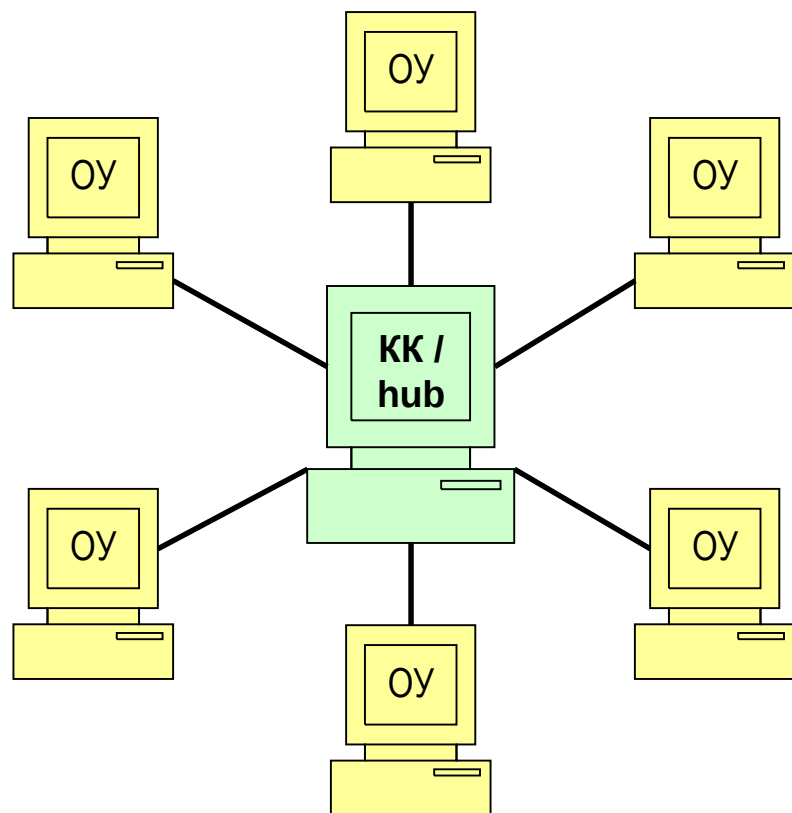
Режим → набор сообщений, расписание передачи

«Фокусы» с каналом MIL STD-1553B

- Ракета-носитель ARIANE 5:
обнаружение разделения
ступеней
(разрыв магистрали)
- Транспортный корабль ATV:
индикация успешной стыковки
(соединение периферийного
канала)

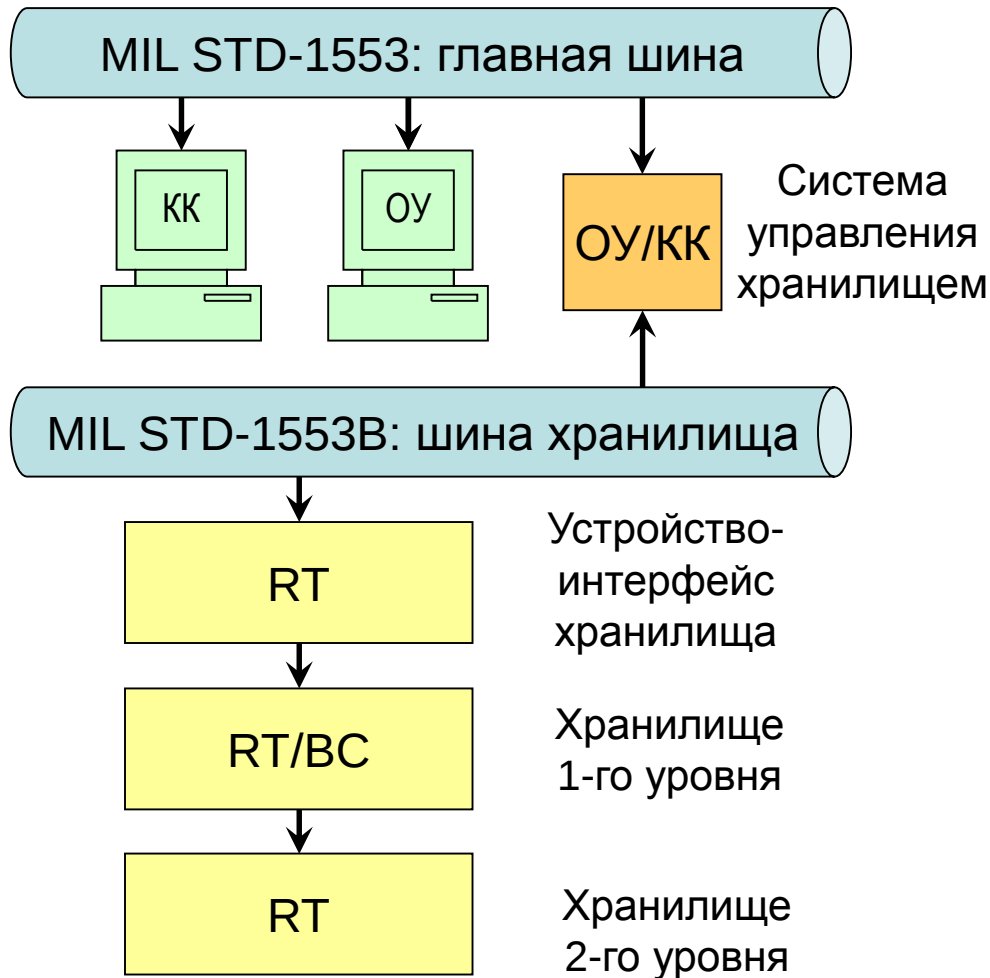


EBR-1553 (Enhanced Bit Rate)



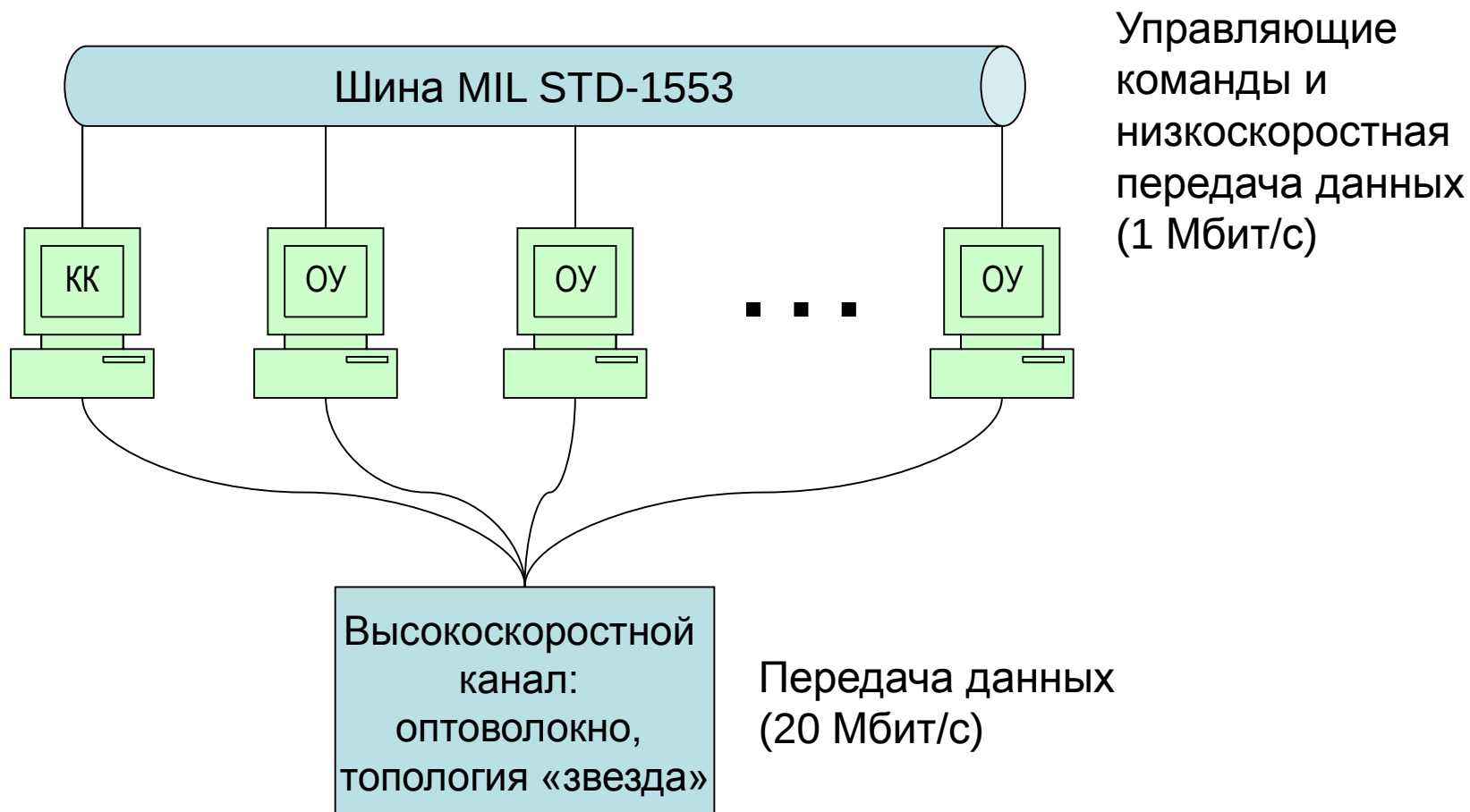
- Развитие MIL STD-1553B
- Новые возможности:
 - скорость 10 Мбит/с
 - топология «звезда», контроллер объединен с сетевым концентратором (hub)
- Нет обменов ОУ-ОУ

MIL STD-1760: иерархия

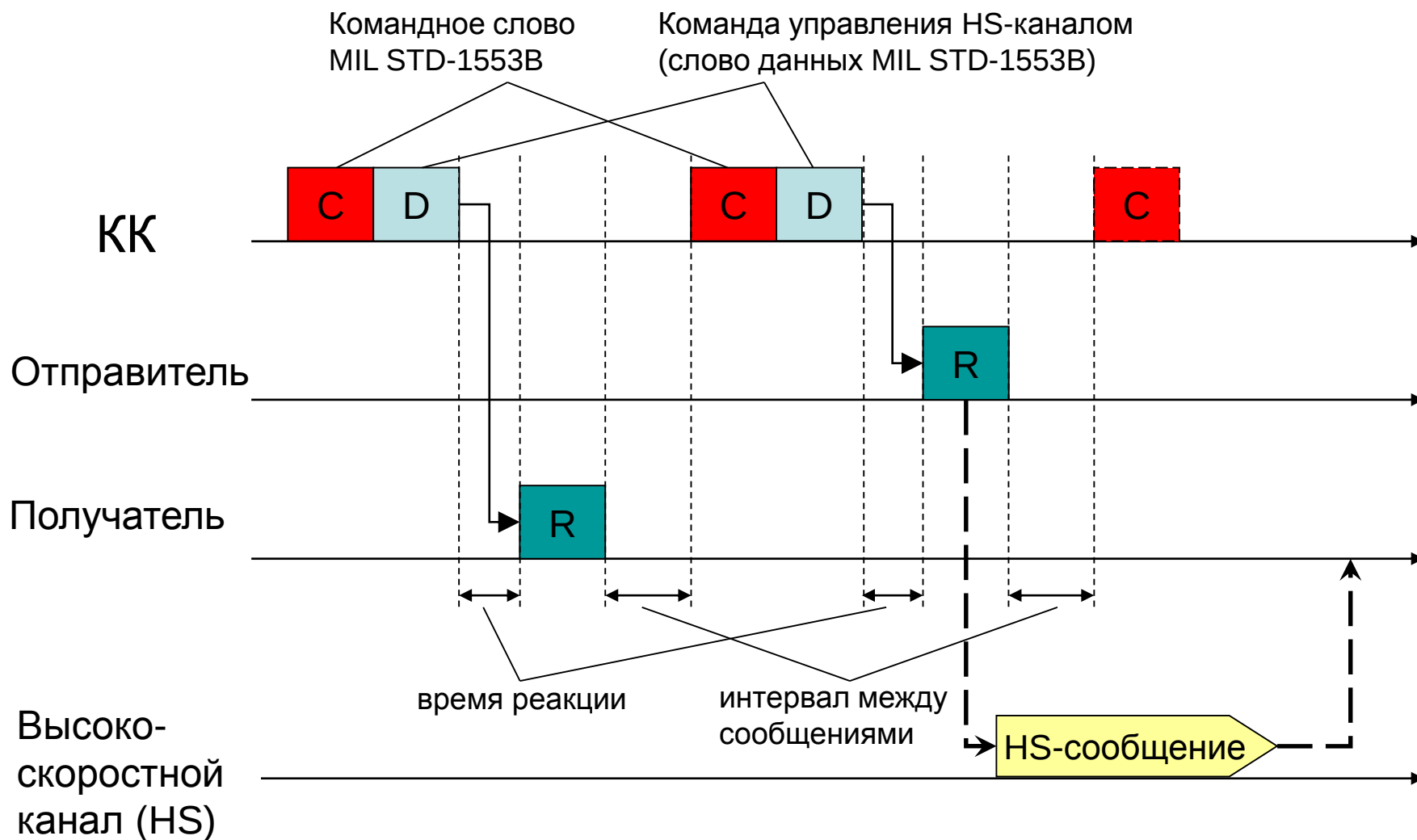


- Расширяет MIL STD-1553B для поддержки бортовых хранилищ данных
- Определяет стандартные форматы сообщений для функций управления хранилищами
- Акцент на надежности:
 - резервированная шина
 - контрольные суммы (CRC) в заголовках сообщений
 - специальные форматы сообщений для контроля целостности данных
 - подтверждение получения критических управляющих сообщений

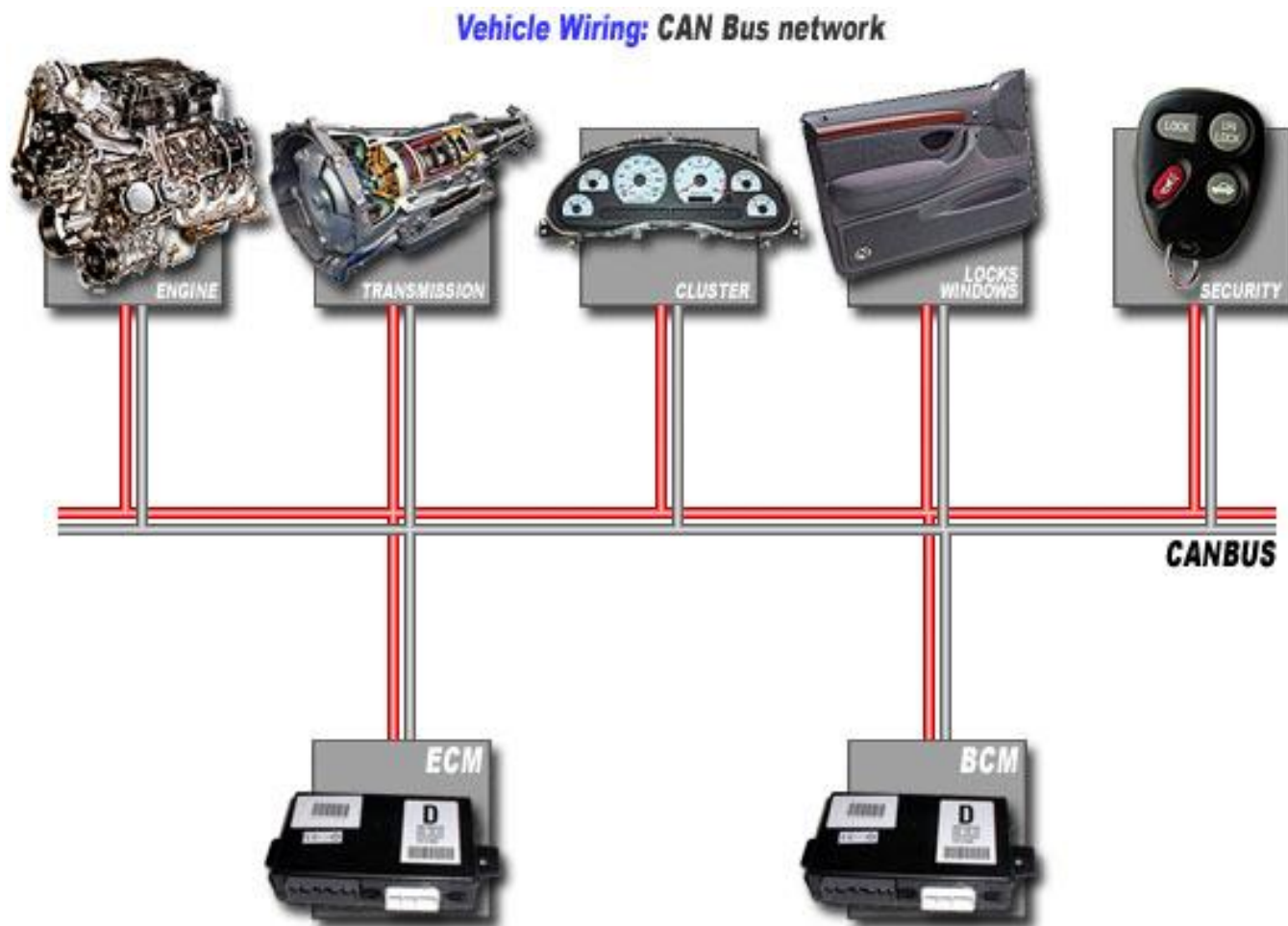
STANAG 3910: топология



STANAG 3910: обмен данными



Шина CAN

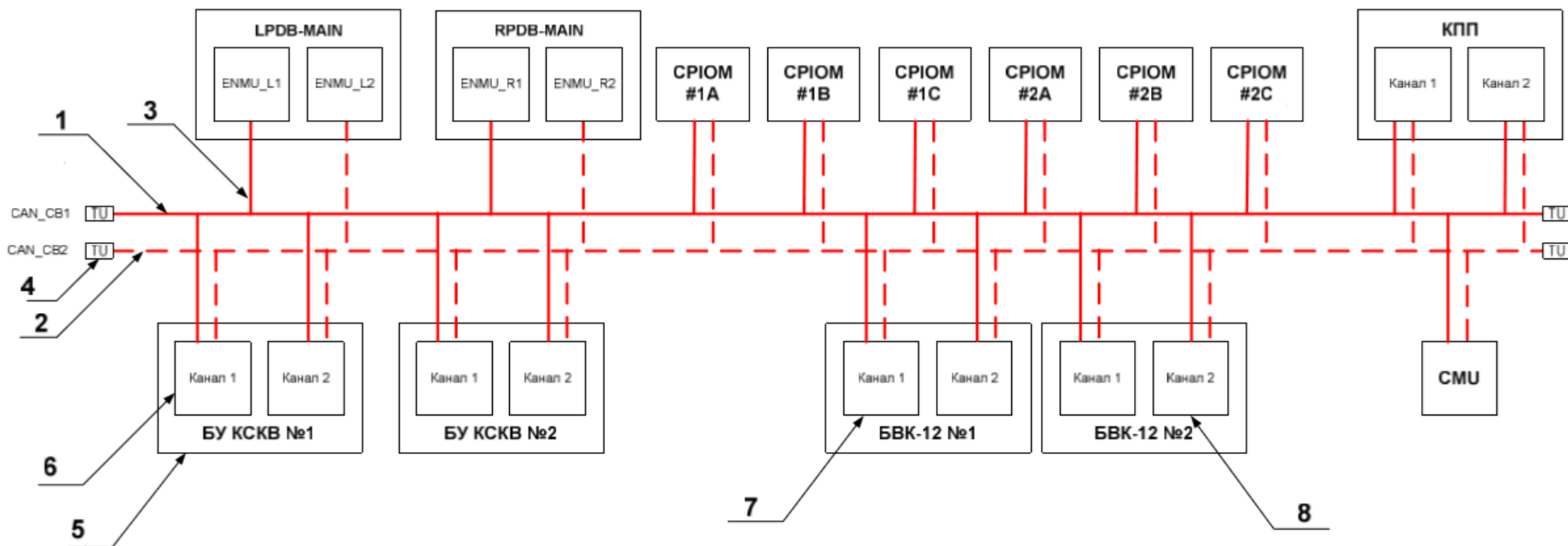


- служебная шина
- короткие сообщения

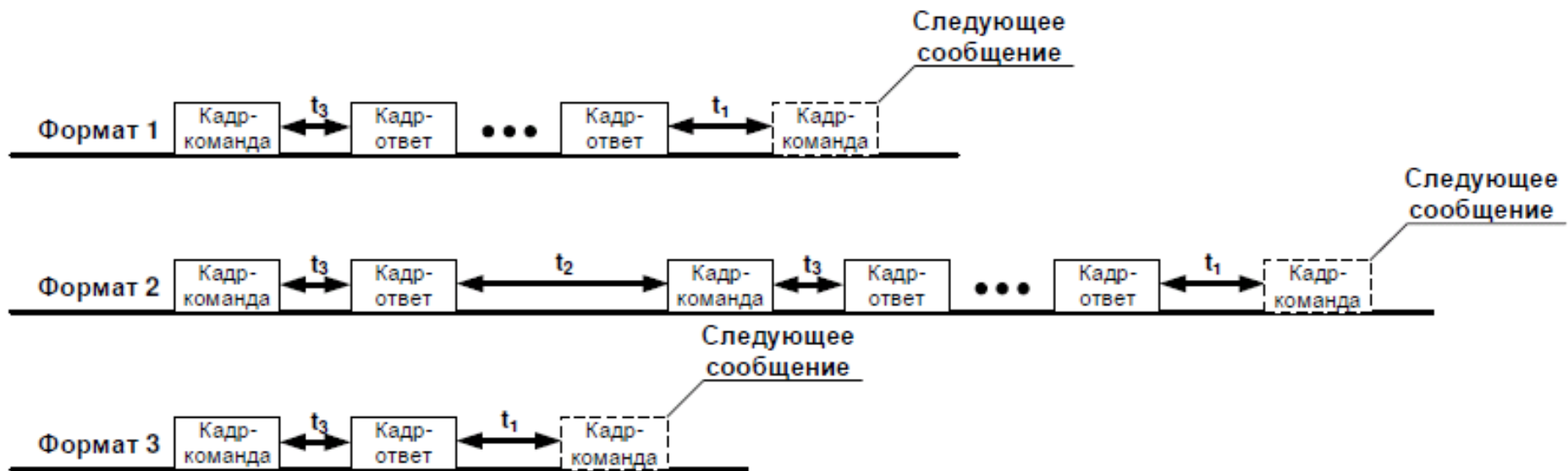
Шина CAN: арбитраж

- Каждый абонент «слышит» передачу данных
- Нет передачи данных => можно начинать отправку своих данных
- Конфликт => абонент с «меньшим» адресом отступает
- Проблема: как ограничить задержку доставки данных?

CAN с централизованным управлением



CAN с централизованным управлением



Математика...

Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве

- Шина (канал) с централизованным управлением может рассматриваться как одноприборное устройство, обслуживающее исходно заданный набор работ без прерываний.
- Расписание выполнения работ, представляет собой упорядоченный набор

$$H = \left\{ s_j^* \right\}_{k=1}^{N_H}, j \in J$$

- $J = \{(t_j, s_j, f_j)\}$ - исходно заданный набор работ (длительности, директивные сроки)

Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве

- Множество корректных расписаний H^* определим набором ограничений:

$$g_1 : (\forall j \in H) \Rightarrow ((s_j^* \geq s_j) \wedge (f_j^* \leq f_j))$$

$$g_2 : (\forall j \in H) \Rightarrow (f_j^* - s_j^* = t_j)$$

$$g_3 : (\forall (j, l) \in H, j \neq l) \Rightarrow (((s_j^* < s_l^*) \vee (s_j^* \geq f_l^*)) \wedge ((f_j^* \leq s_l^*) \vee (f_j^* > f_l^*)))$$

Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве

- Задача:

$$\max_{H \in H^*} |H|$$

- известна в теории расписаний как задача о выборе максимального числа совместимых заявок и является *NP*–трудной.

Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве

- Для частной задачи:

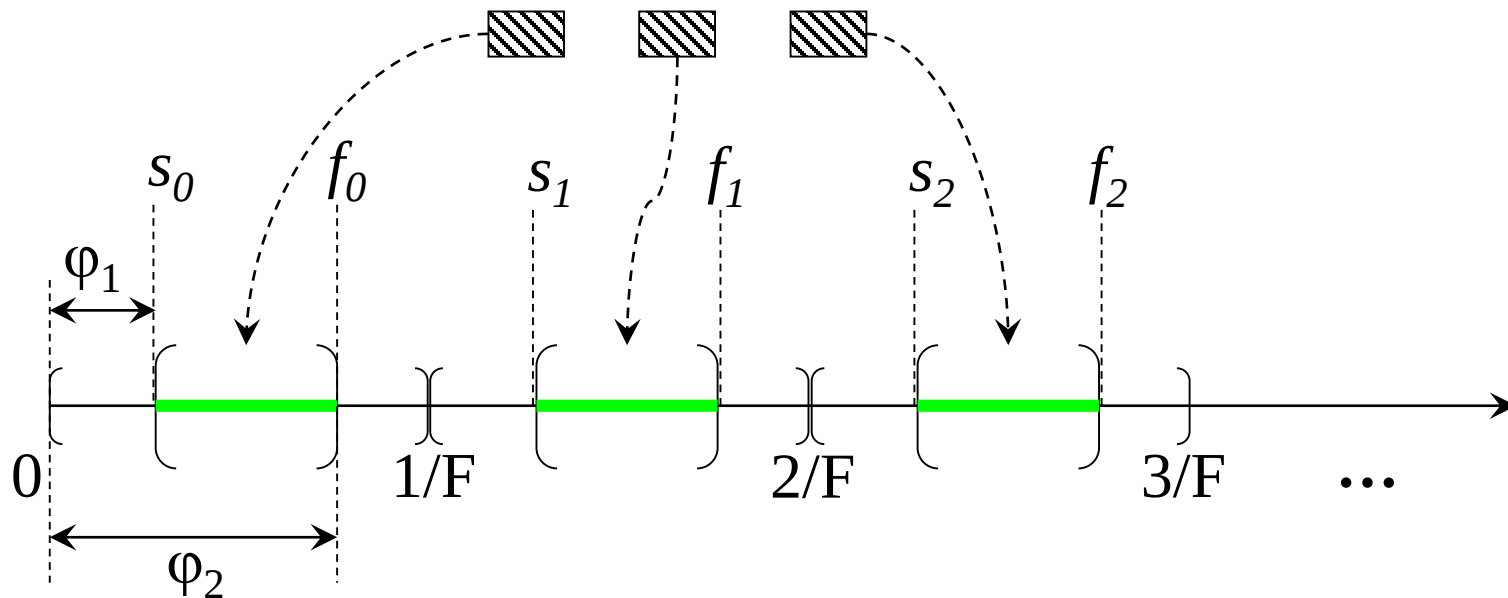
$$\max_{H \in H^*} |H|$$

$$\forall j: t_j = f_j - s_j$$

- известен оптимальный жадный алгоритм сложности $O(n \cdot \log n)$.

Задача построения расписания передачи сообщений по шине

- Исходный набор периодических сообщений преобразуется во множество работ J .
- Сообщение m : $(F, \varphi_1, \varphi_2, t)$.

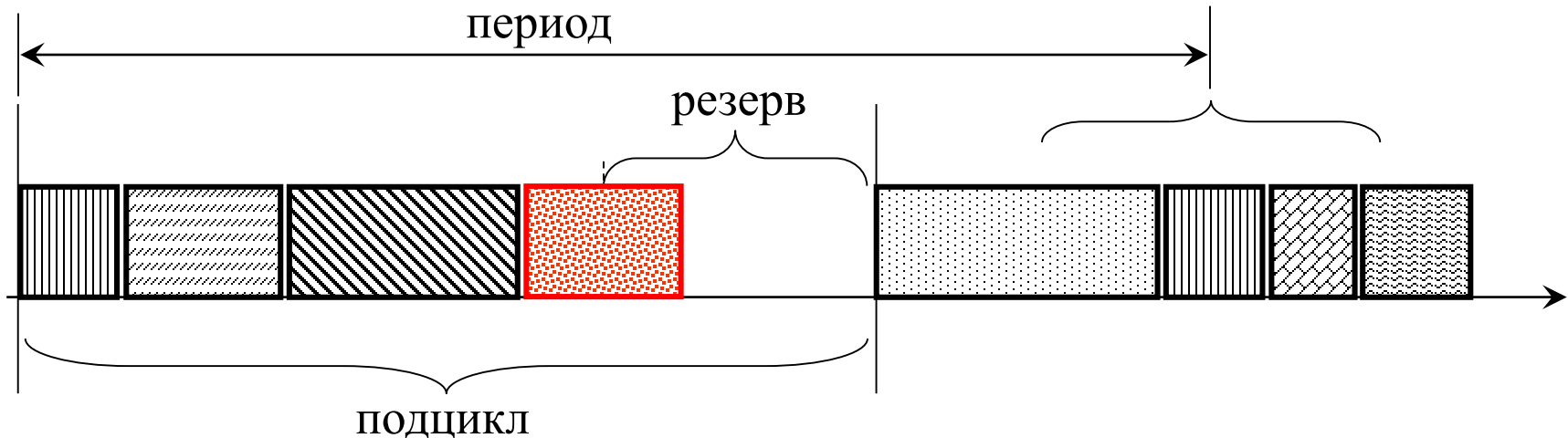


Задача построения расписания передачи сообщений по шине

Дано:

- Множество работ, которые должны выполняться на системе $J = \{j\}_{j=1}^{N_j}$
- Технологические ограничения на корректность расписания $g_i(H, \bar{x}) \leq 0, i = 4 \dots N_g$
- Вектор параметров технологических ограничений $\bar{x} = (x_1 \dots x_{N_x})$

Пример: технологические ограничения на расписание передачи сообщений по шине



- Одна цепочка работ в подцикле
- Резерв времени в конце подцикла
- Максимальная длительность цепочки работ
- Максимальное отклонение расстояния между последовательными работами одного сообщения от периода сообщения

Ограничения для схемы с подциклами

- $g4$ - в каждом подцикле может находиться не более одной цепочки работ.
- $g5$ - интервалы выполнения работ не должны пересекать границы подцикла.
- $g6$ - время начала цепочки работ относительно начала подцикла не должно быть меньше заданного значения.
- $g7$ - в конце подцикла должен быть зарезервирован интервал времени не меньше заданной длительности.
- $g8$ - число работ в цепочке не должно превышать заданного значения.

Ограничения для схемы без подциклов

- g_4 - число работ в цепочке не должно превышать заданного значения.
- g_5 - суммарная длительность выполнения работ цепочки не должна превышать заданного значения.
- g_6 - интервал времени между последовательными цепочками должен быть не меньше заданного значения.

Жадный алгоритм построения расписания

t : самое раннее время, на которое допустимо планировать работы;
 t монотонно возрастает.

Алгоритм:

Например, EDF

- 1) $t := 0$
- 2) выбрать, в соответствии с детерминированным критерием CR , работу, которая может быть начата в момент t без нарушения ограничений;
нет такой работы $\rightarrow t := \text{минимальное значение, для которого такая работа существует}$; перейти к шагу 5
- 3) поместить выбранную работу в расписание, с временем начала t
- 4) $t := \text{время завершения выбранной работы}$
- 5) учесть технологические ограничения
 - обновить значение t
 - обновить директивные интервалы оставшихся работ (начало $\geq t$)
- 6) директивные интервалы некоторых работ короче самих работ
 $\rightarrow$ внести эти работы в список *исключенных*
- 7) есть работы, не исключенные и не вошедшие в расписание
 $\rightarrow$ перейти к шагу 2

Недостатки жадного алгоритма

- Критерий выбора работ должен быть определен заранее
- Для каждого критерия (RM, EDF, ...) существуют наборы работ, на которых он дает плохой результат
→ ручной выбор критерия или перебор критериев
- Нет «обучения» по результатам неудачных запусков
→ если алгоритм неуспешен на конкретных данных, он всегда будет неуспешен на них при том же критерии CR

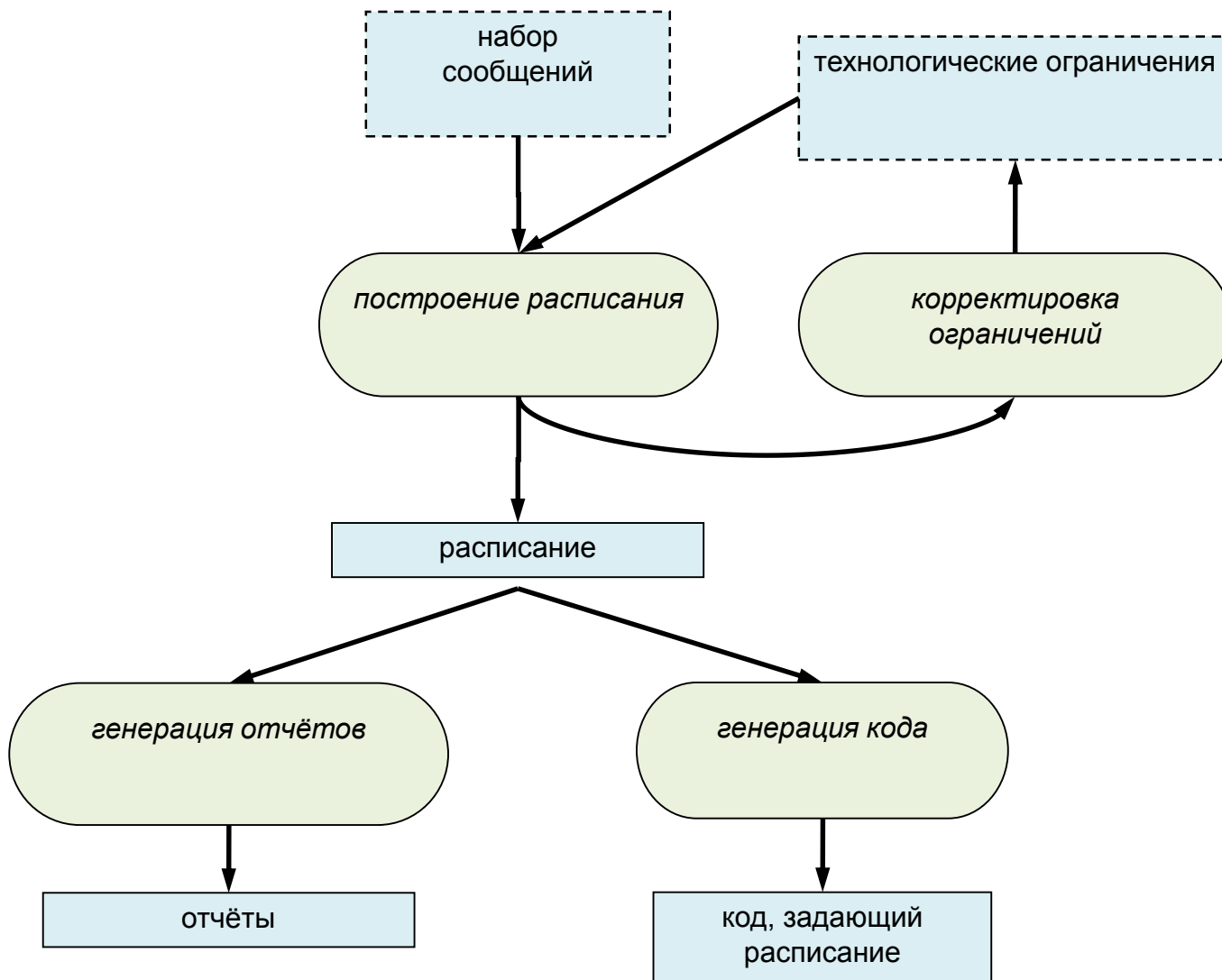
Возможное решение: адаптивный алгоритм с элементами недетерминизма (например, муравьиный)

САПР циклограмм

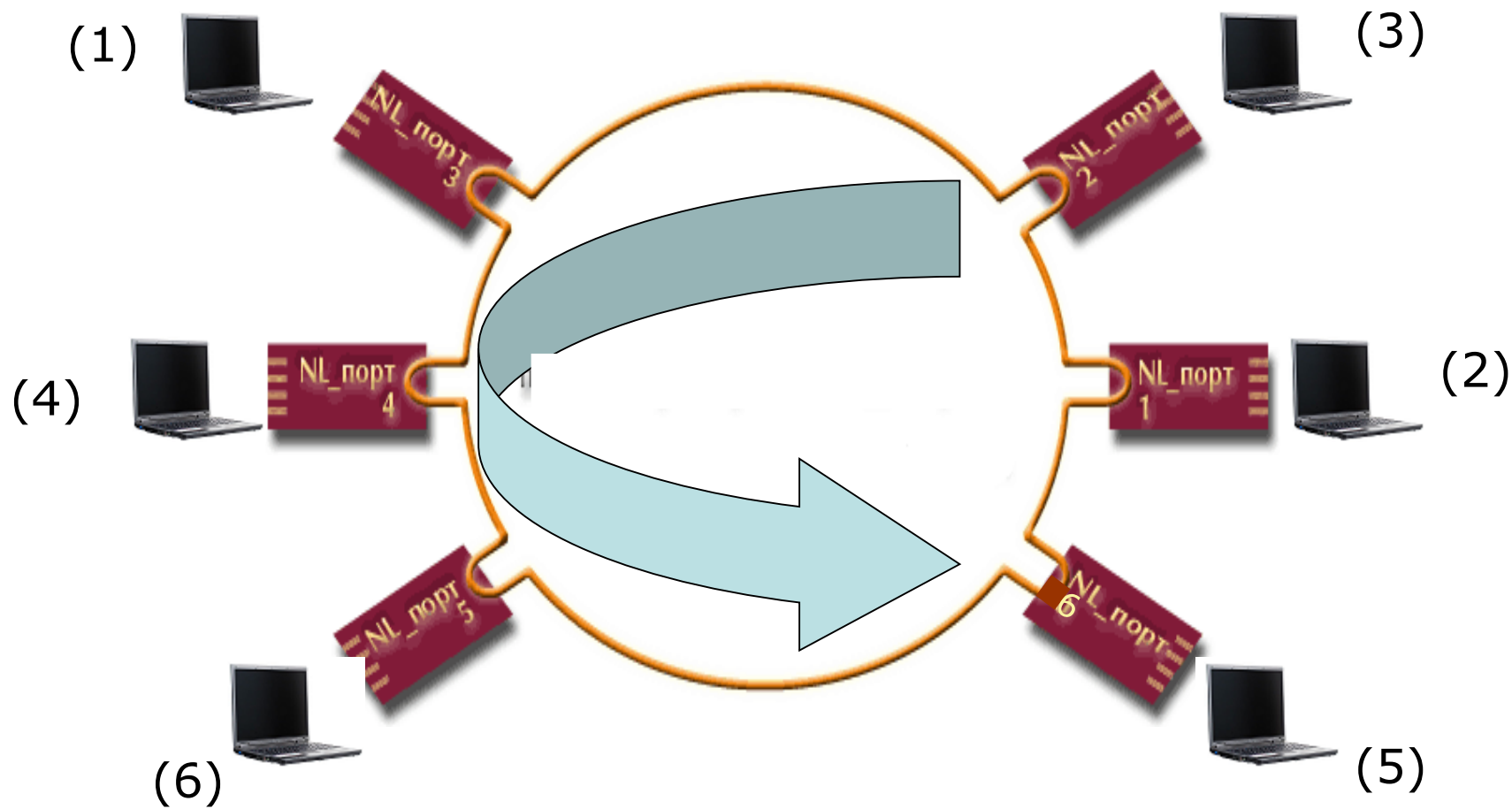
1. Создание проекта: наполнение базы данных информацией о структуре бортовой сети и протоколах информационного взаимодействия.
2. Автоматическое построение расписания.
3. Возможность ручной корректировки расписания.
4. В случае, если нельзя построить полное и корректное расписание: автоматическая корректировка значений ограничений на расписание.
5. Генерация программного кода, задающего расписание.
6. Генерация отчётов о входных данных и построенных расписаниях.

САПР циклограмм

(диаграмма технологического процесса)



Кольцо с арбитражем



Топологии и классы обслуживания стандарта Fibre Channel

- точка-точка (Point-to-Point),
- коммутируемая сеть (Switched Fabric),
- кольцо с арбитражем (Arbitrated Loop,).

Кольцо с арбитражем Fibre Channel (*классы обслуживания*)

- класс 1 – выделенное соединение с подтверждениями;
- класс 2 – передача без установки соединения с подтверждениями;
- класс 3 – передача без установки соединения без подтверждений.

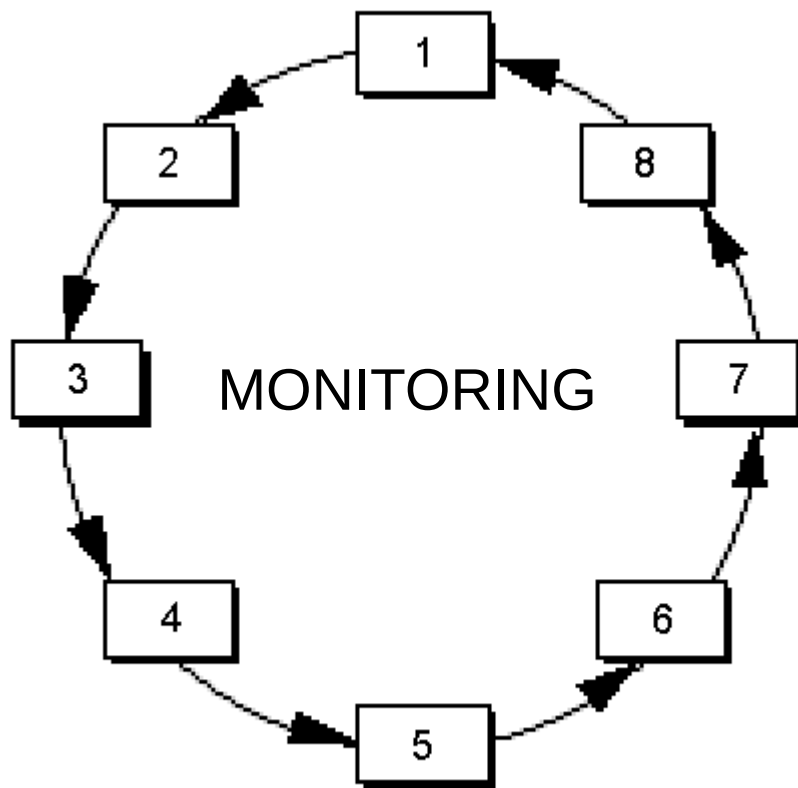
Описание работы кольца с арбитражем

- *MONITORING* - все принятые портом слова ретранслируются далее, т.е. порт передает в выходной канал принятый набор из 40 бит.
- *ARBITRATING* - порт переходит в это состояние, когда ему необходимо получить доступ к кольцу для передачи информации.
- *ARBITRATION WON* - состояние, в котором порт считается выигравшим арбитраж.
- *OPENED* - порт-приемник переходит в это состояние, когда он получает слово OPN с указанием своего адреса.

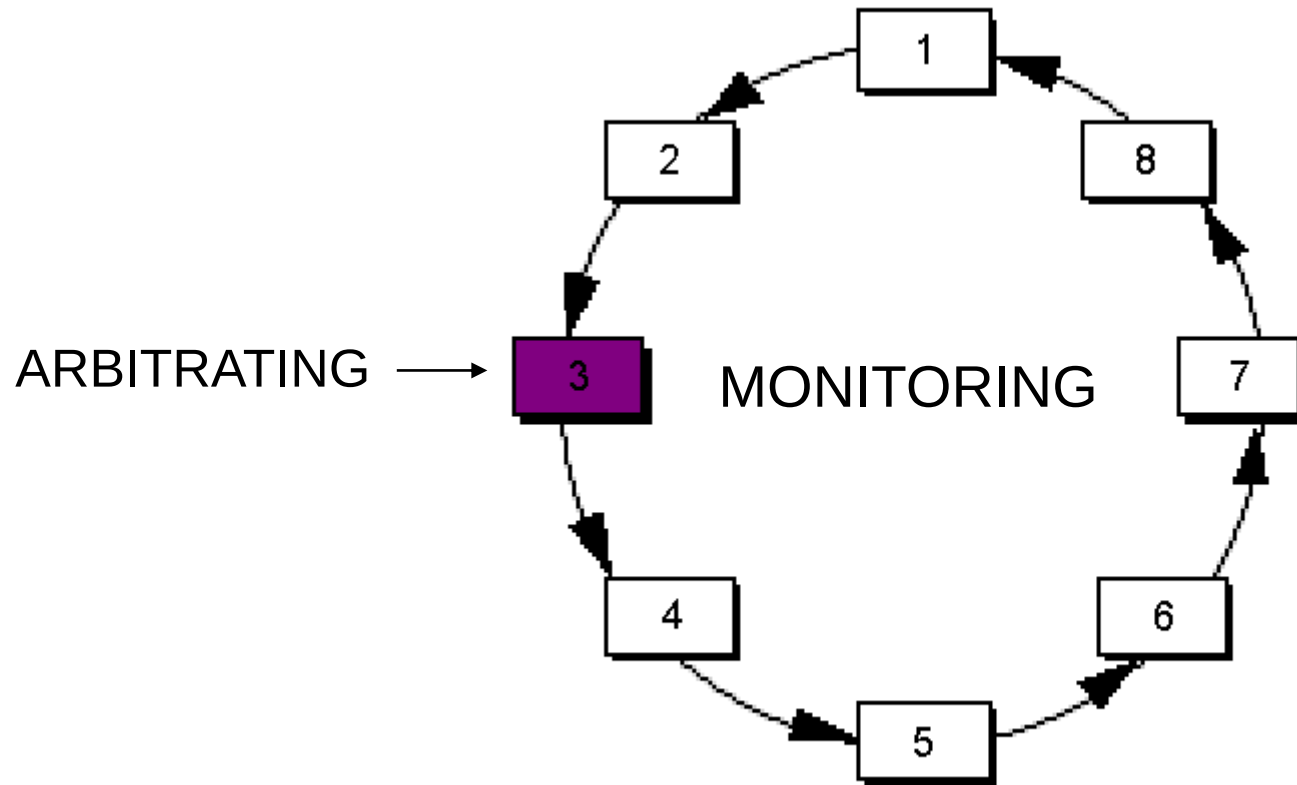
Описание работы кольца с арбитражем

- *OPEN* - порт начинает передавать кадр с данными.
- *XMITTED CLOSE* - порт переходит в это состояние, когда у него больше нет данных для передачи, и для закрытия портов-приемников он передал служебное слово CLS.
- *RECEIVED CLOSE* - порт-приемник переходит в это состояние, когда он получает служебное слово CLS. В этом состоянии порт ретранслирует слово CLS и переходит в состояние *MONITORING*.

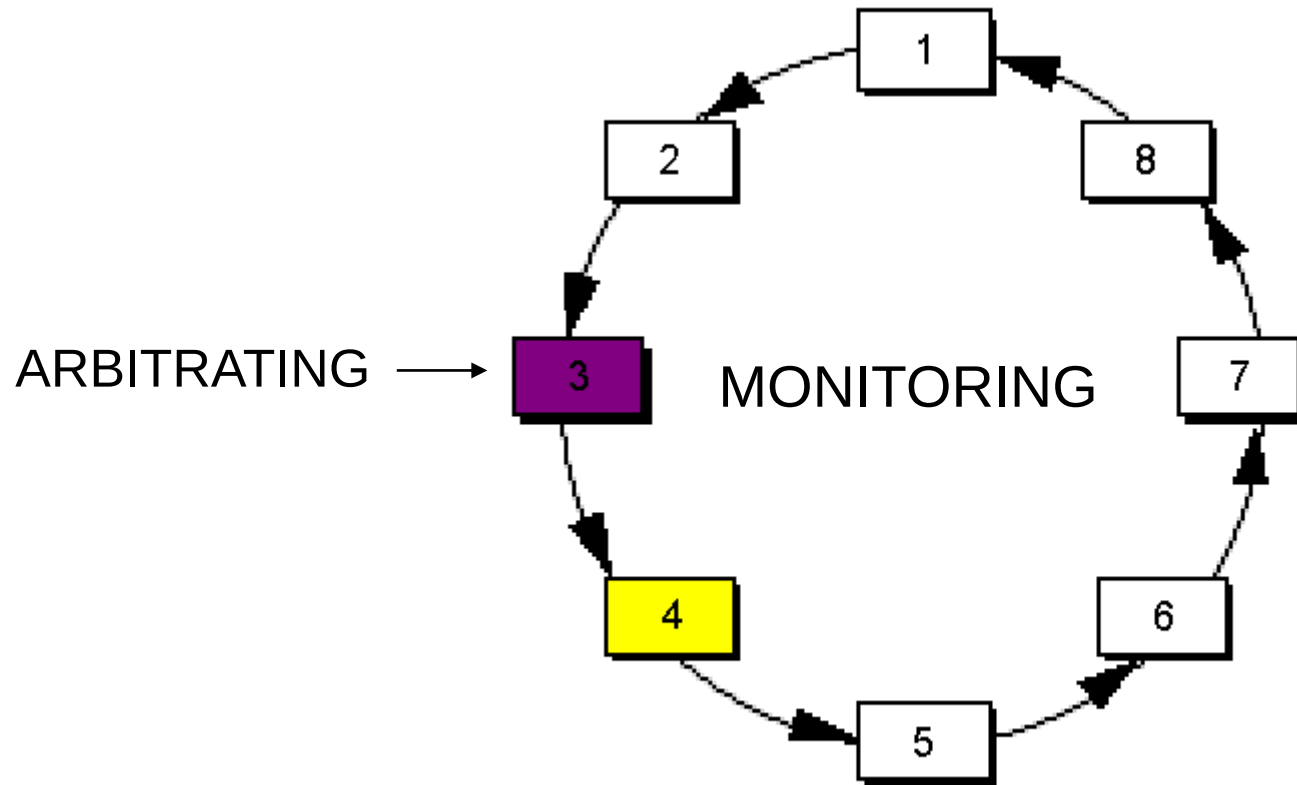
Передача сообщения



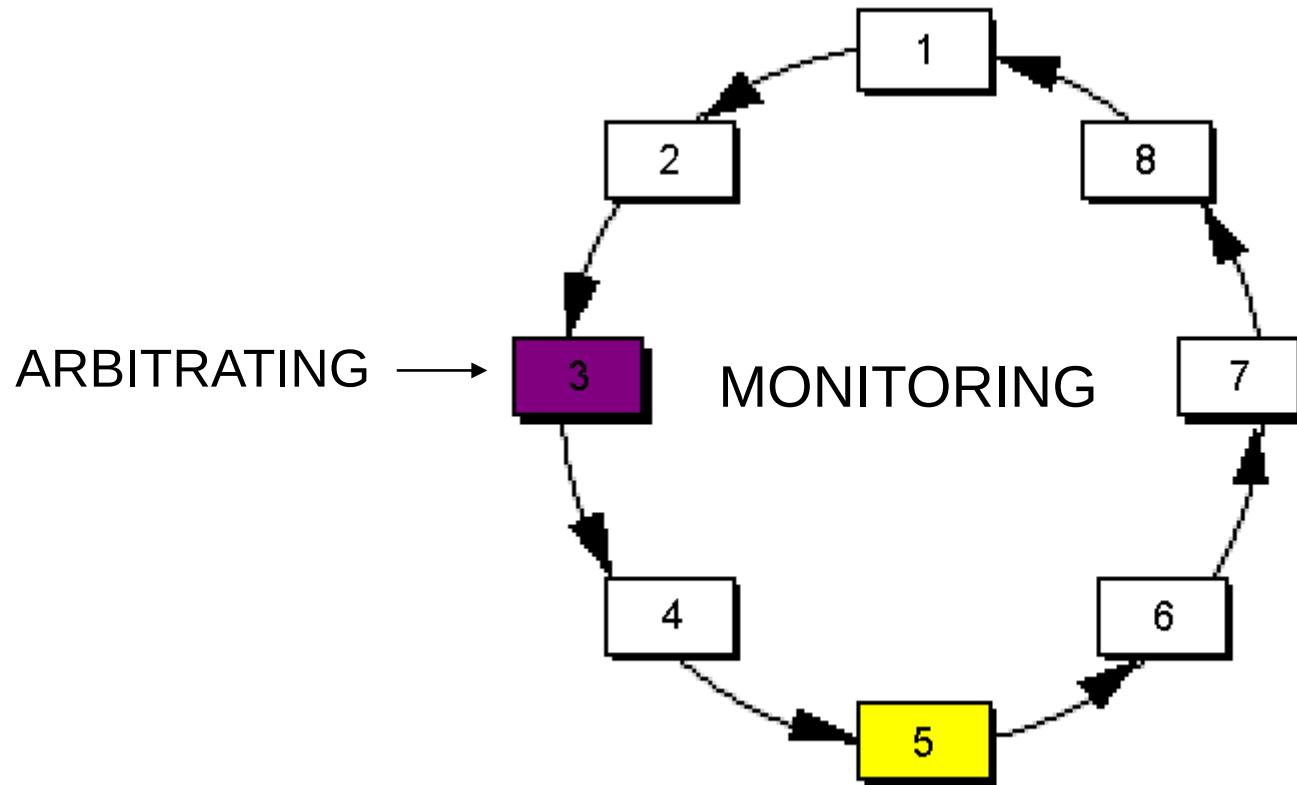
Передача сообщения



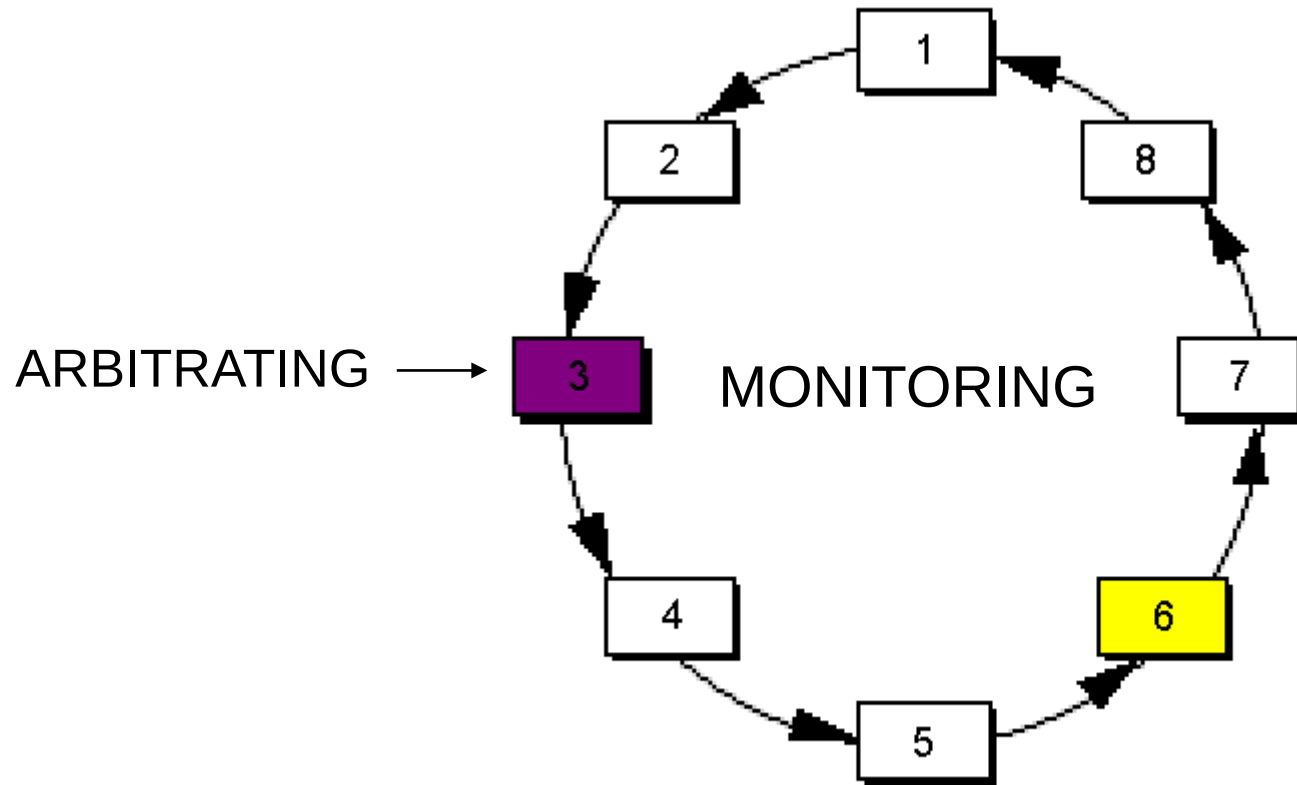
Передача сообщения



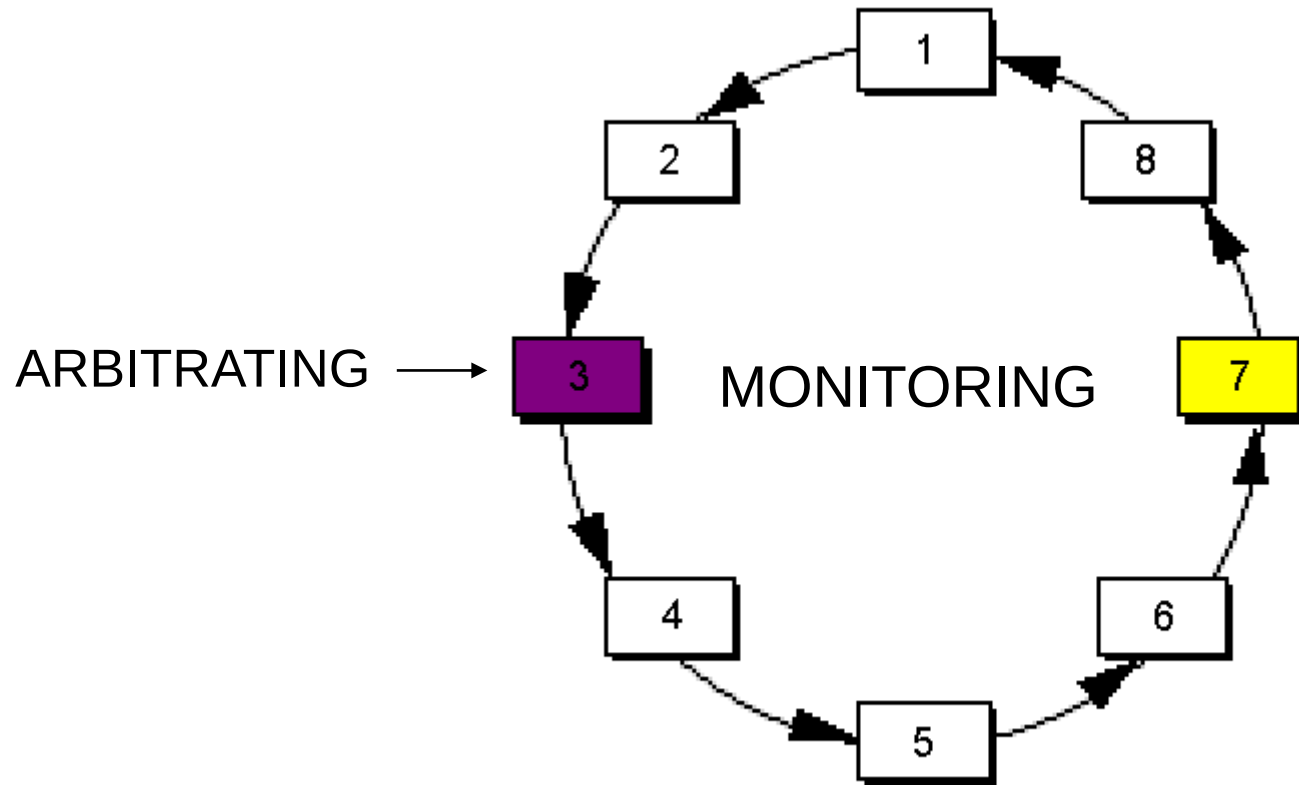
Передача сообщения



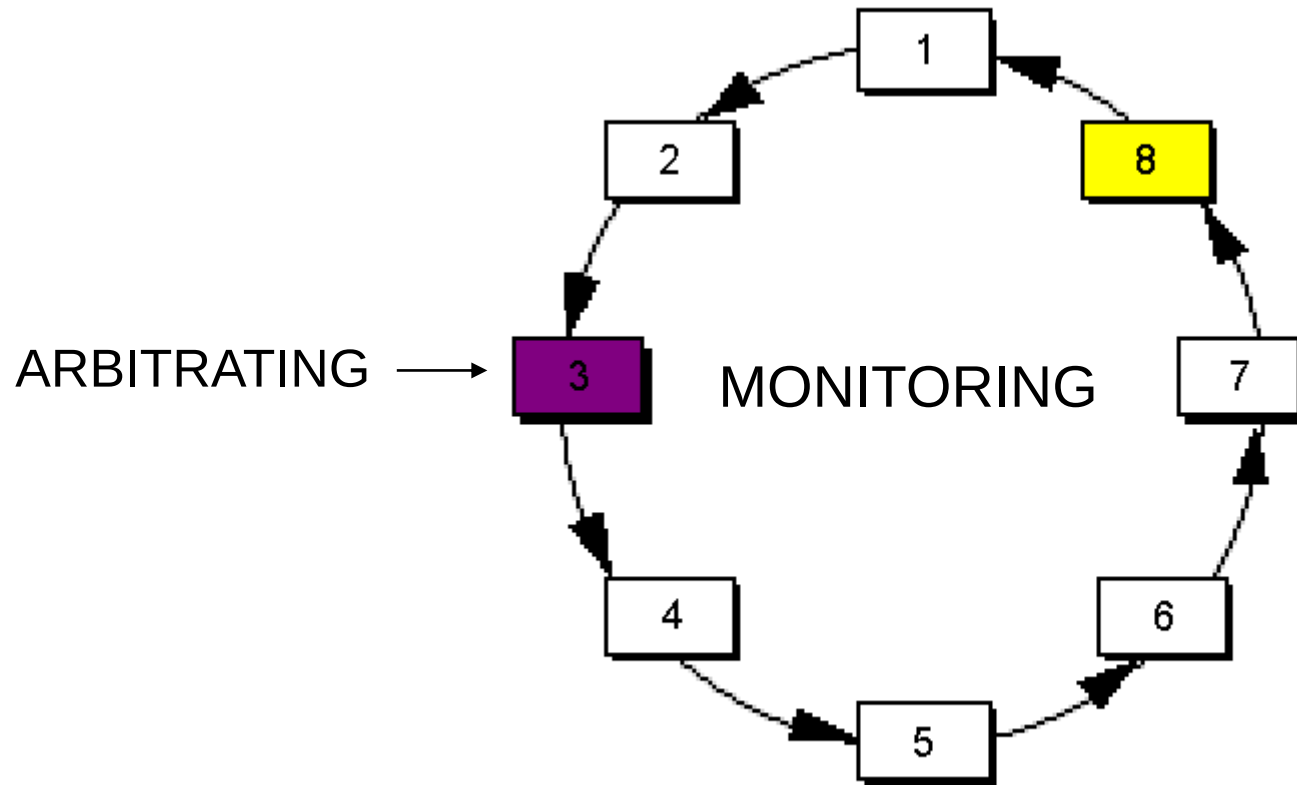
Передача сообщения



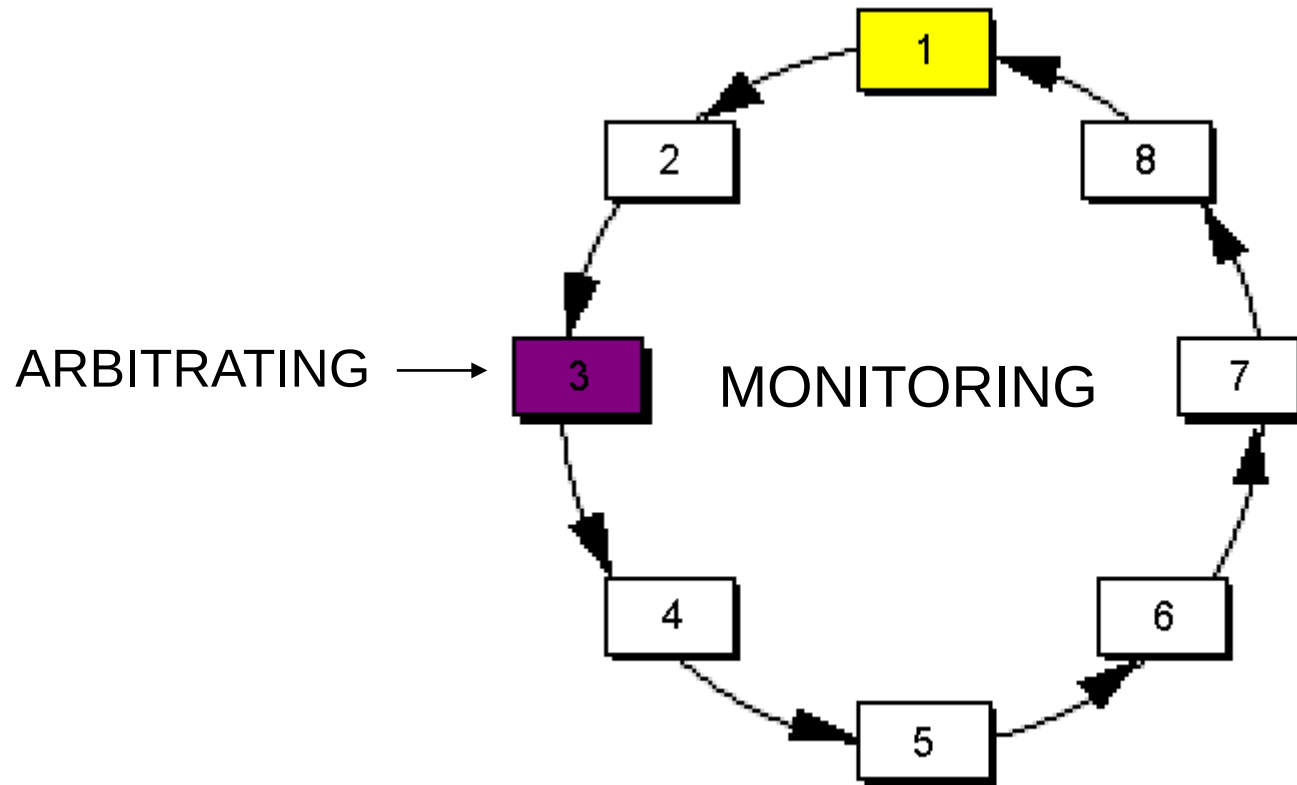
Передача сообщения



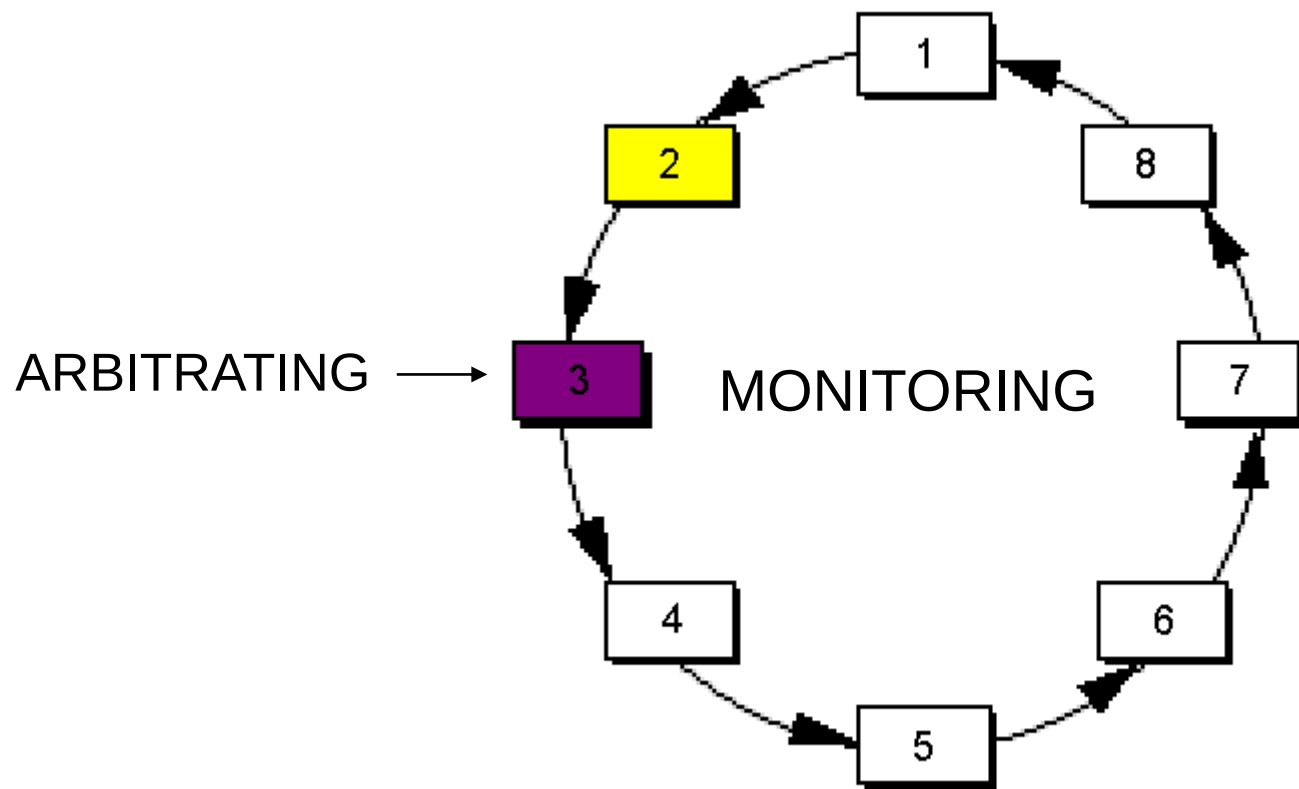
Передача сообщения



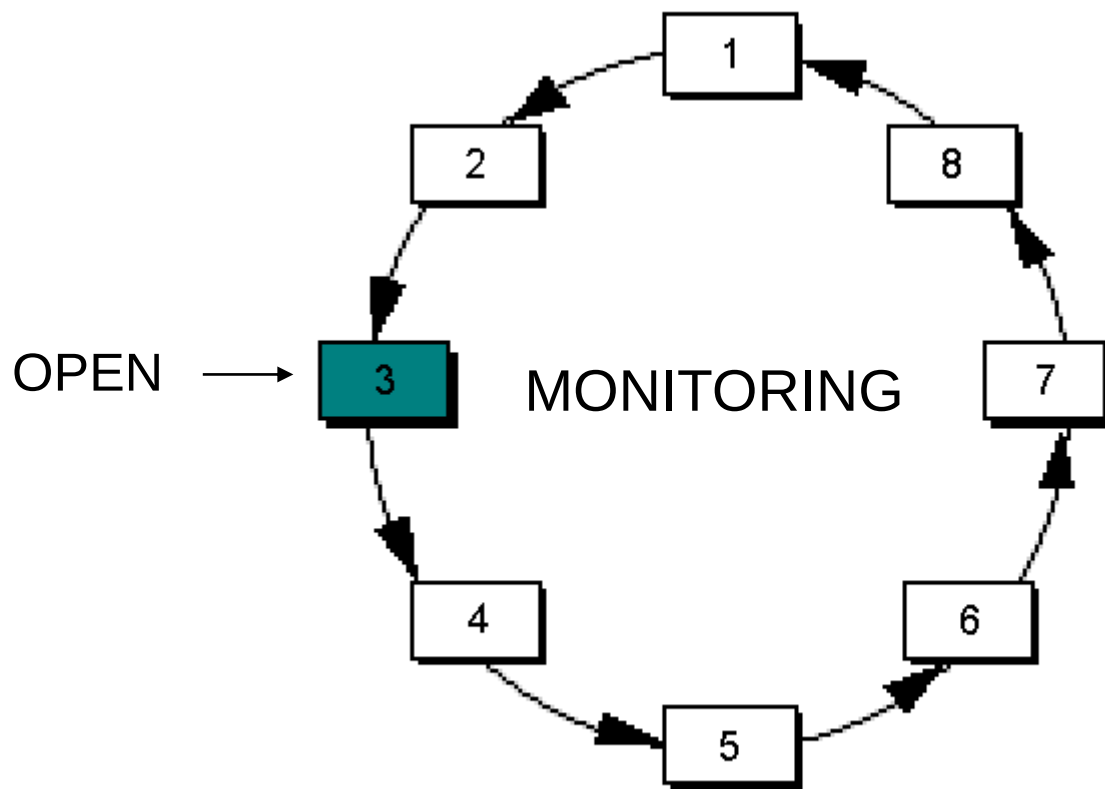
Передача сообщения



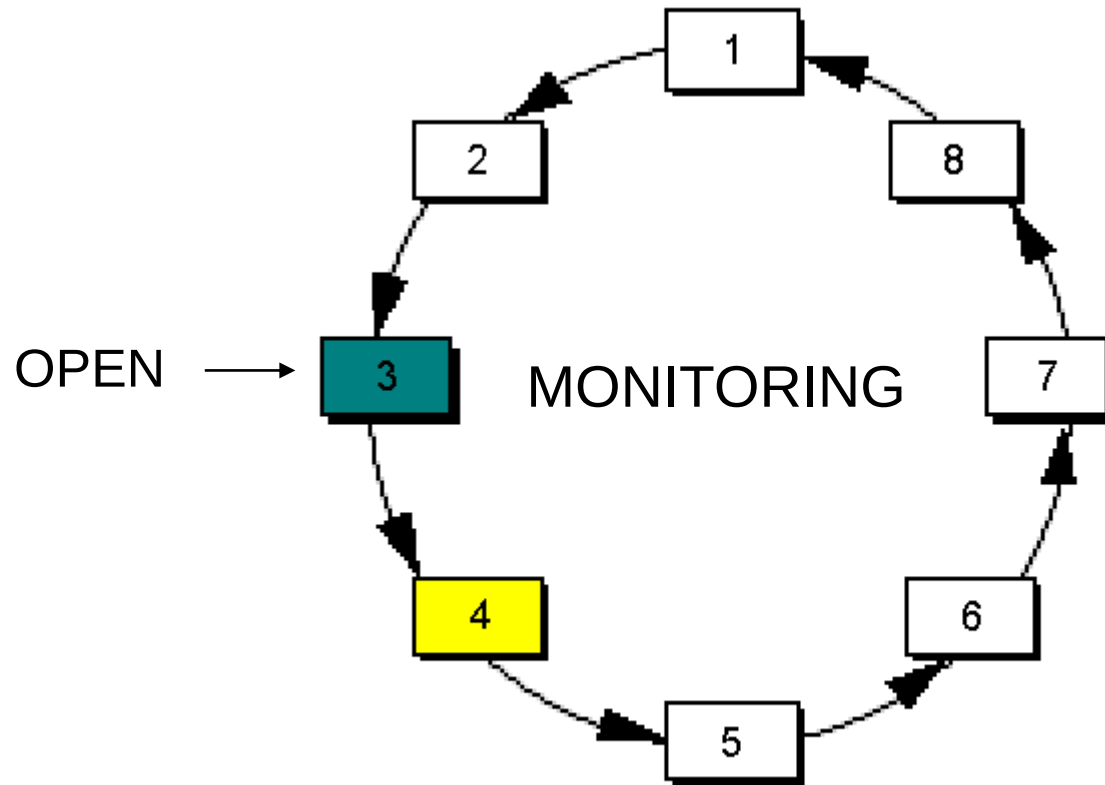
Передача сообщения



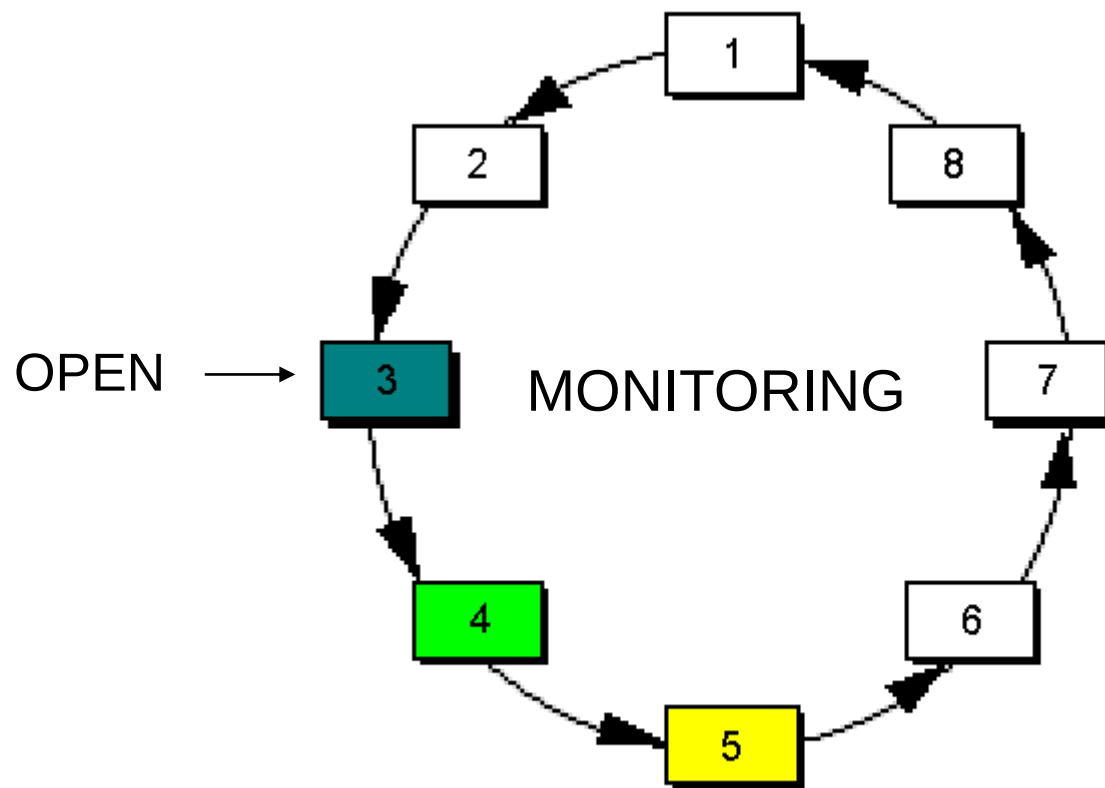
Передача сообщения



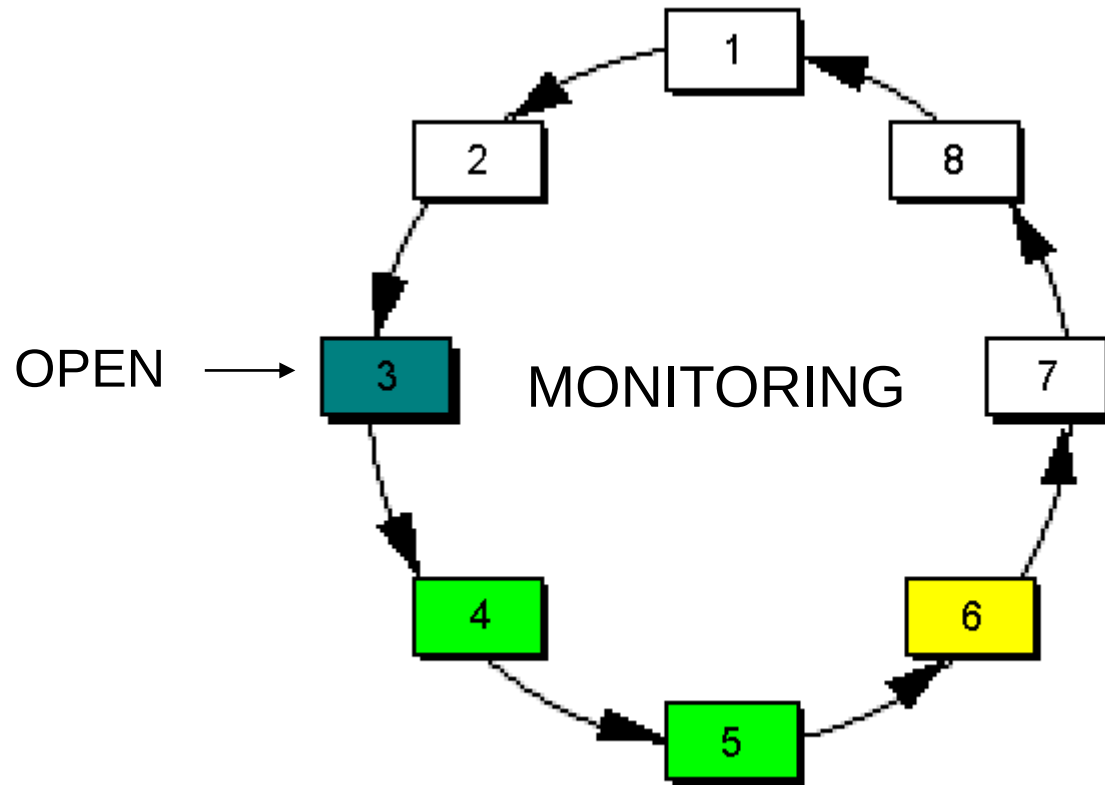
Передача сообщения



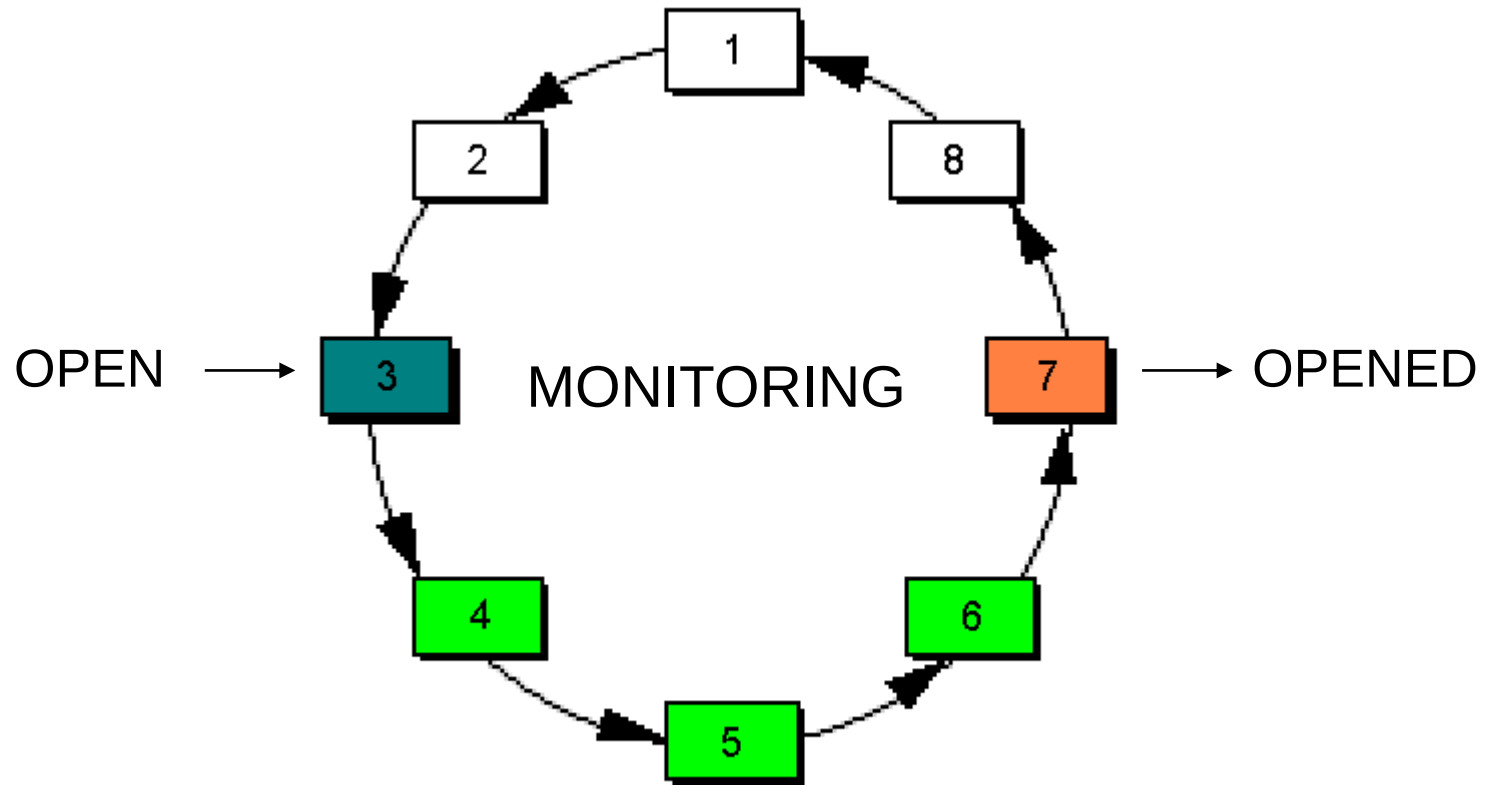
Передача сообщения



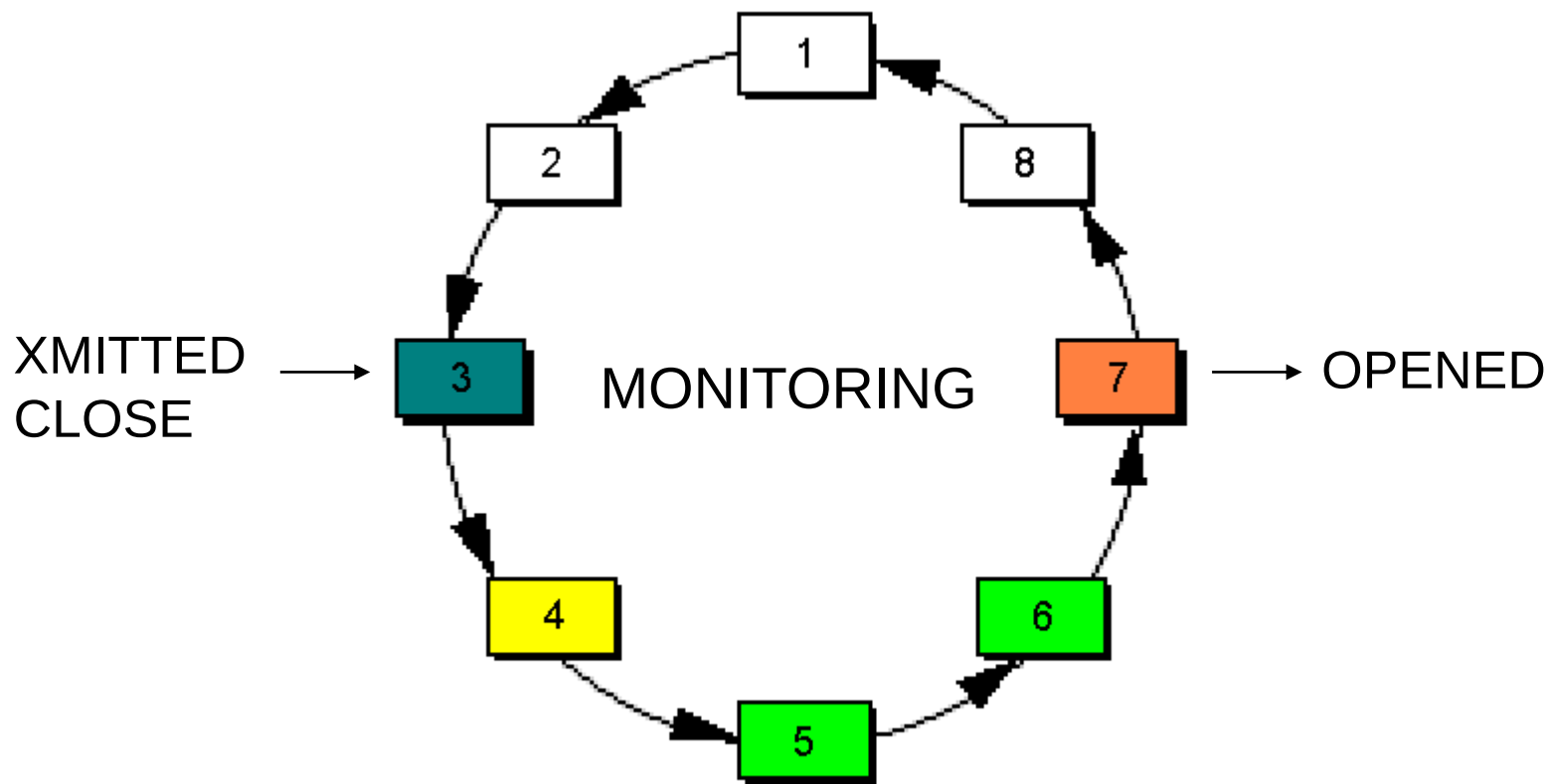
Передача сообщения



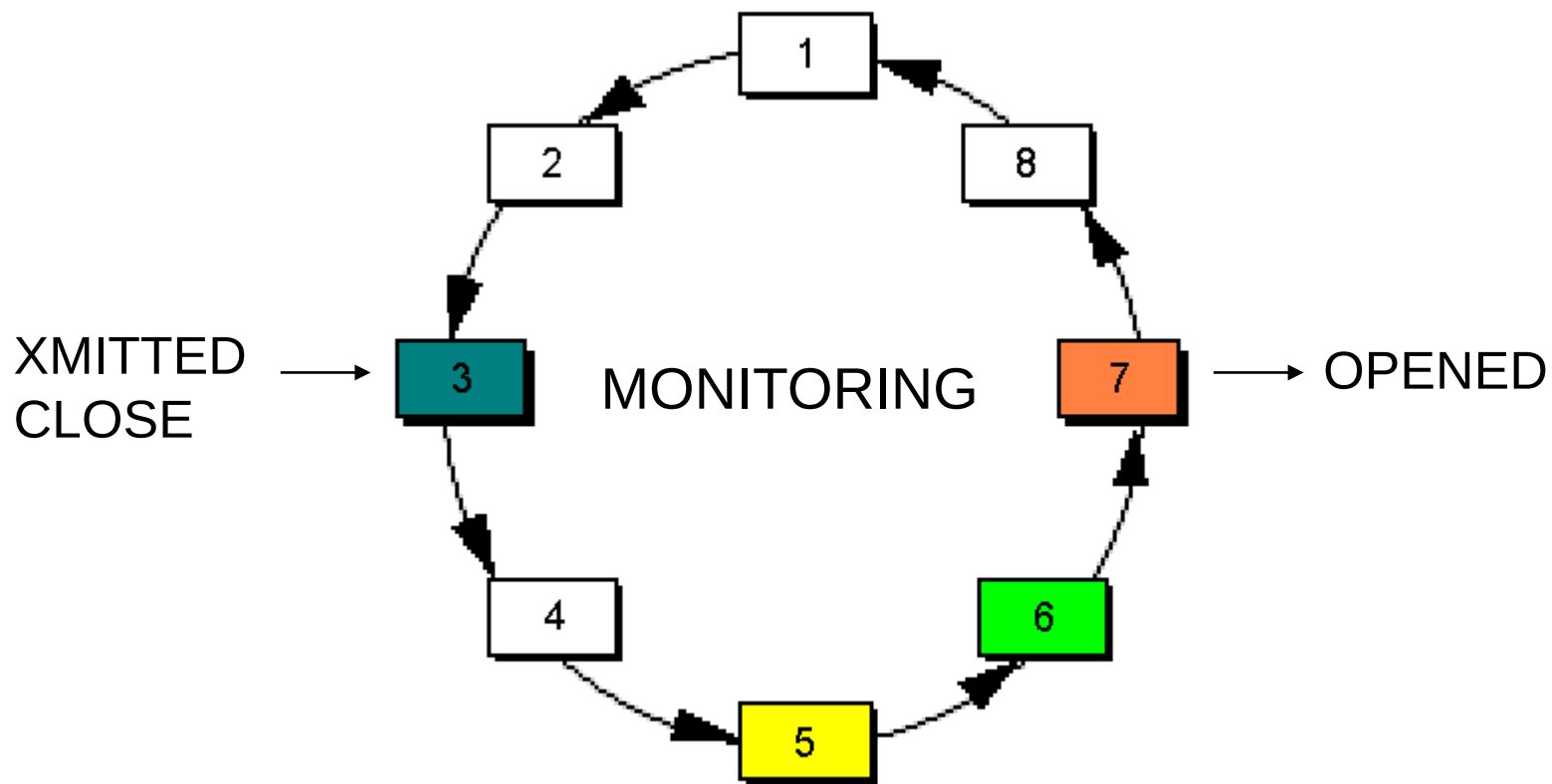
Передача сообщения



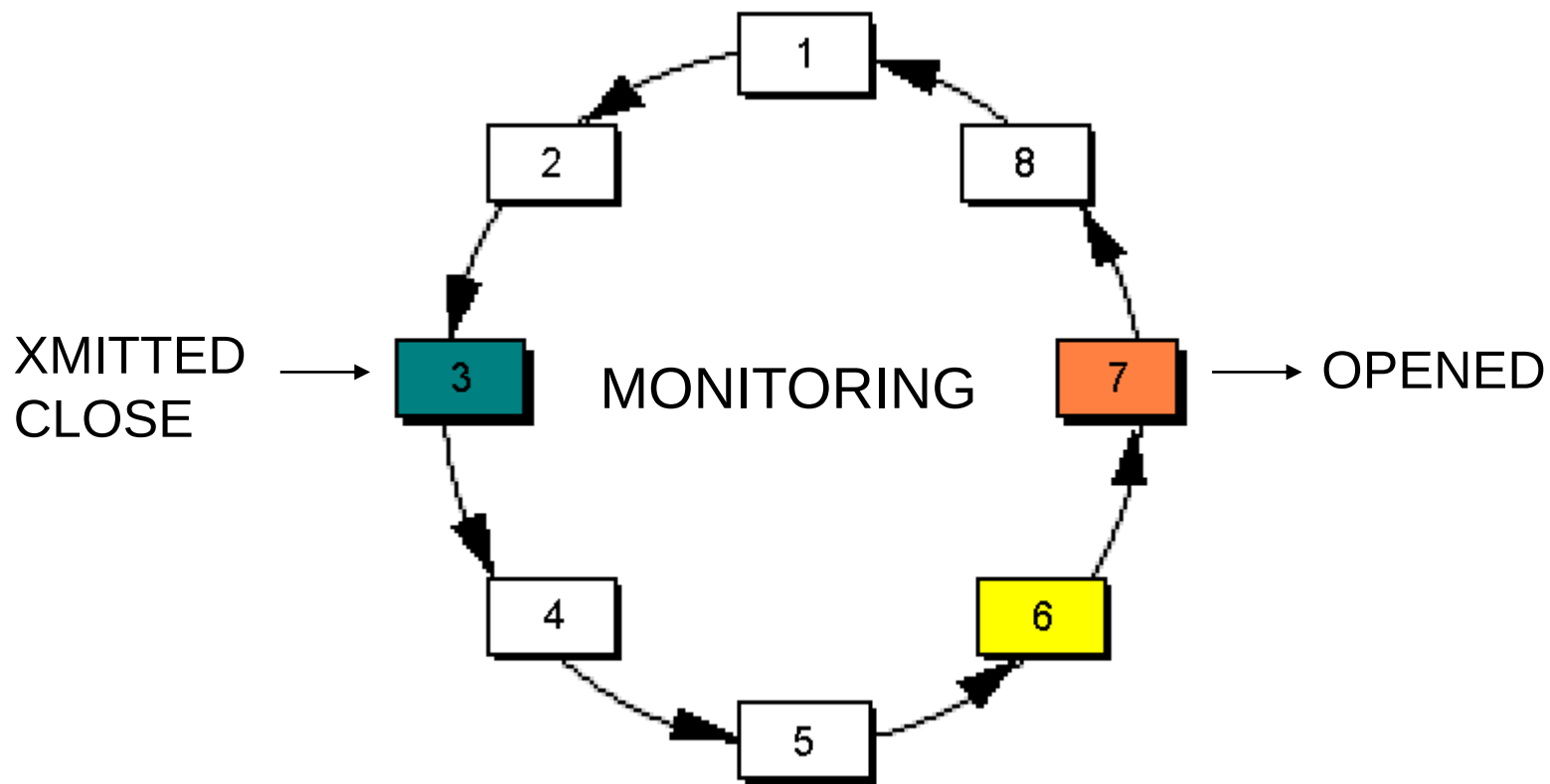
Передача сообщения



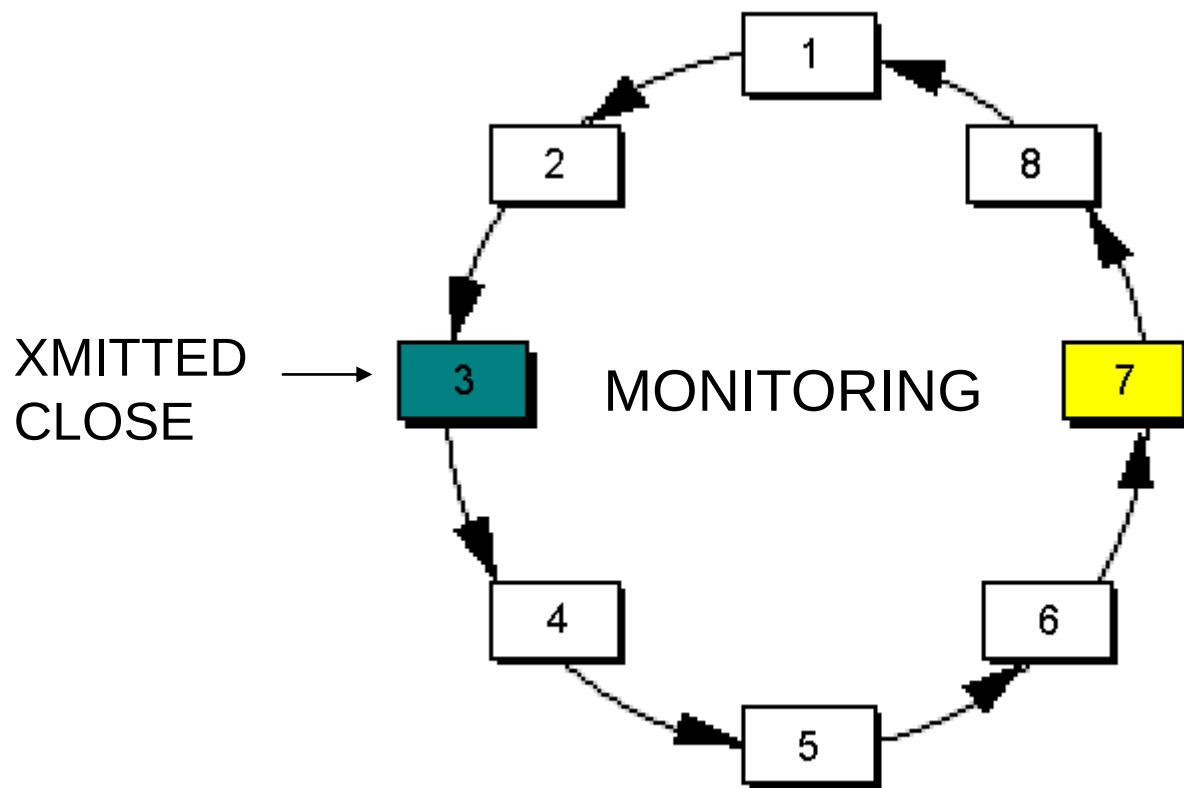
Передача сообщения



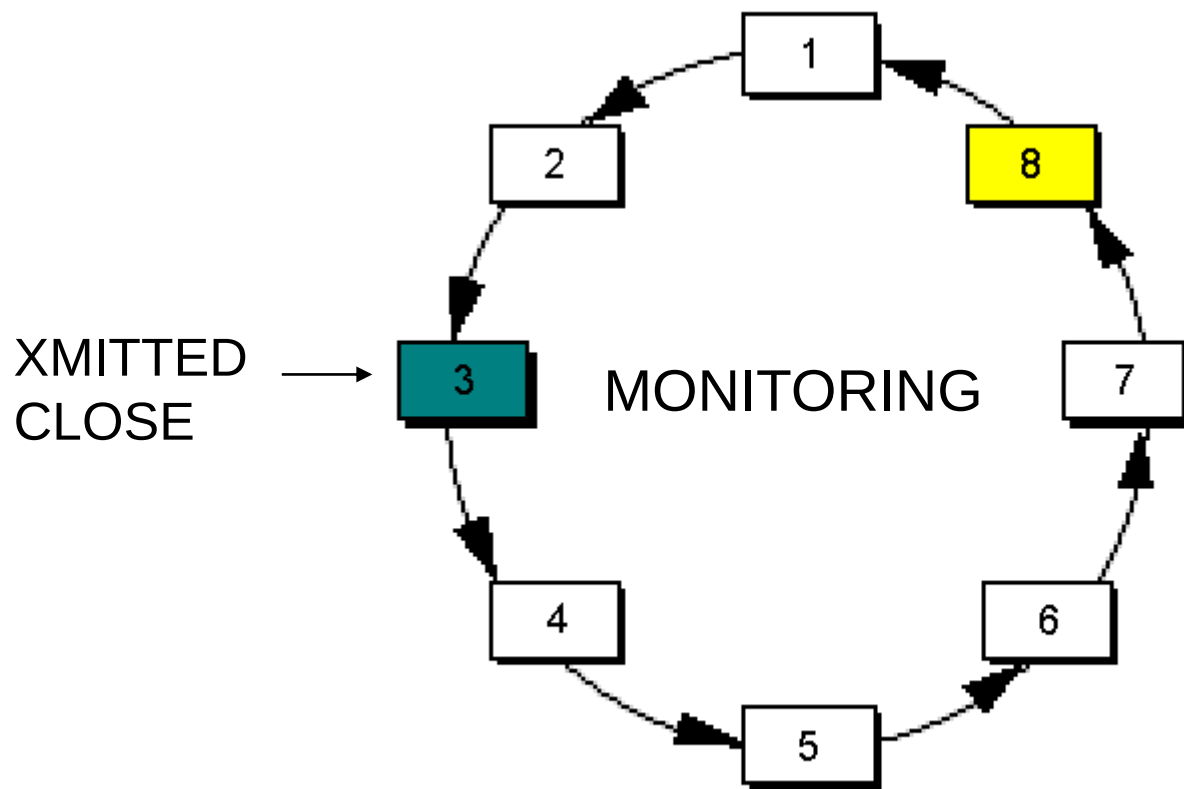
Передача сообщения



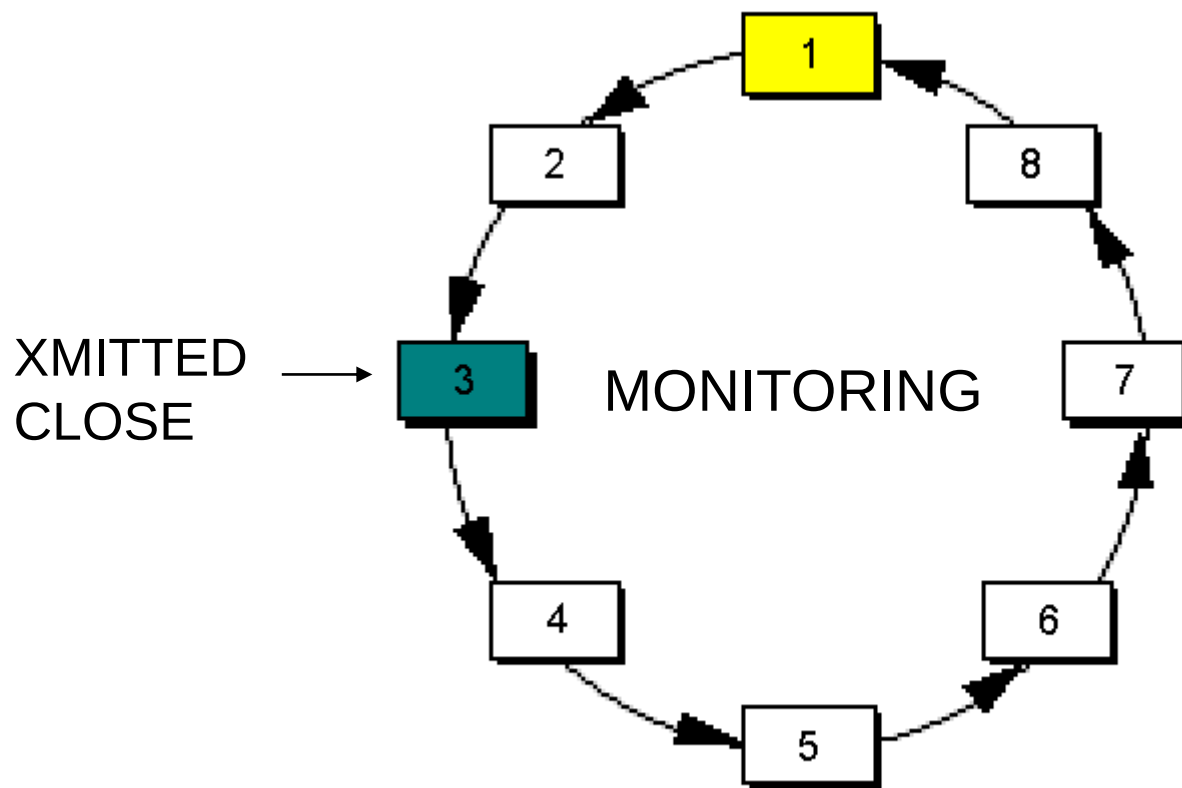
Передача сообщения



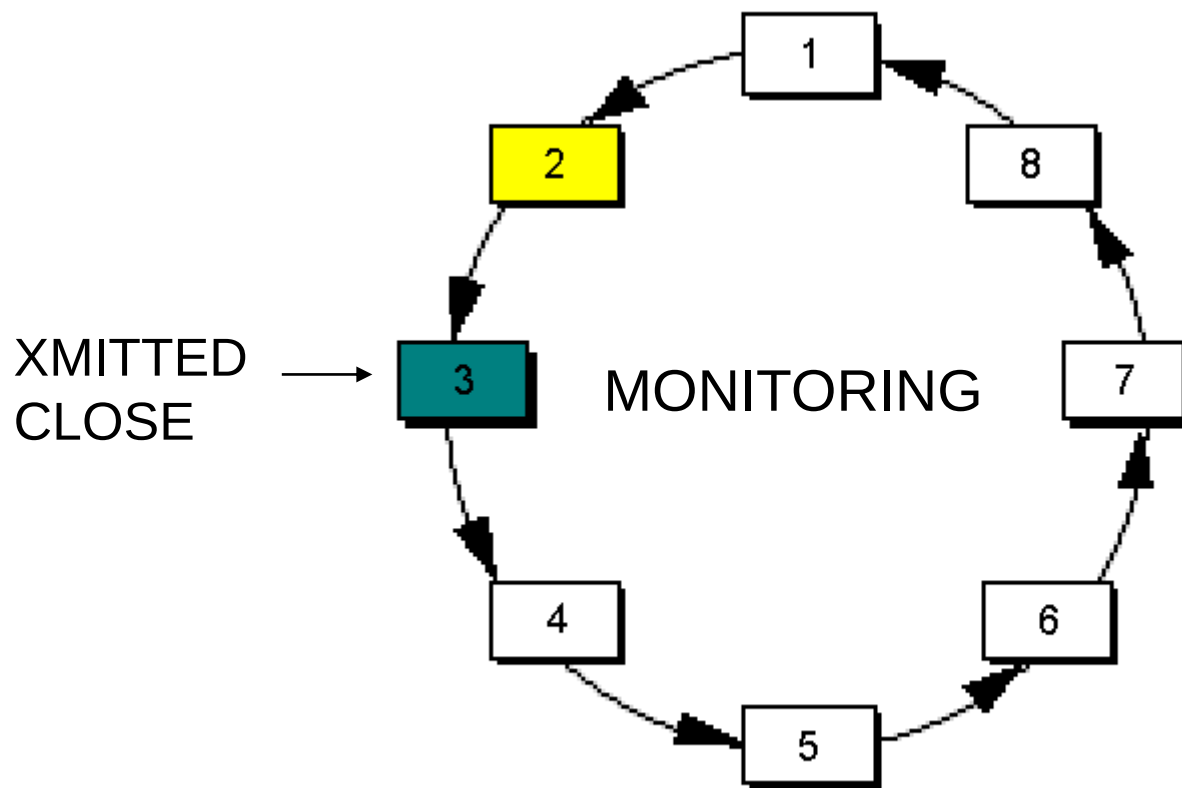
Передача сообщения



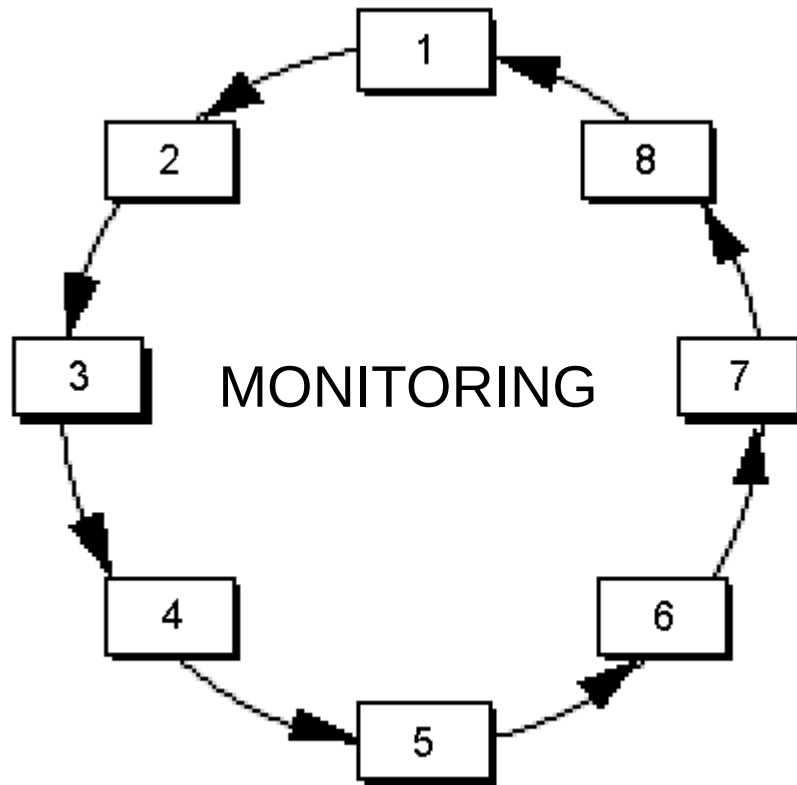
Передача сообщения



Передача сообщения



Передача сообщения

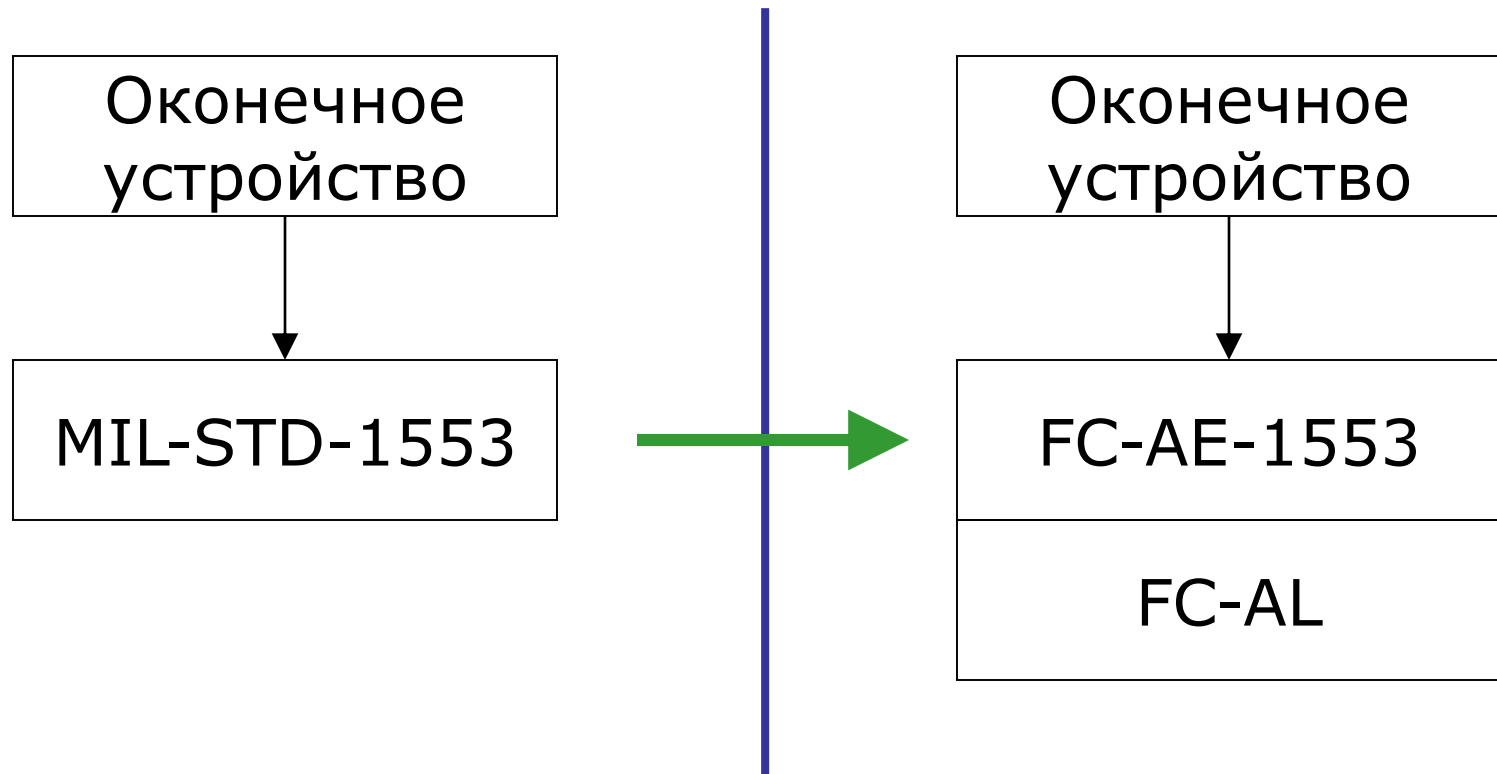


Протокол FC-AE-1553

- Протокол FC-AE-1553 является протоколом верхнего уровня (в стеке Fibre Channel) и эмулирует работу канала MIL STD-1553B в кольце с арбитражем.
- Оконечные устройства кольца с арбитражем сами не инициируют информационные обмены. За это отвечает специально выделенное оконечное устройство кольца с арбитражем, называемое контроллером кольца.

Протокол FC-AE-1553

предназначен для «имитации» протокола
MIL STD-1553 на кольце с арбитражем



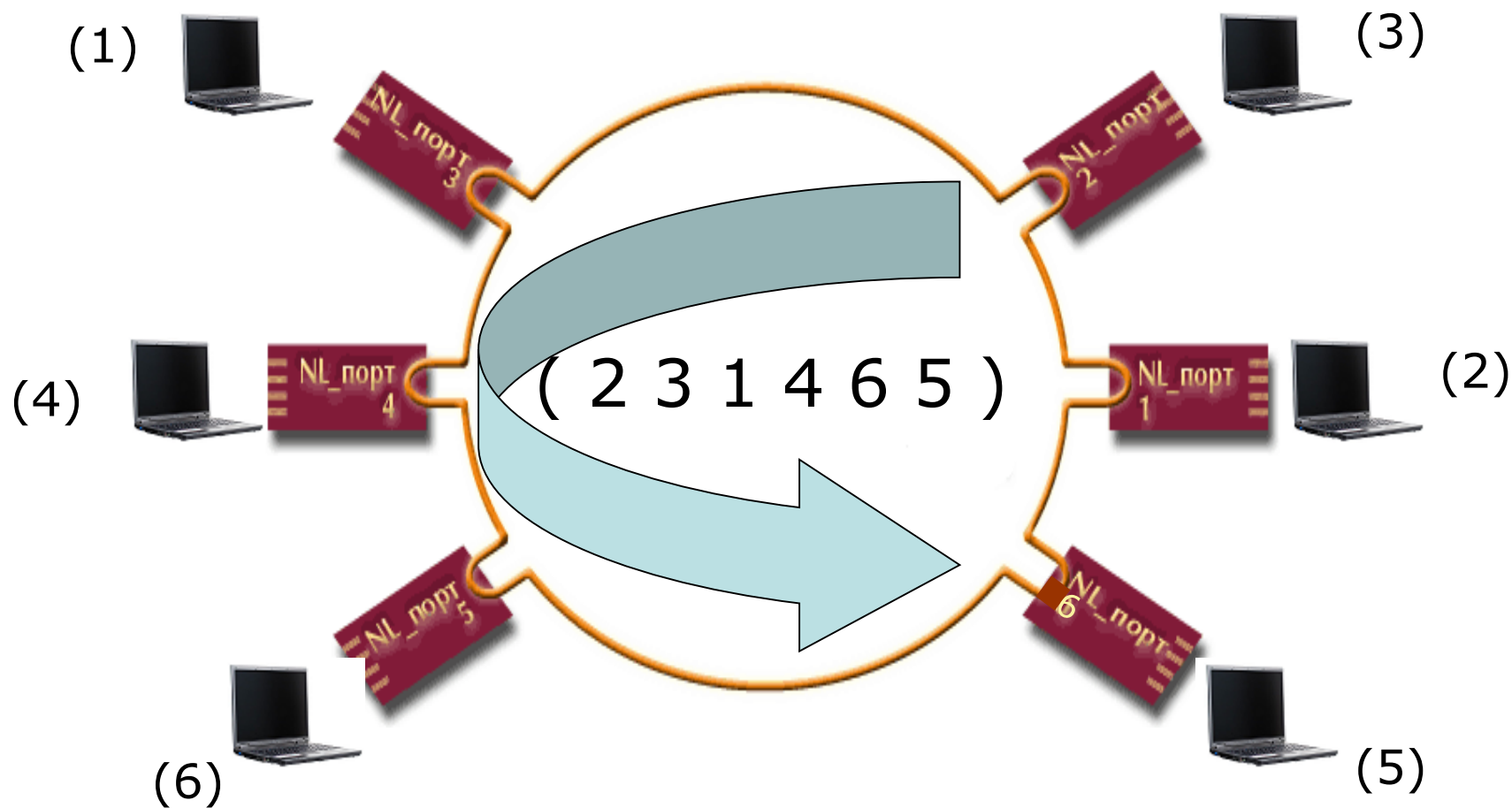
Протокол FC-AE-1553

- Передача данных от абонента *A* к абоненту *B*:
 - 1) передача сообщения от контроллера кольца оконечному устройству с адресом *A* с командой передать сообщение оконечному устройству с адресом *B*;
 - 2) передача сообщения с данными от оконечного устройства с адресом *A* оконечному устройству с адресом *B*.

Задача построения магистральных каналов информационного обмена с использованием кольца с арбитражем FC

- Выбор порядка расположения оконечных устройств в кольце с арбитражем
 - от порядка следования устройств зависит длительность передачи сообщений
- Назначение адресов оконечным устройствам
 - влияет на арбитраж, если *нет* централизованного управления
- Построение расписания обменов

Топология кольца с арбитражем

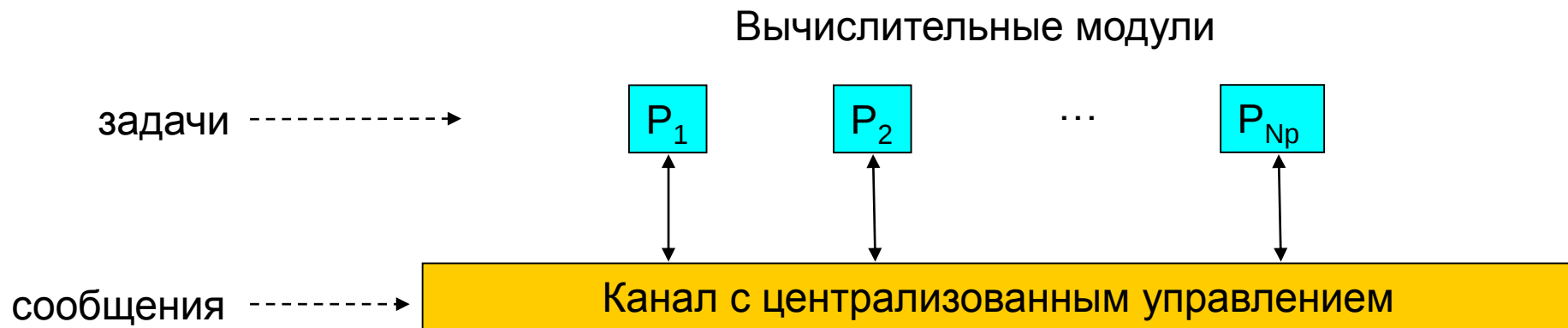


Построение расписания обменов

- Для схемы с централизованным управлением. Эта задача возникает, если используется протокол FC-AE-1553 и формулируется аналогично задаче для канала MIL STD-1553B.
- Для схемы с децентрализованным управлением. В этом случае должно составляться расписание выставления заявок на арбитраж для каждого оконечного устройства.

Совместное планирование вычислений и обменов

Система реального времени

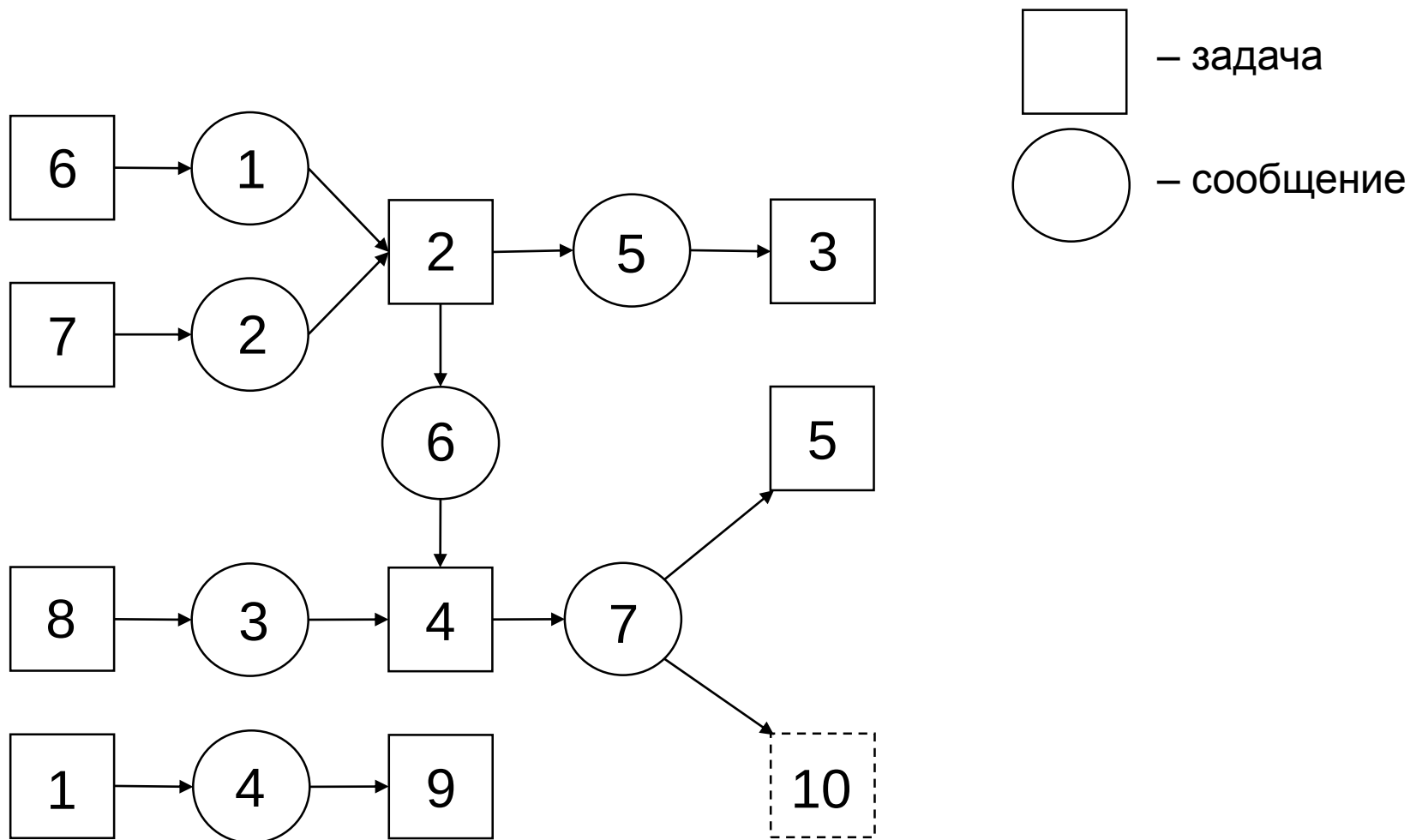


Длительность передачи сообщения зависит от того, на какие вычислительные модули размещены задачи

Цель

- Построение расписания выполнения задач на вычислительных модулях в составе ИУС РВ и расписания передачи сообщений между ними по каналу с централизованным управлением с соблюдением ограничений:
 - реального времени
 - совместимости расписаний
 - ограничений, связанных со спецификой аппаратных и программных средств ИУС РВ

Задачи и сообщения

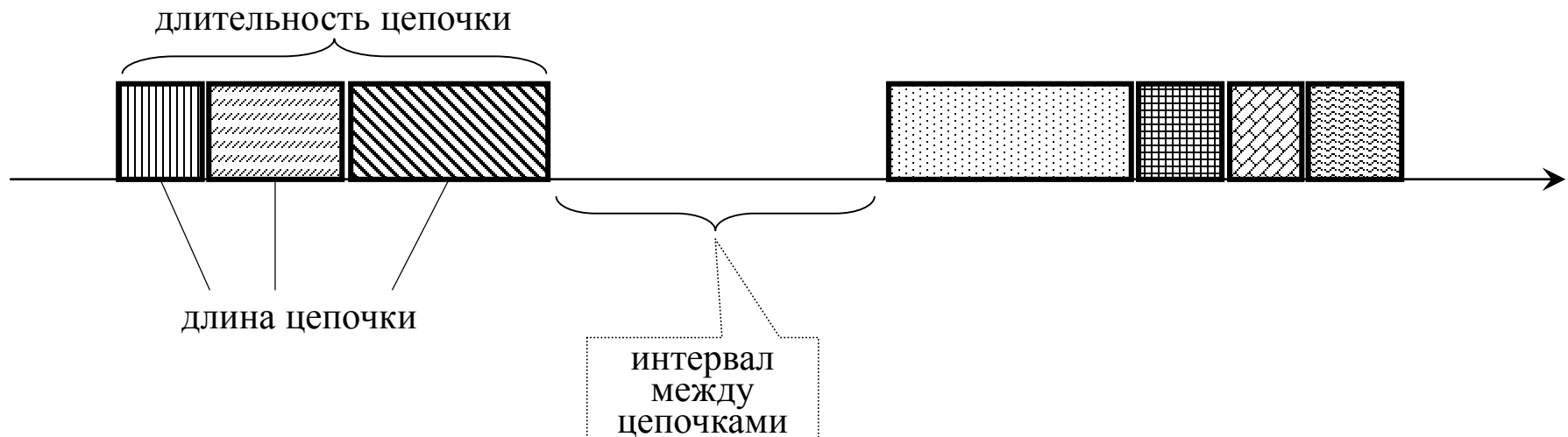


Расписание выполнения задач

- Требования реального времени
- На одном и том же вычислительном модуле в каждый момент времени может выполняться только одна задача
- Каждая задача запланирована на допустимый вычислительный модуль

Расписание передачи сообщений

- Требования реального времени
- В каждый момент времени может передаваться только одно сообщение
- Технологические ограничения на обмен данными



Задача

- По заданным наборам задач и сообщений построить корректные совместимые расписания выполнения задач и передачи сообщений, содержащие максимальное количество задач и сообщений

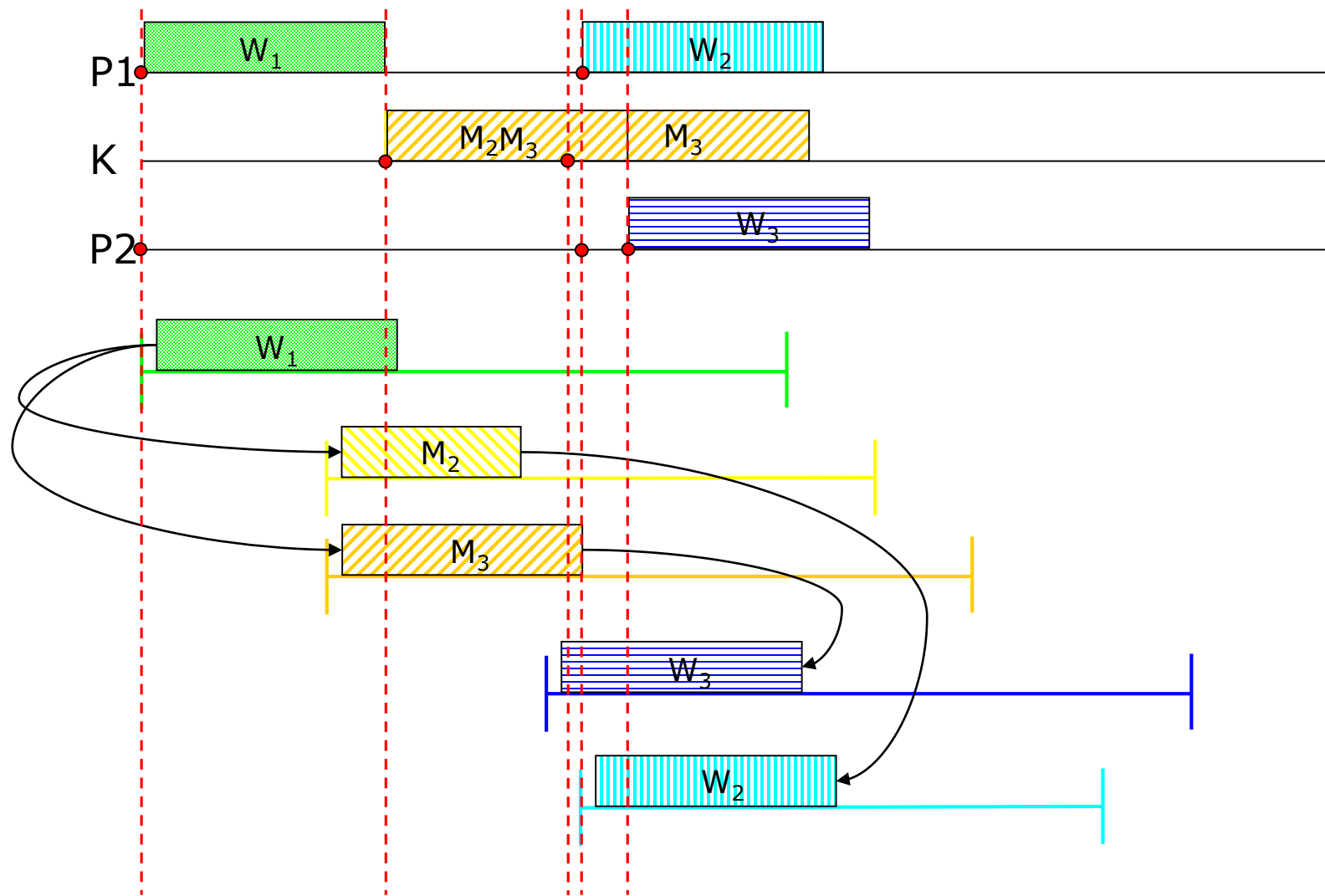
Подходы

- 3 подхода:
 - Сначала построить расписание сообщений, затем расписание задач
 - Сначала построить расписание задач, затем расписание сообщений
 - Одновременное построение обоих расписаний
- Для первых двух подходов существуют частные задачи, имеющие полное расписание, которое нельзя построить в рамках этих подходов

Жадный алгоритм

- Проблема:
 - Изменяющаяся длительность передачи сообщений
- Решение:
 - Считать длительность передачи сообщения максимально возможной и корректировать её в процессе работы алгоритма

Жадный алгоритм: пример



Далее...

- Каналы информационного обмена на основе коммутаторов
 - топология
 - виртуальные каналы
 - планирование обмена

Спасибо за внимание!