

Каналы информационного обмена с централизованным управлением. Магистральные и локальные каналы

Кафедра АСВК,
Лаборатория Вычислительных Комплексов
Балашов В.В.

План лекции. Часть 1:
каналы с централизованным управлением
на основе общей шины.
Иерархия сети ИУС РВ.

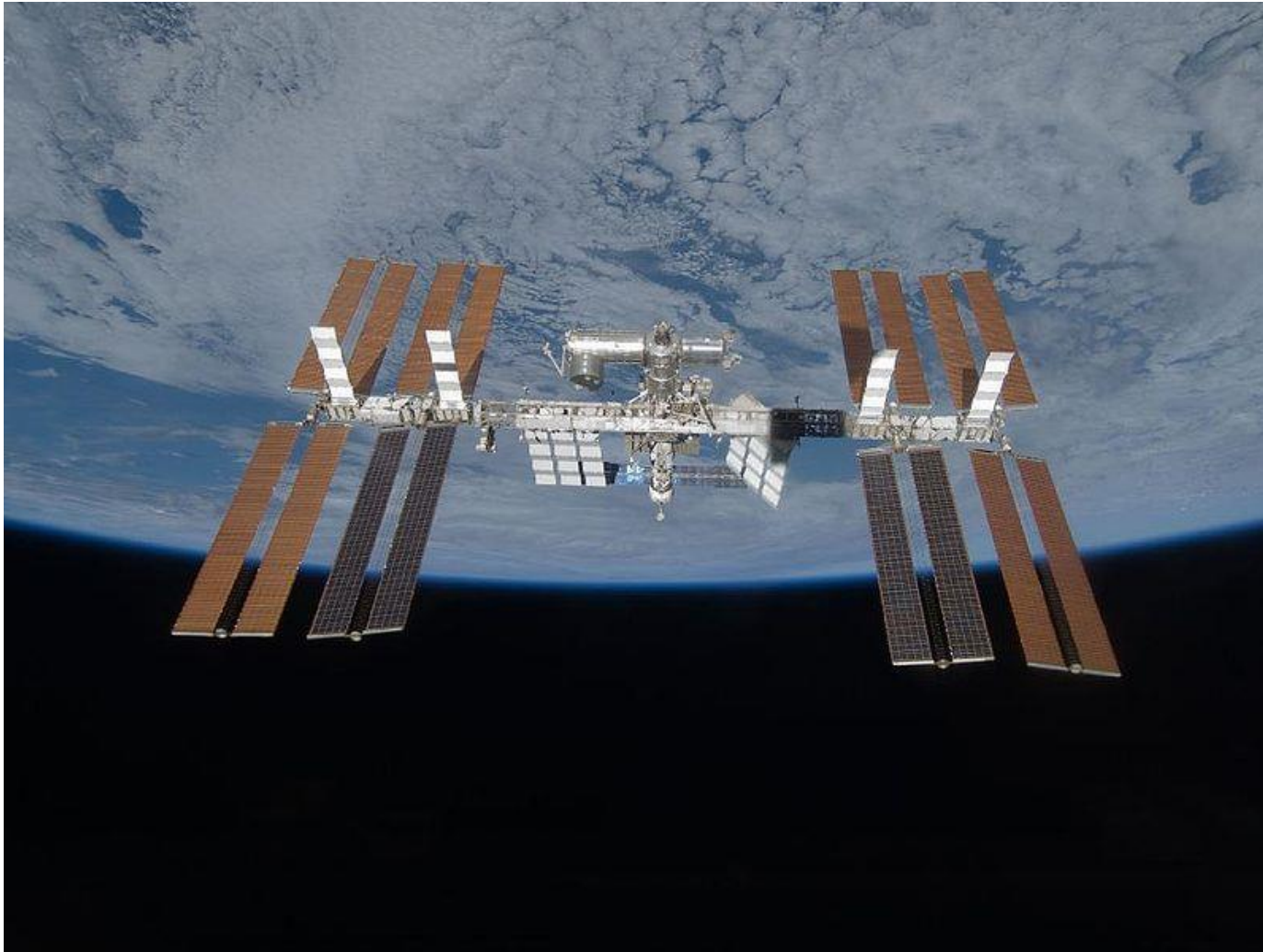
- Примеры иерархической организации сети ИУС РВ
- Принципы работы каналов с централизованным управлением.
- Протокол информационного обмена на примере канала MIL STD-1553B.
- Задача построения расписания обменов.
- САПР циклограмм.
- Шина CAN и организация на ней обмена с централизованным управлением.

План лекции. Часть 2:

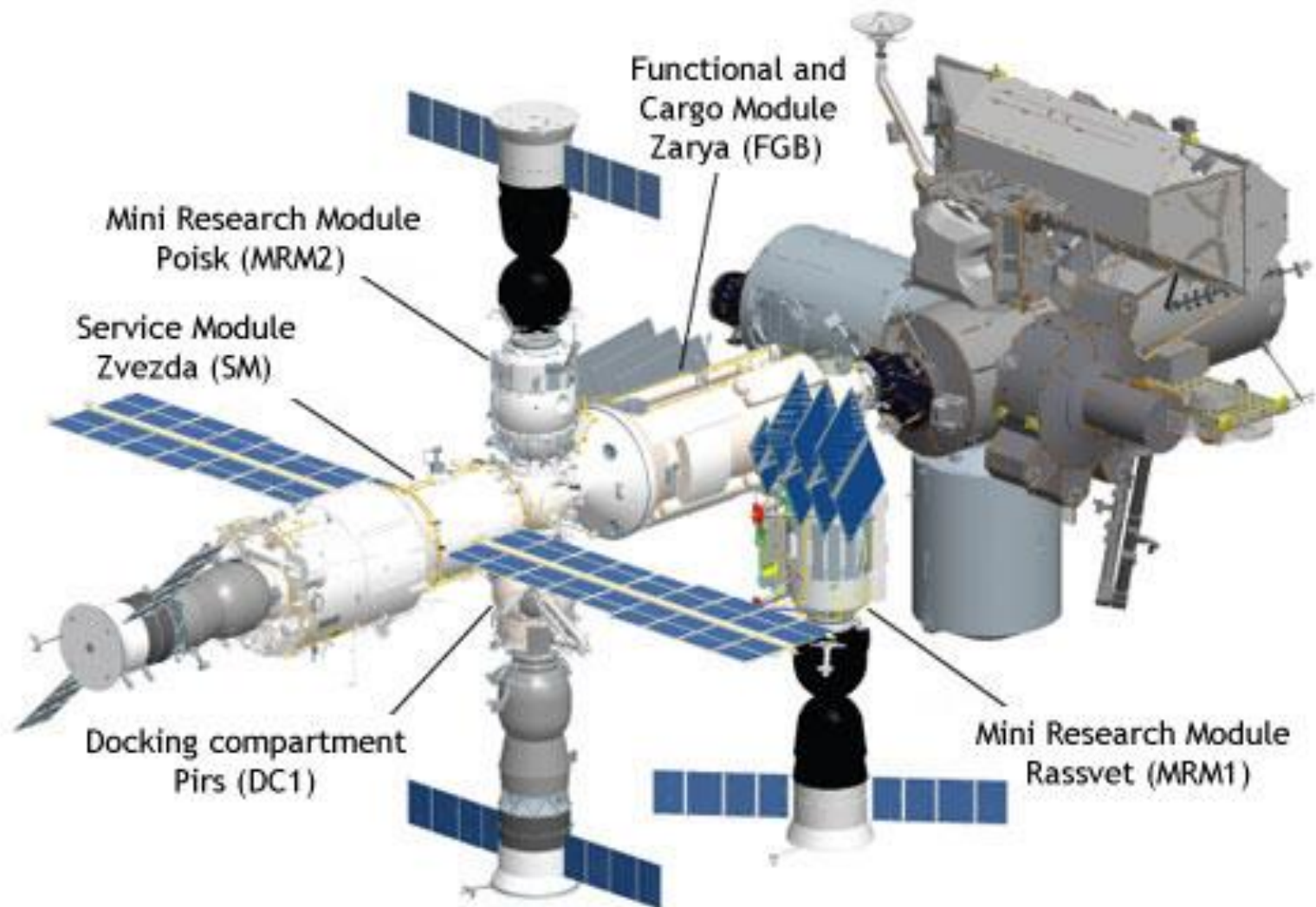
каналы с централизованным управлением на основе кольца с арбитражем Fibre Channel

- Топологии и классы обслуживания стандарта Fibre Channel.
- Описание работы кольца с арбитражем.
- Процедура арбитража.
- Протокол FC-AE-1553.
- Задача построения магистральных каналов информационного обмена с использованием кольца с арбитражем FC.

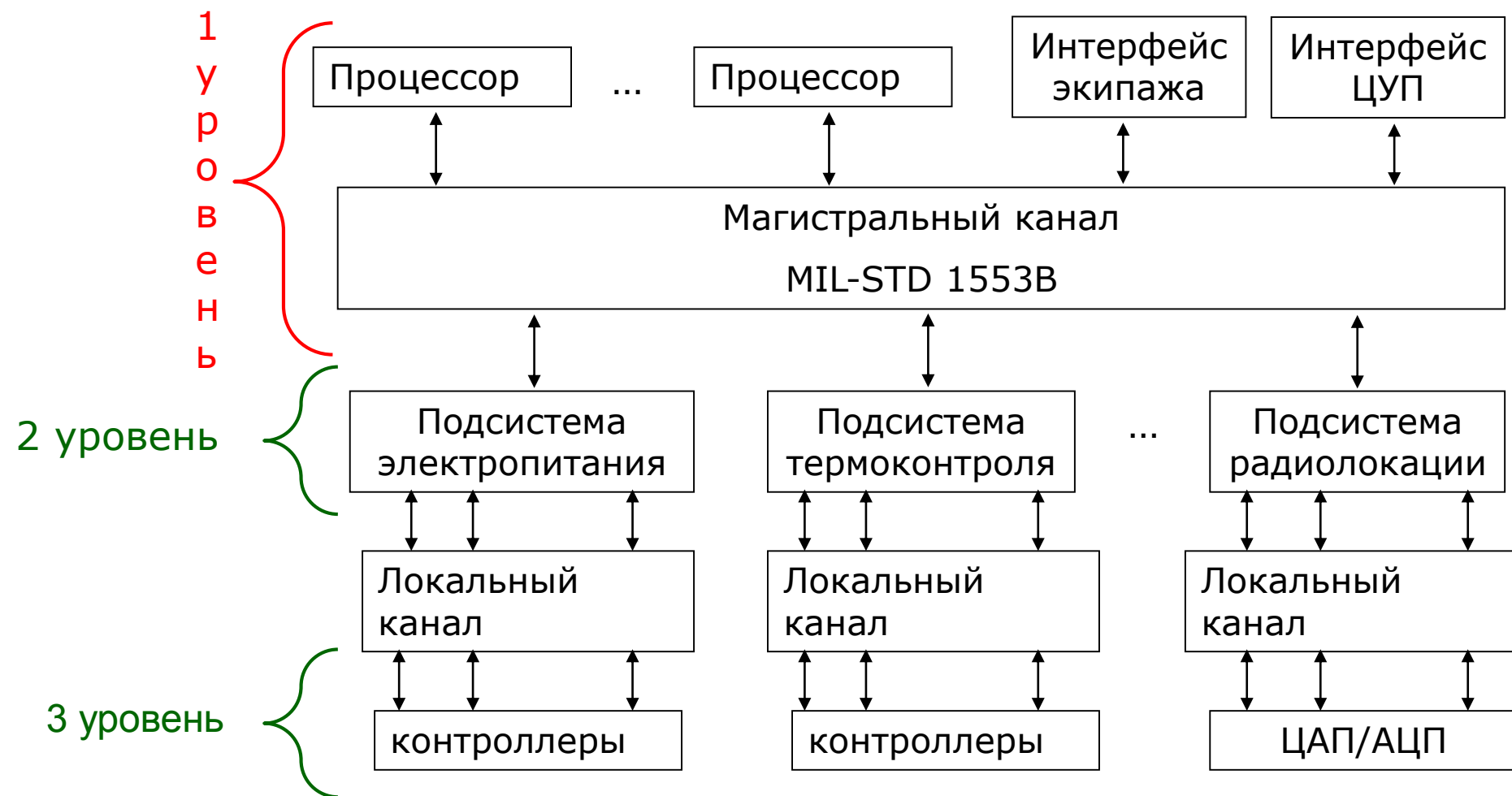
Международная космическая станция



Российский сегмент МКС



Иерархическая организация ИУС РВ МКС



Типичные режимы

- 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

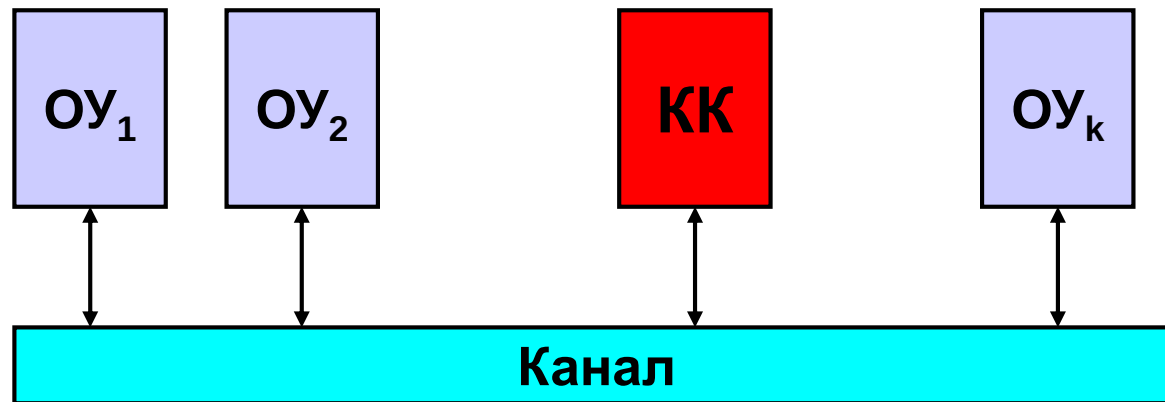
- [В.Куминов, Б. Наумов. Космические компьютеры: открытые стандарты и технологии выходят в открытый космос // Мир компьютерной автоматизации, 2002, №3]

«Фокусы» с каналом MIL STD-1553B

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



Канал с централизованным управлением



- Контроллер – управляет обменами в соответствии с предварительно построенным расписанием обменов.
- Информация передается в виде сообщений, которые состоят из командных слов, слов данных и ответных слов.
- Обмен информацией осуществляется асинхронно путем поочередной передачи информации по принципу "команда-ответ".

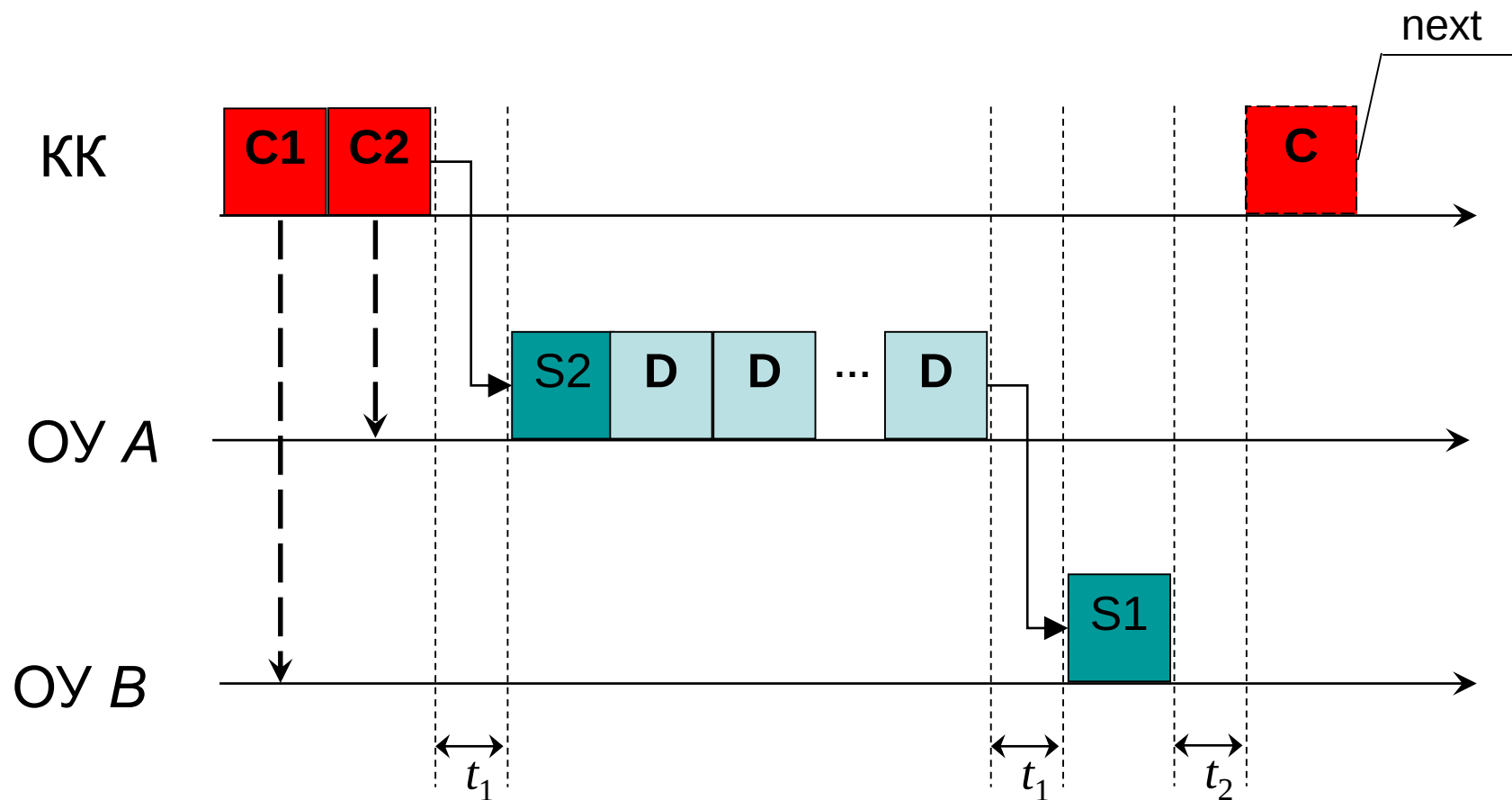
Преимущества каналов с централизованным управлением

- 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

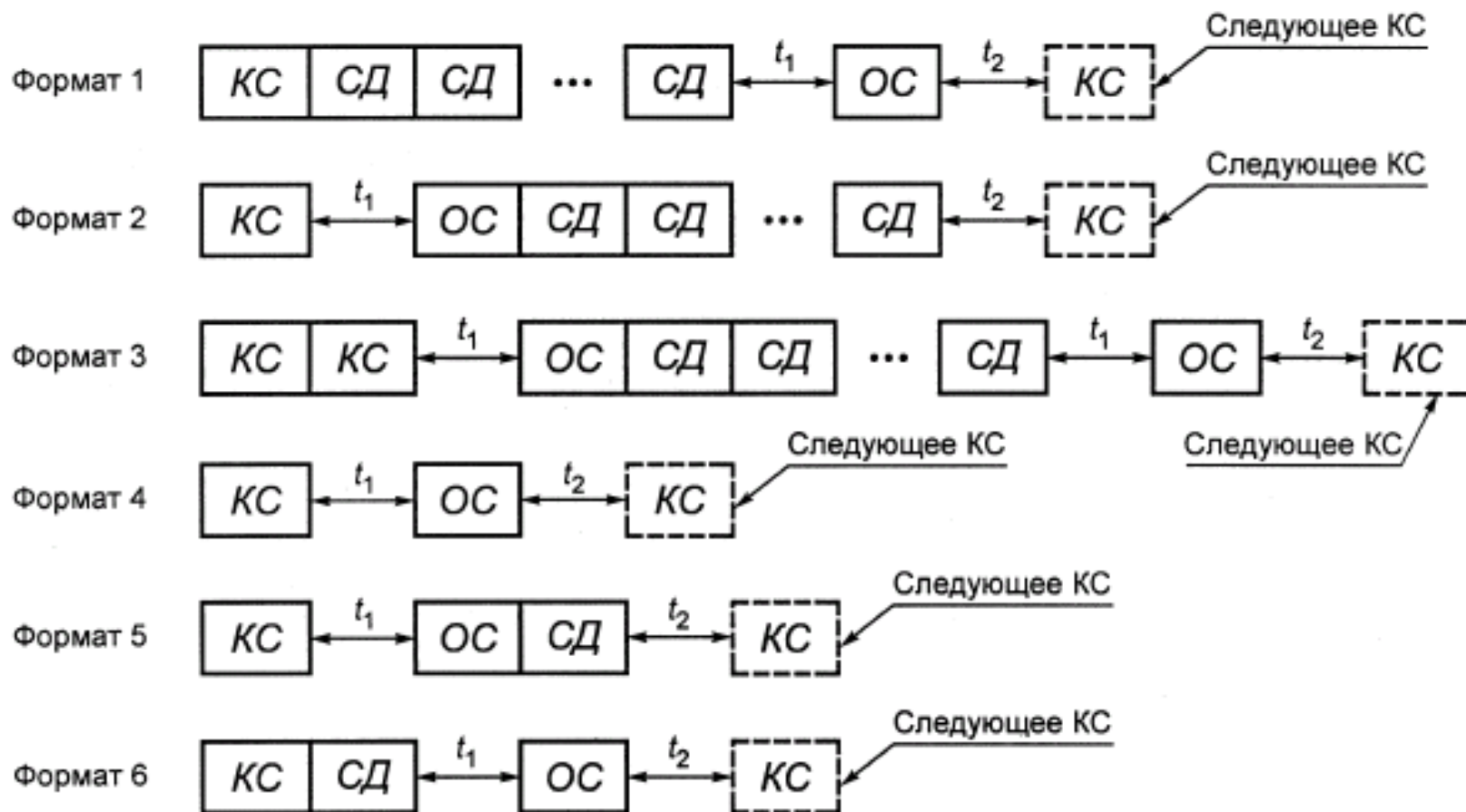
MIL STD-1553B:передача сообщения



MIL STD-1553B: форматы сообщений

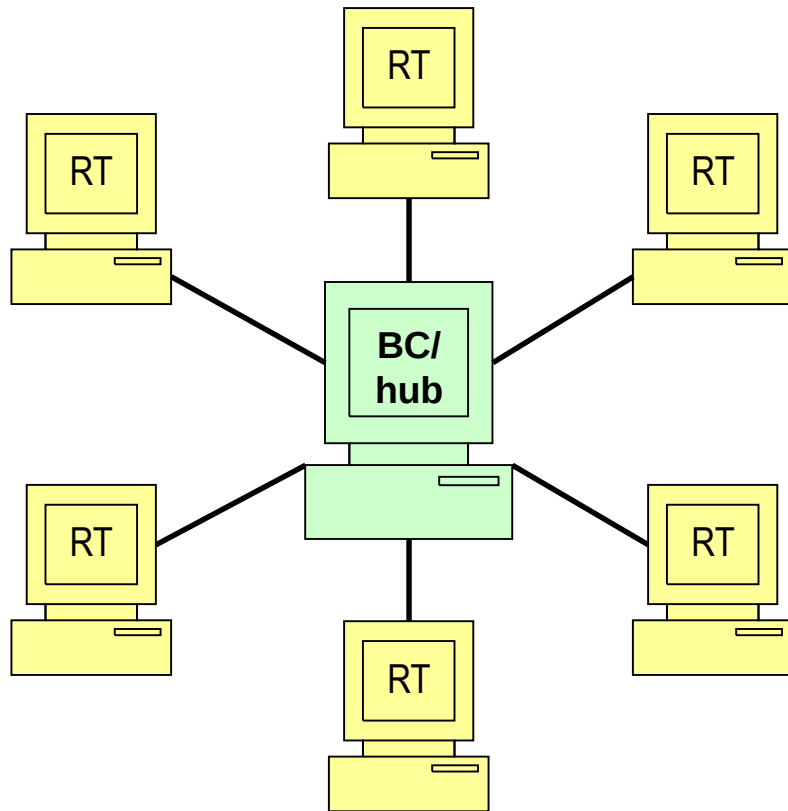
	передача данных	
point-to-point	KK-OY	
	OY-KK	
	OY-OY	
broadcast	KK-OY	
	OY-OY	

То же, по-русски



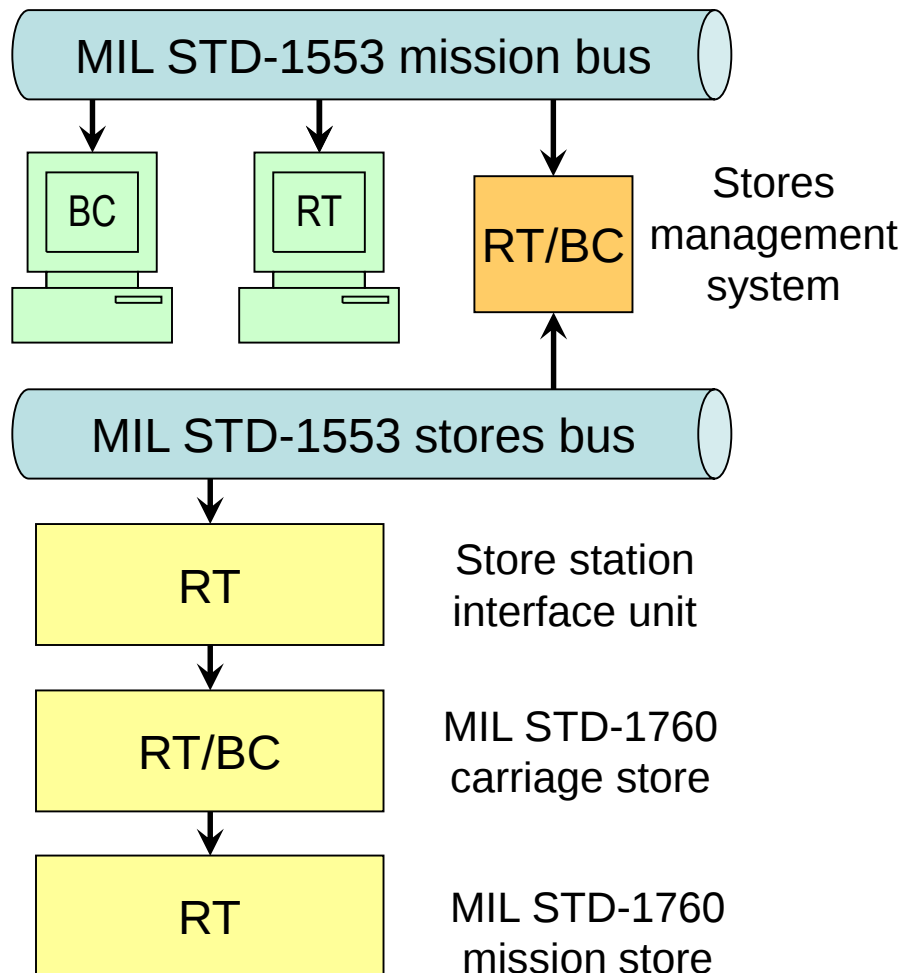
КС — командное слово; СД — слово данных; ОС — ответное слово; t_1 — пауза перед выдачей ответного слова;
 t_2 — пауза между сообщениями

EBR-1553 (Enhanced Bit Rate)



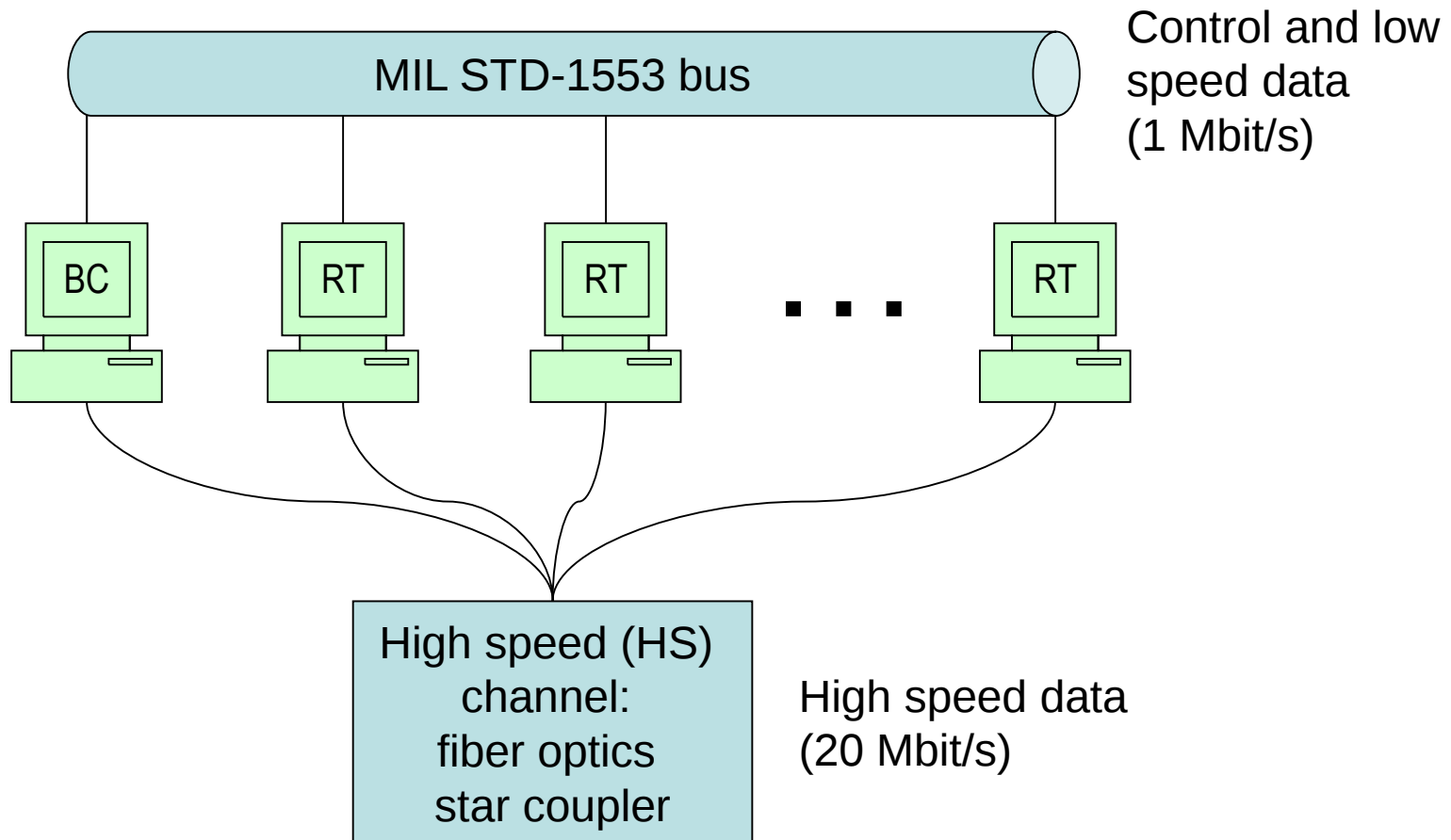
- Evolution of MIL STD-1553B
- Features:
 - 10 Mbit/s
 - Star topology with controller combined with network hub
 - No RT-RT exchanges

MIL STD-1760: hierarchy

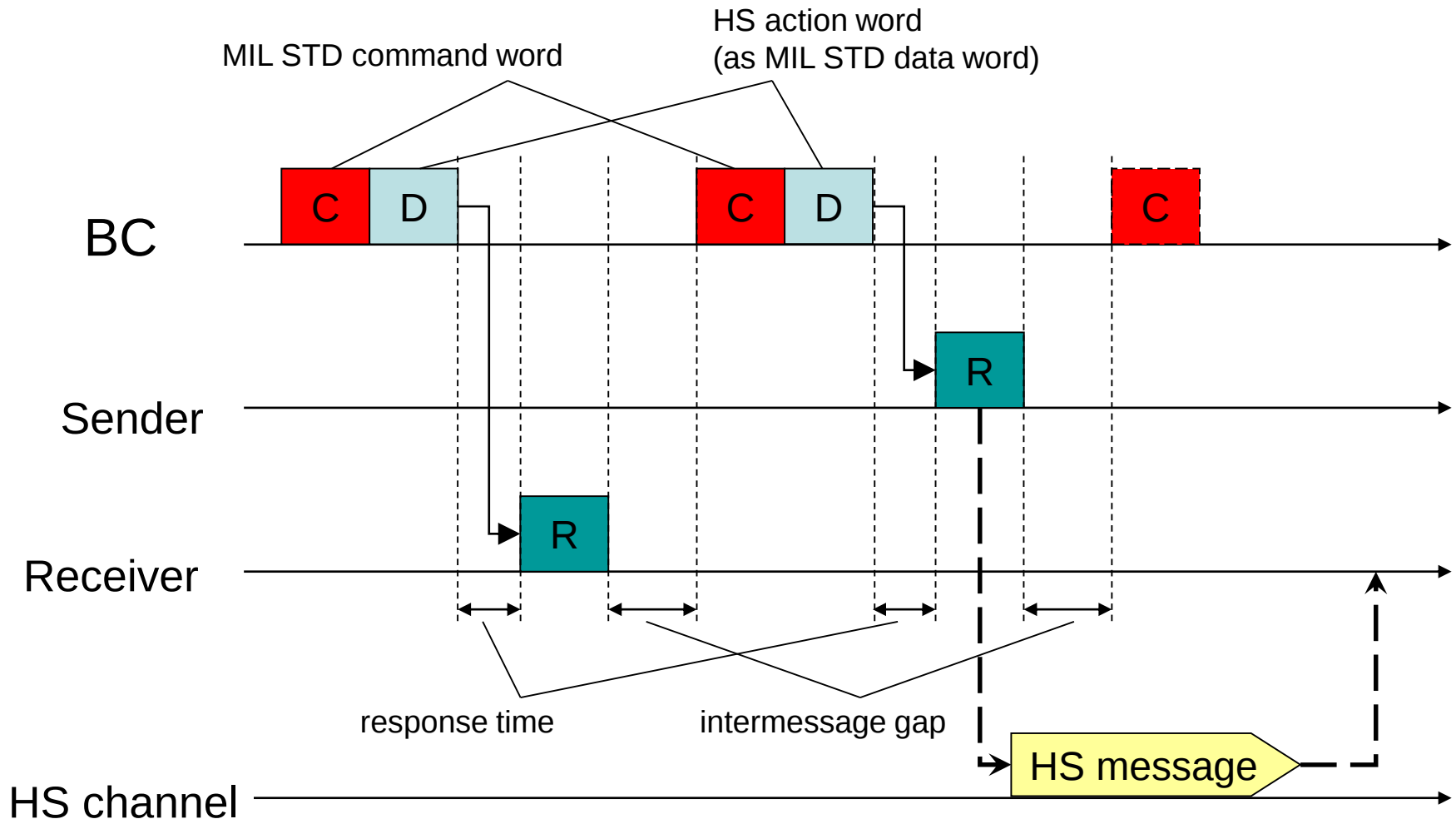


- Extends MIL STD-1553 for aircraft/store interfaces
- Defines standard message formats for store control and monitoring functions
- Gives attention to safety issues:
 - architecture redundancy (dual buses)
 - protocol redundancy (CRC in data words, headers and CRC in messages)
 - special message formats for safety check
 - address confirmation field in critical control messages

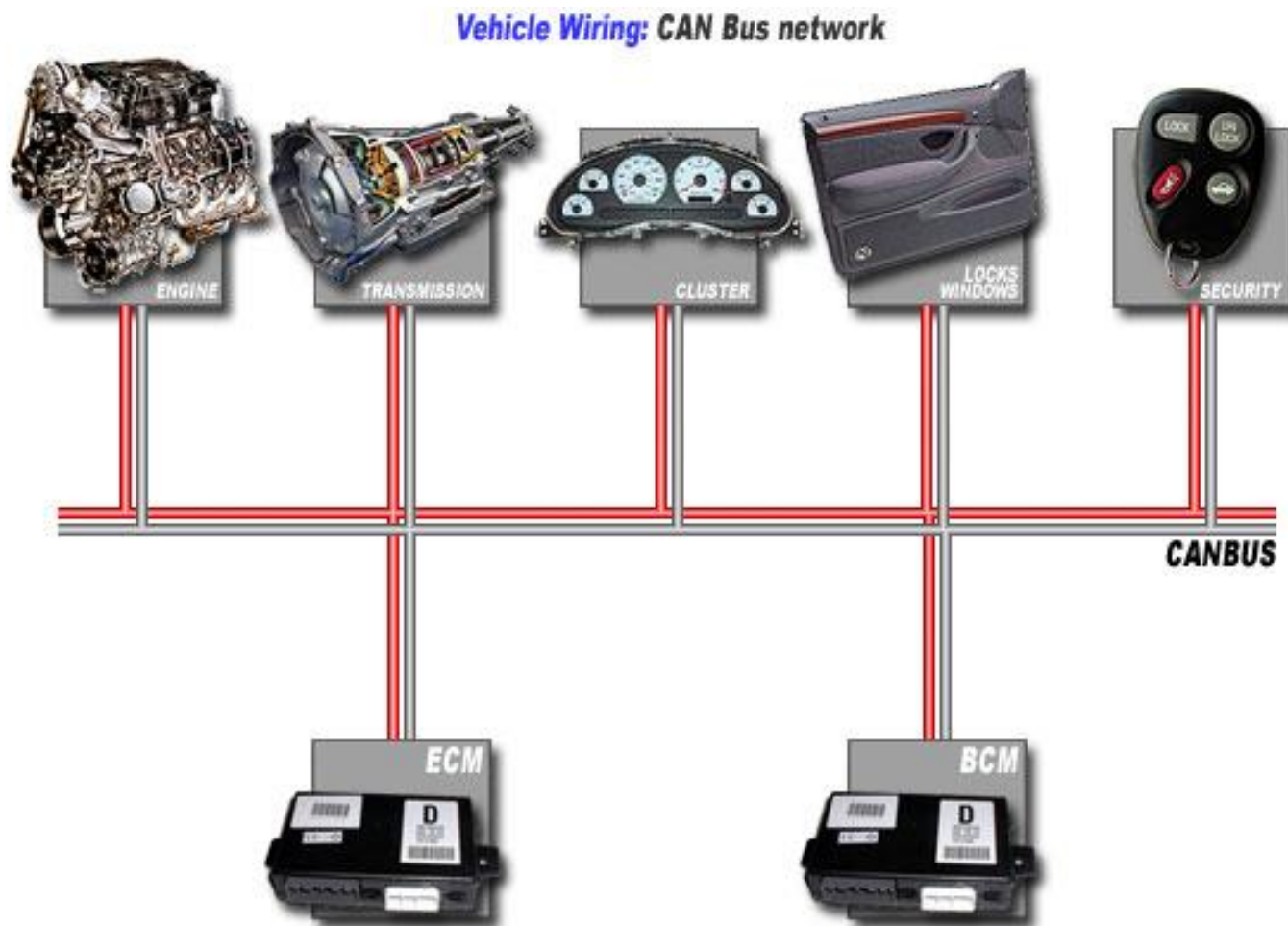
STANAG 3910: topology



STANAG 3910: exchange example



Шина CAN

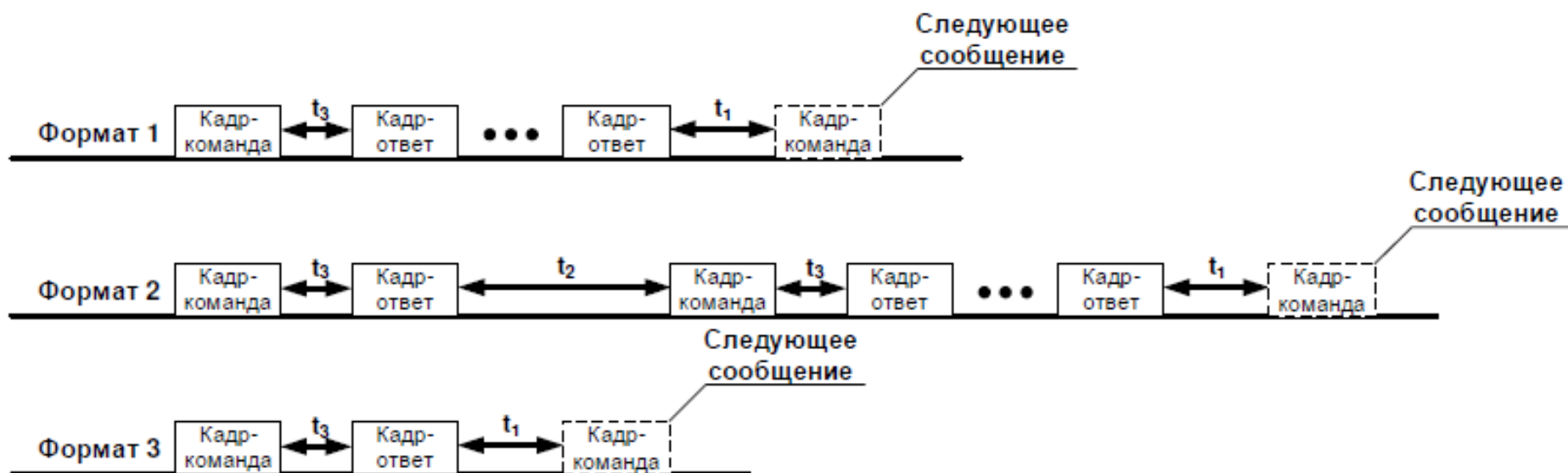


- служебная шина
- короткие сообщения

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



Математика...

Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве

- Шина может рассматриваться как одноприборное устройство, обслуживающее исходно заданный набор работ без прерываний.
- Расписание выполнения работ, представляет собой упорядоченное множество

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

- $J = \{(t_j, s_j, f_j)\}$ - 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

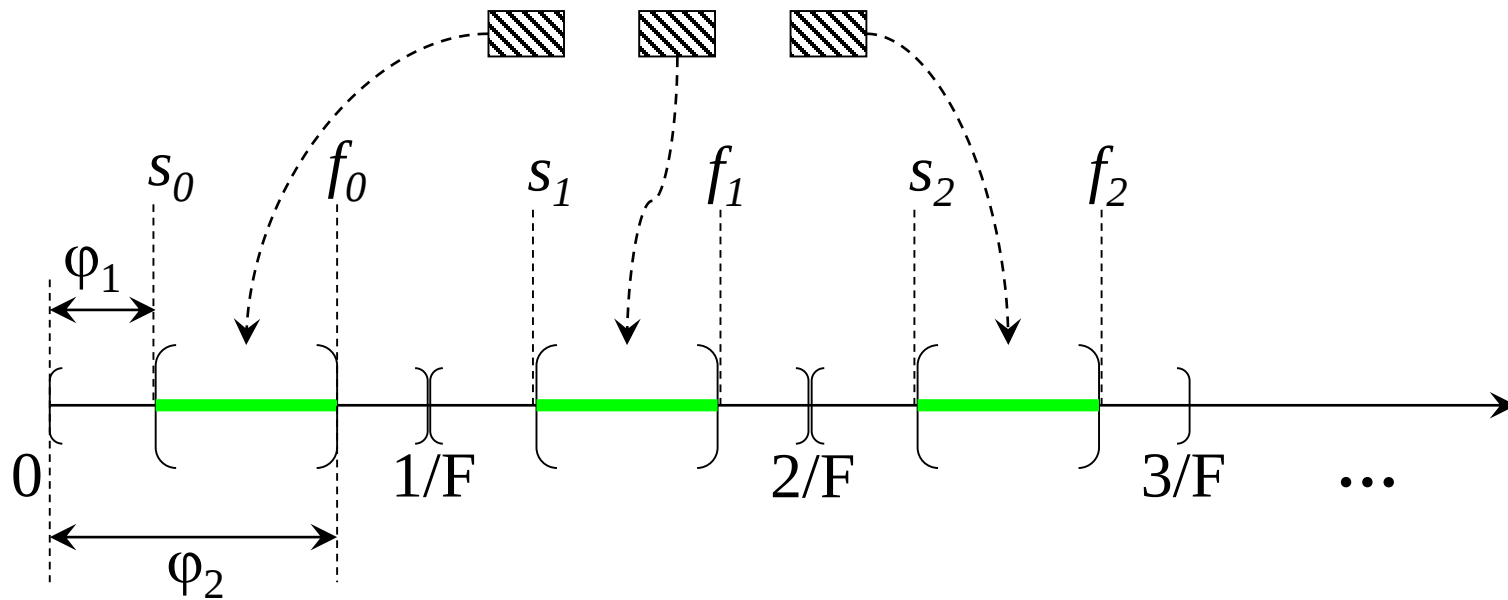
- Для частной задачи:

$$\max_{H \in H^{*1}} |H|$$
$$\forall j: t_j = f_j - s_j$$

- 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 $m: (F, \varphi_1, \varphi_2, t)$.

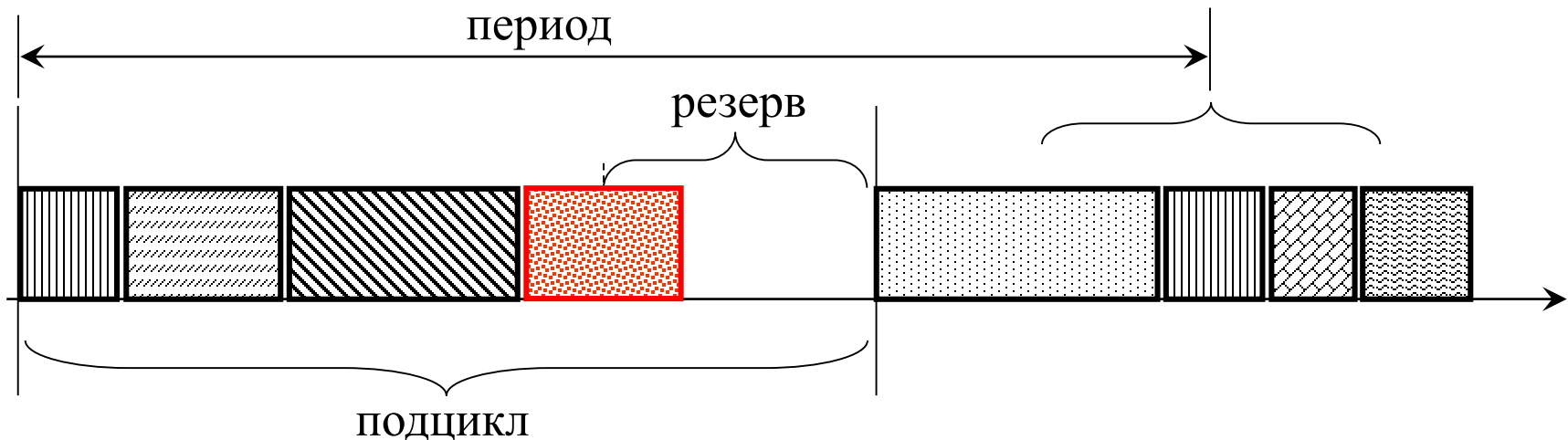


Задача построения расписания передачи сообщений по шине

Дано:

- Множество работ, которые должны выполняться на системе $J = \{j\}_{j=1}^{N_j}$
- Технологические ограничения на корректность расписания $g_i(H, \bar{x}) \leq 0, i = 1 \dots N_g$
- 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 длина 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 1 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.
- g8* - число работ в цепочке не должно превышать заданного значения.
- g9* - сдвиг работы «вправо» по временной оси на время, не превышающее значение равное заданному проценту от интервала «время начала выполнения работы минус время начала цепочки» не должен приводить к нарушению директивного времени завершения работы или требования к минимальному резерву времени в конце подцикла.

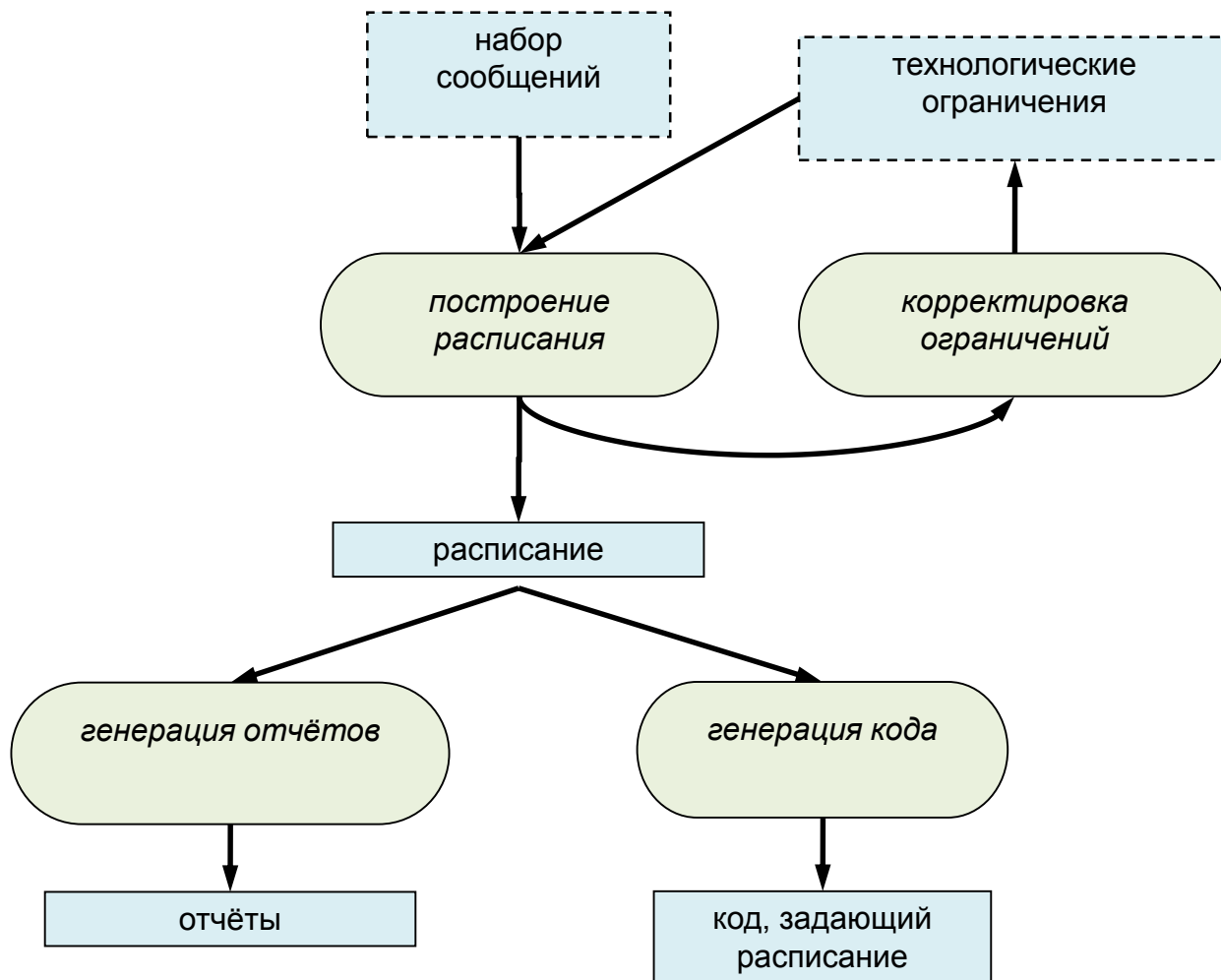
Ограничения для схемы без подциклов

- 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.
- g_7 - сдвиг работы «вправо» по временной оси на время, не превышающее значение равное заданному проценту от интервала «время начала выполнения работы минус время начала цепочки» не должен приводить к нарушению директивного времени завершения работы или требования к минимальному интервалу времени между последовательными цепочками.

САПР циклограмм

1. Создание проекта: наполнение базы данных информацией о структуре бортовой сети и исходных данных (J , , $g_i(H, X)$, X).
2. Автоматическое построение расписания;
3. Возможность ручной корректировки расписания.
4. В случае, если нельзя построить полное и корректное расписание: автоматическая корректировка значений X .
5. Генерация программного кода, задающего расписание.
6. Генерация отчётов о входных данных и построенных расписаниях.

САПР циклограмм (диаграмма технологического процесса)

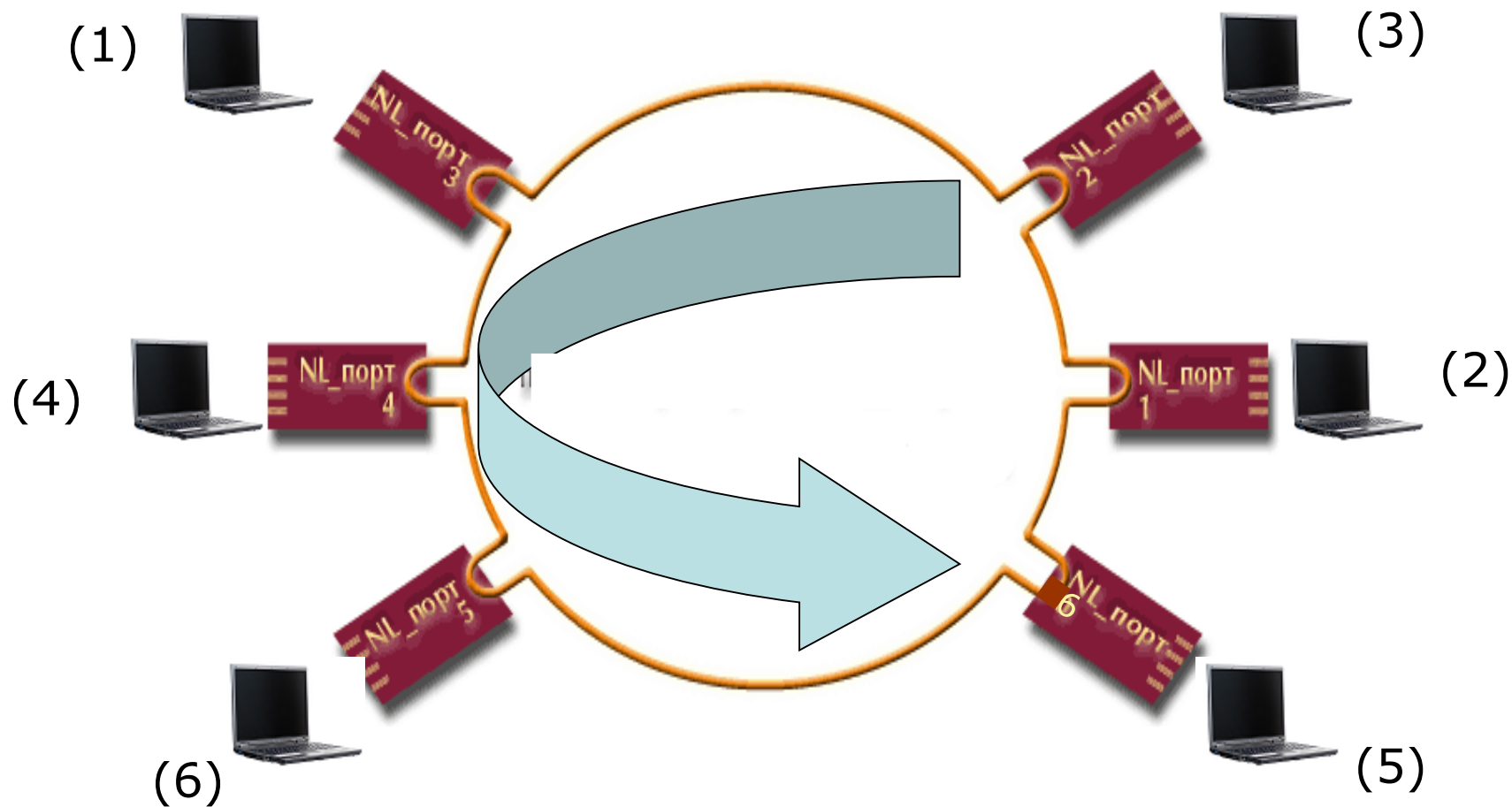


САПР циклограмм

- Расписания, построенные "САПР циклограмм", совместимы с адаптерами MIL STD-1553В, поддерживающими выполнение цепочек работ.
- Такие адаптеры поставляются фирмами DDC, Condor Engineering, Элкус и предназначены для функционирования под управлением ОС РВ QNX, VxWorks, а также ОС Linux с расширениями реального времени.

- [Р. Смелянский, В. Костенко, В. Балашов, В. Балаханов. Инструментальная система построения расписания обмена данными по каналу с централизованным управлением // Современные технологии автоматизации. - 2011. - № 3]

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.

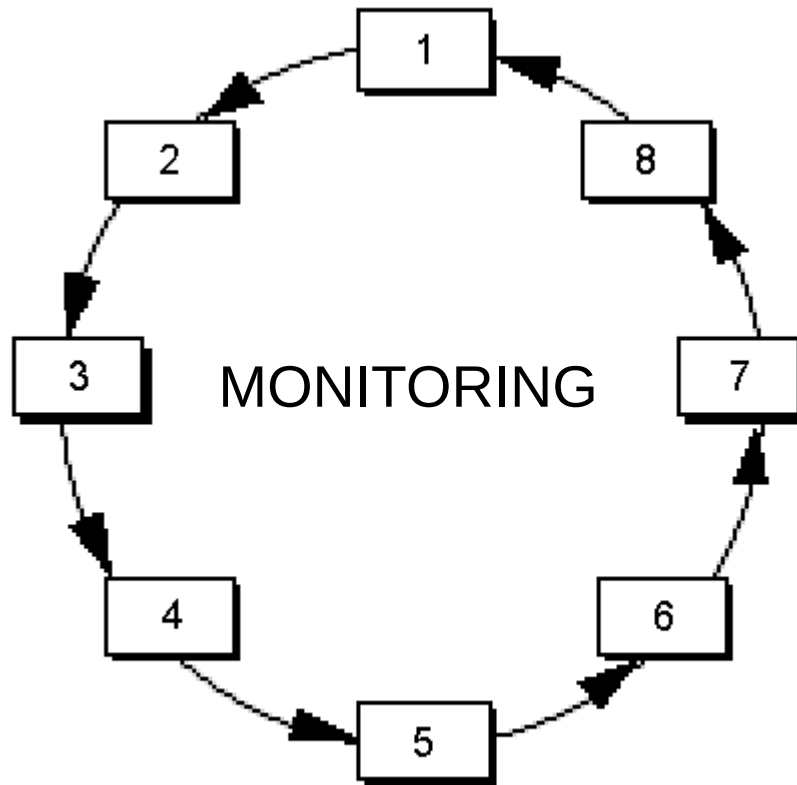
Описание работы кольца с арбитражем

- *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.

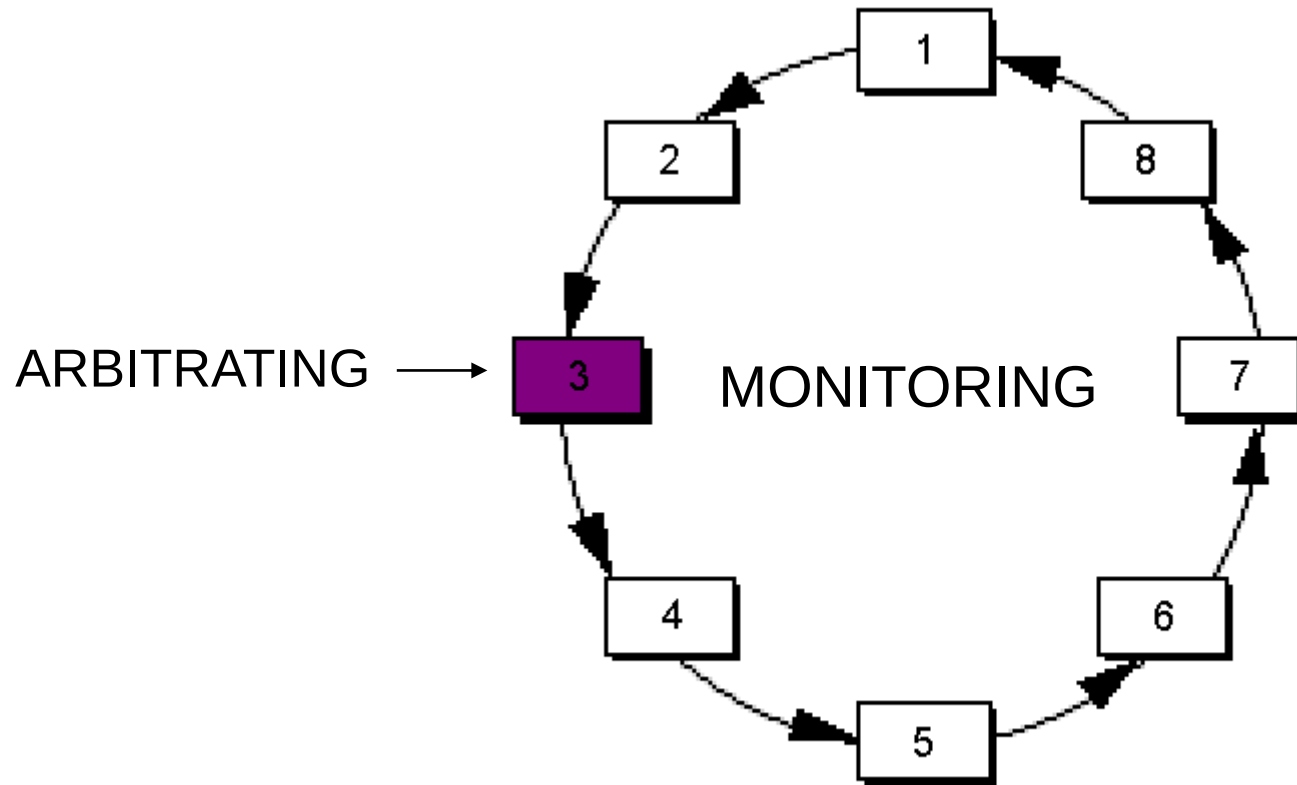
Описание работы кольца с арбитражем

- *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*.

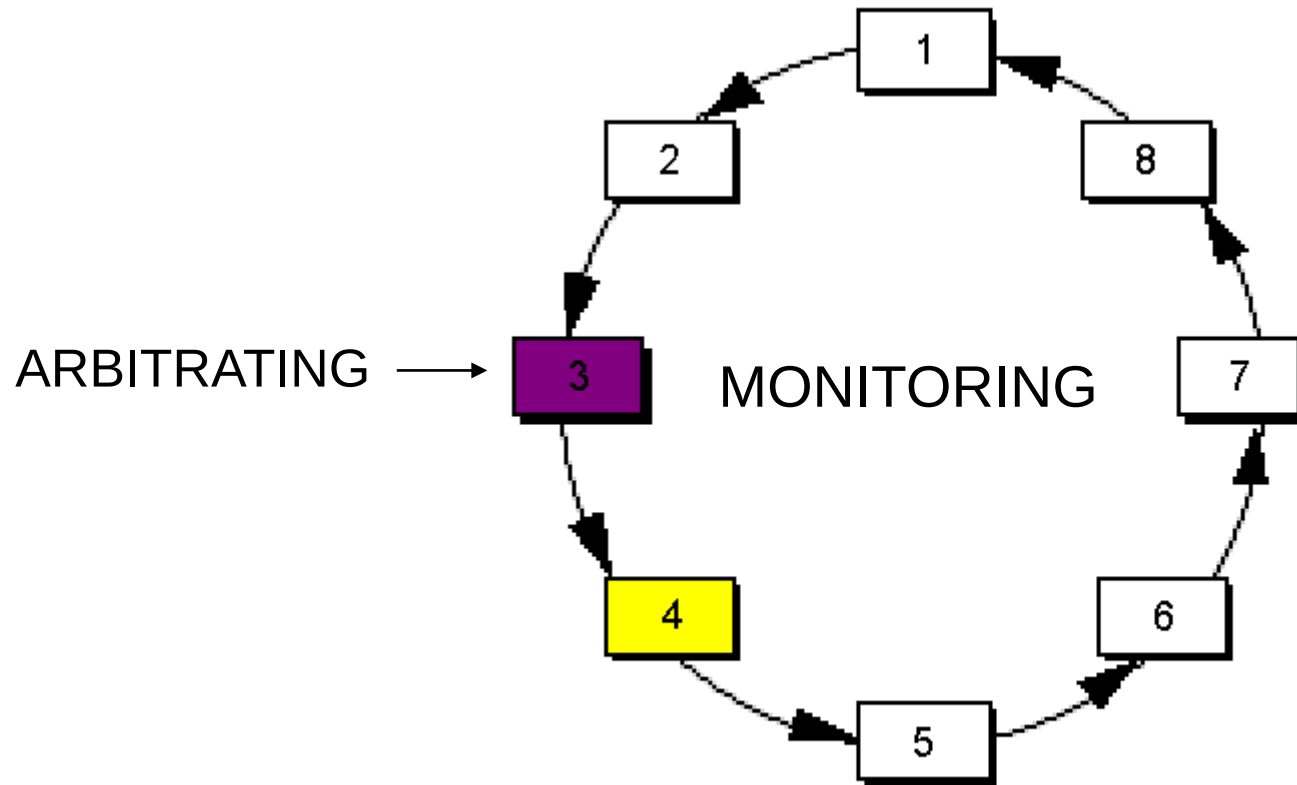
Передача сообщения



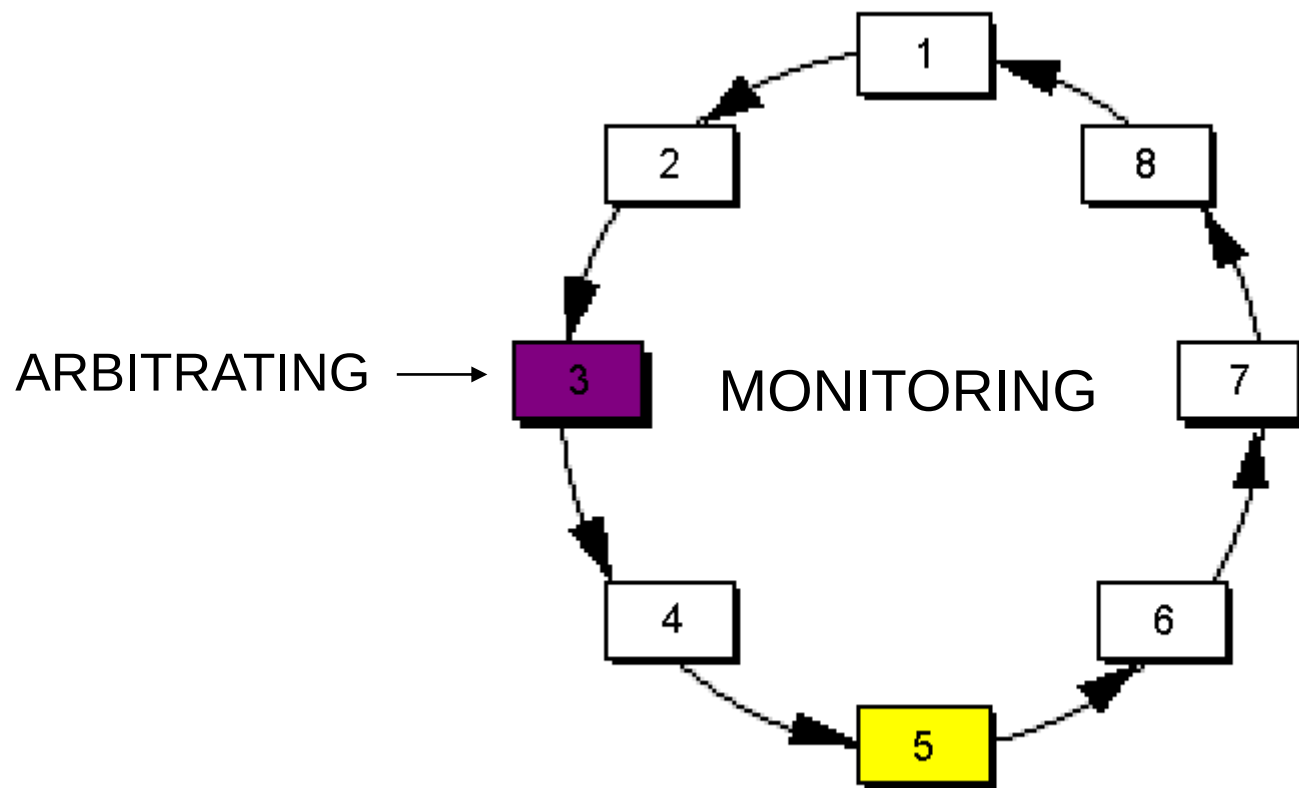
Передача сообщения



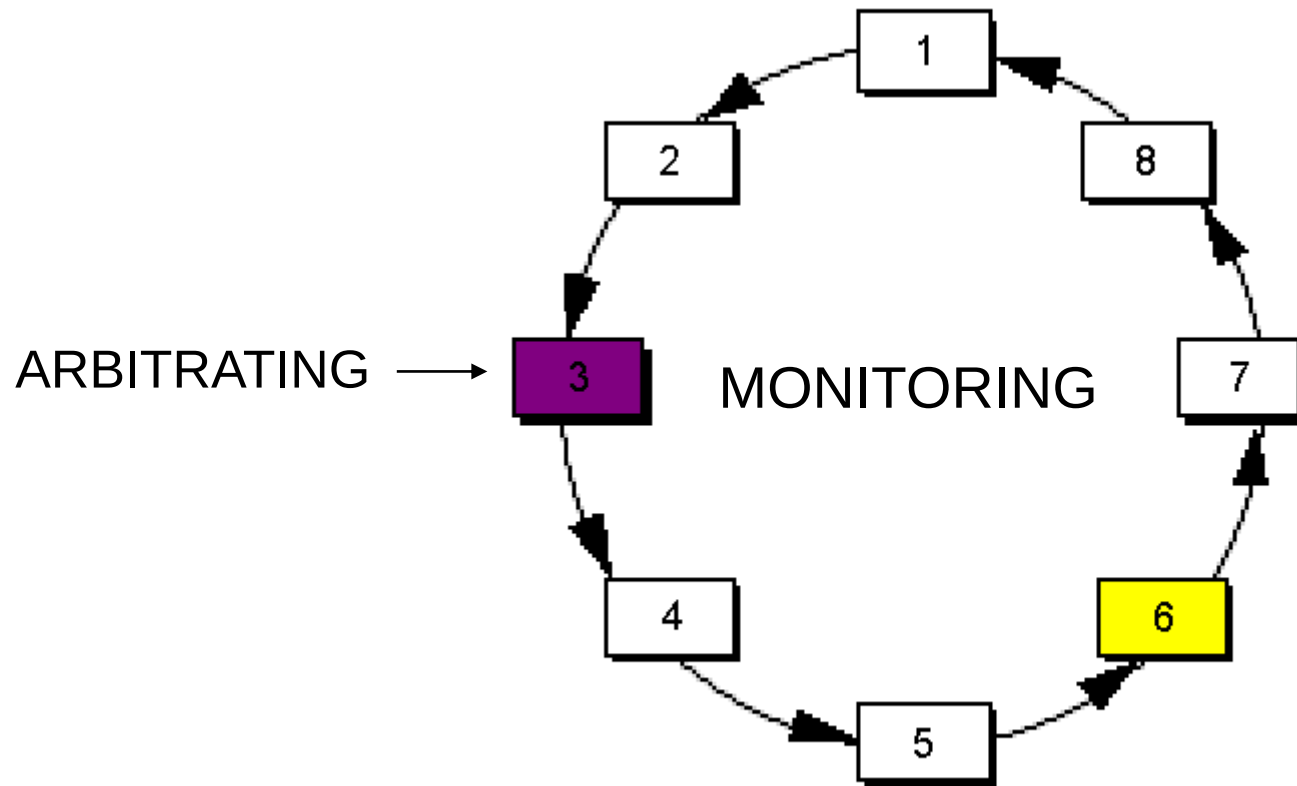
Передача сообщения



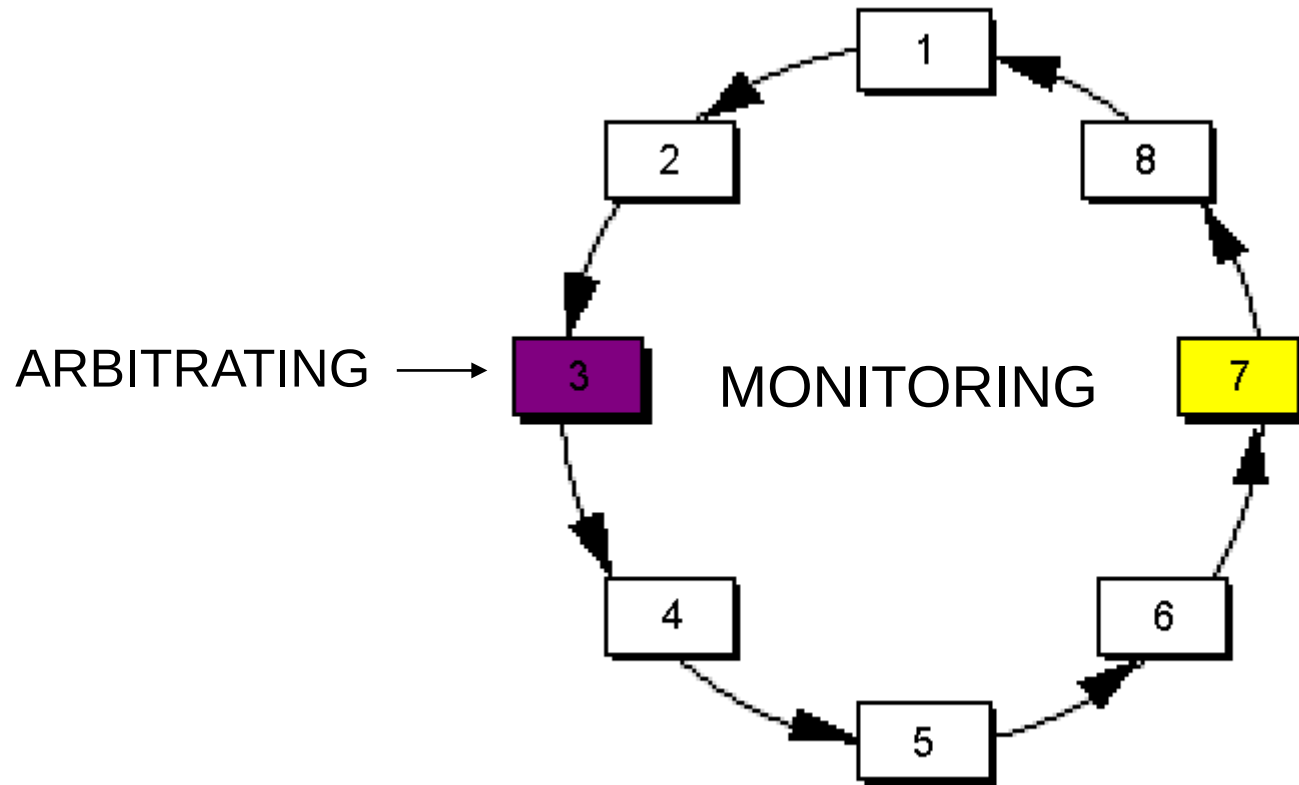
Передача сообщения



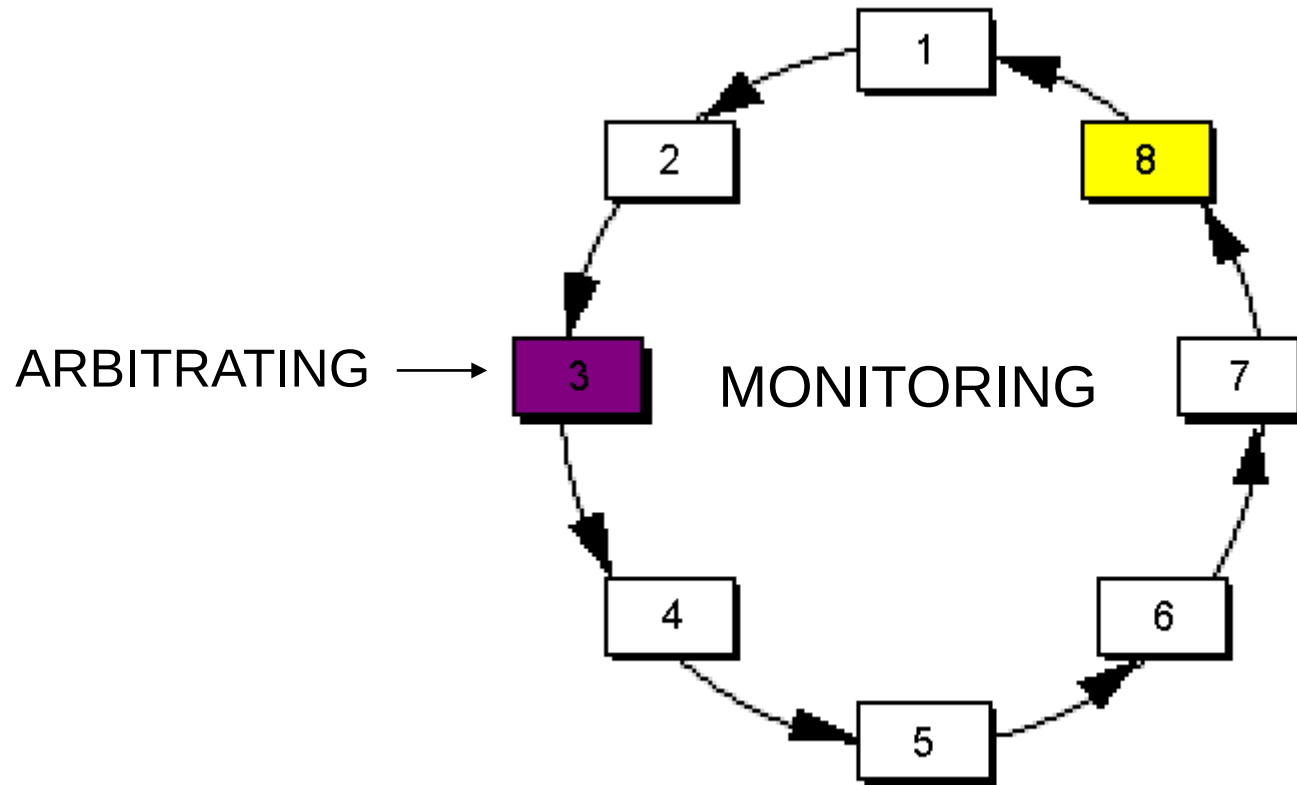
Передача сообщения



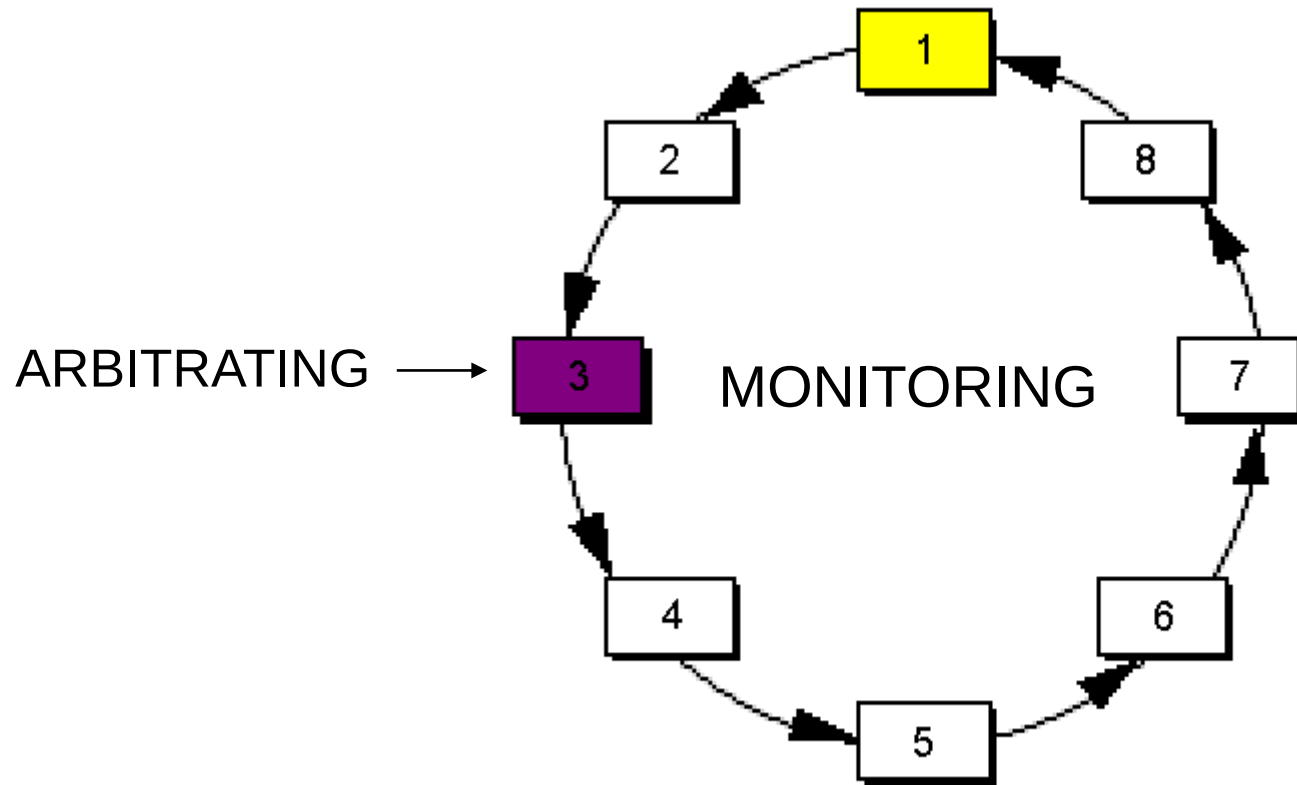
Передача сообщения



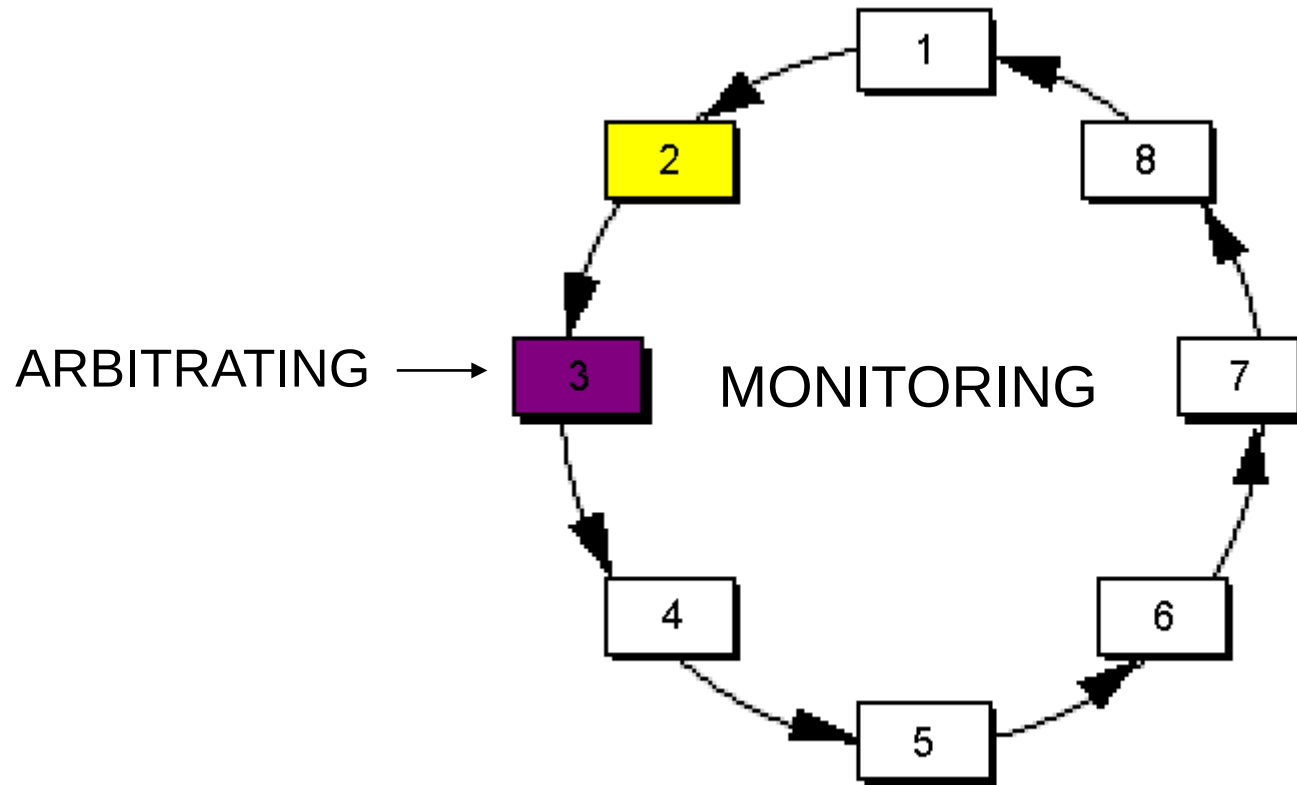
Передача сообщения



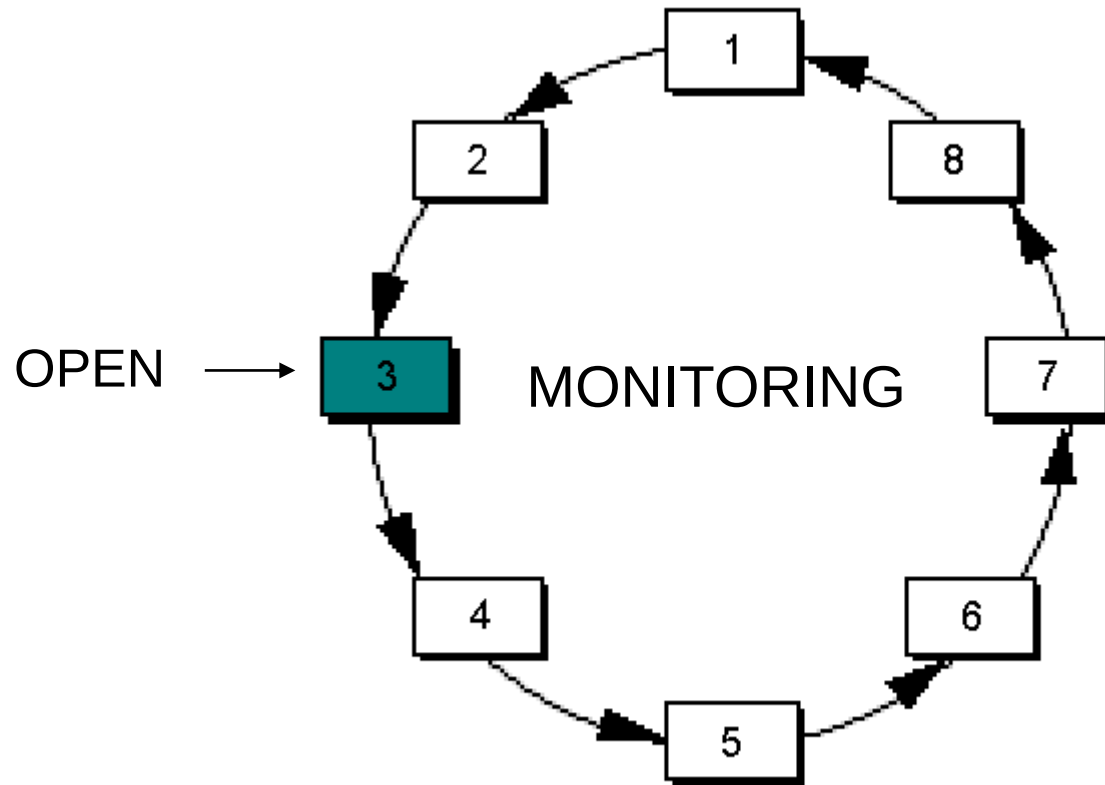
Передача сообщения



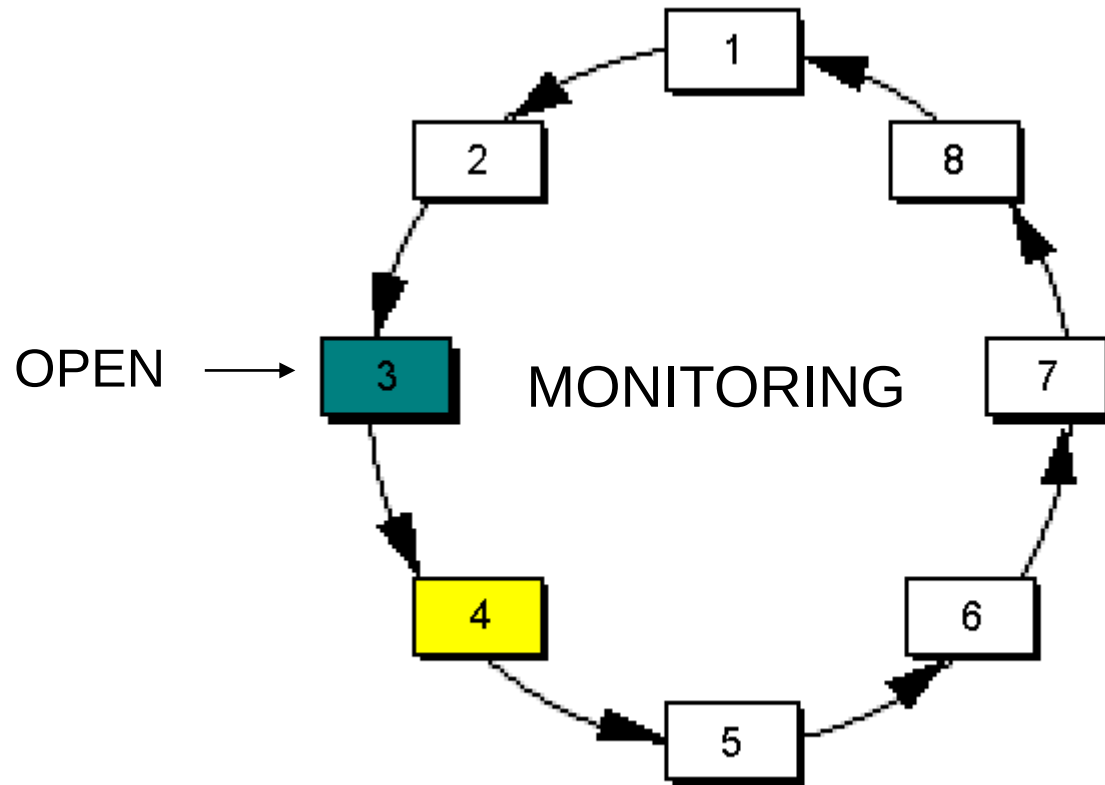
Передача сообщения



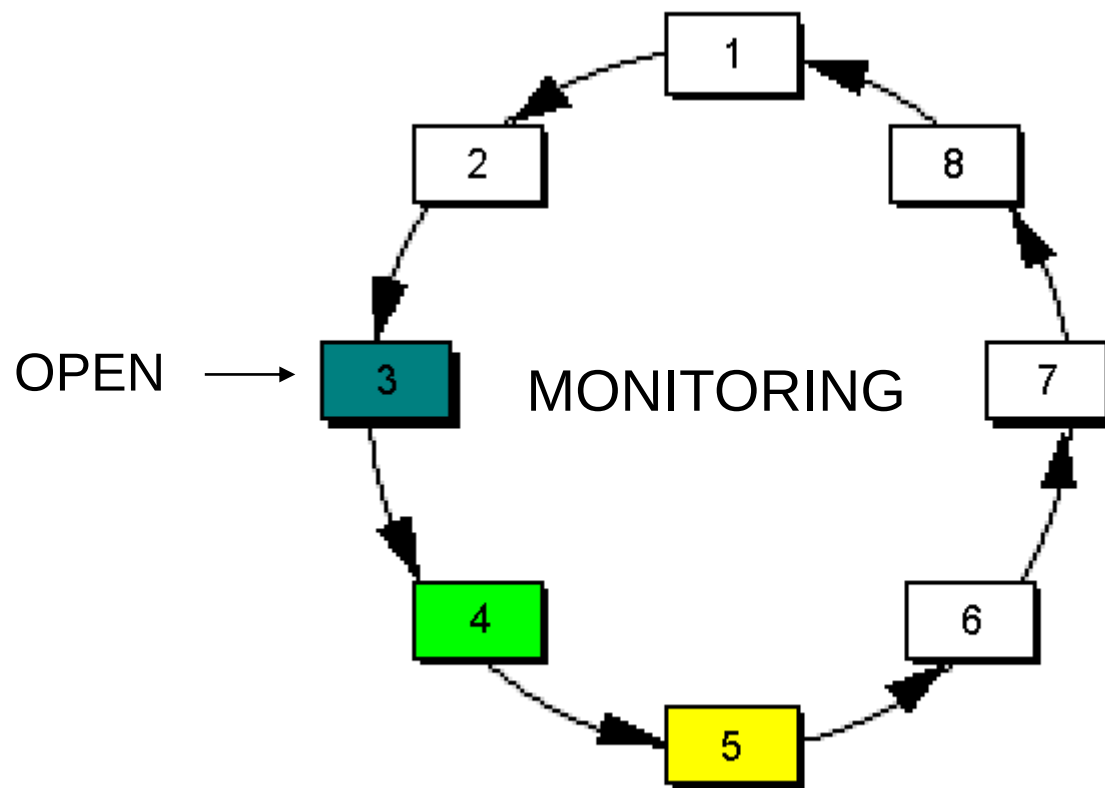
Передача сообщения



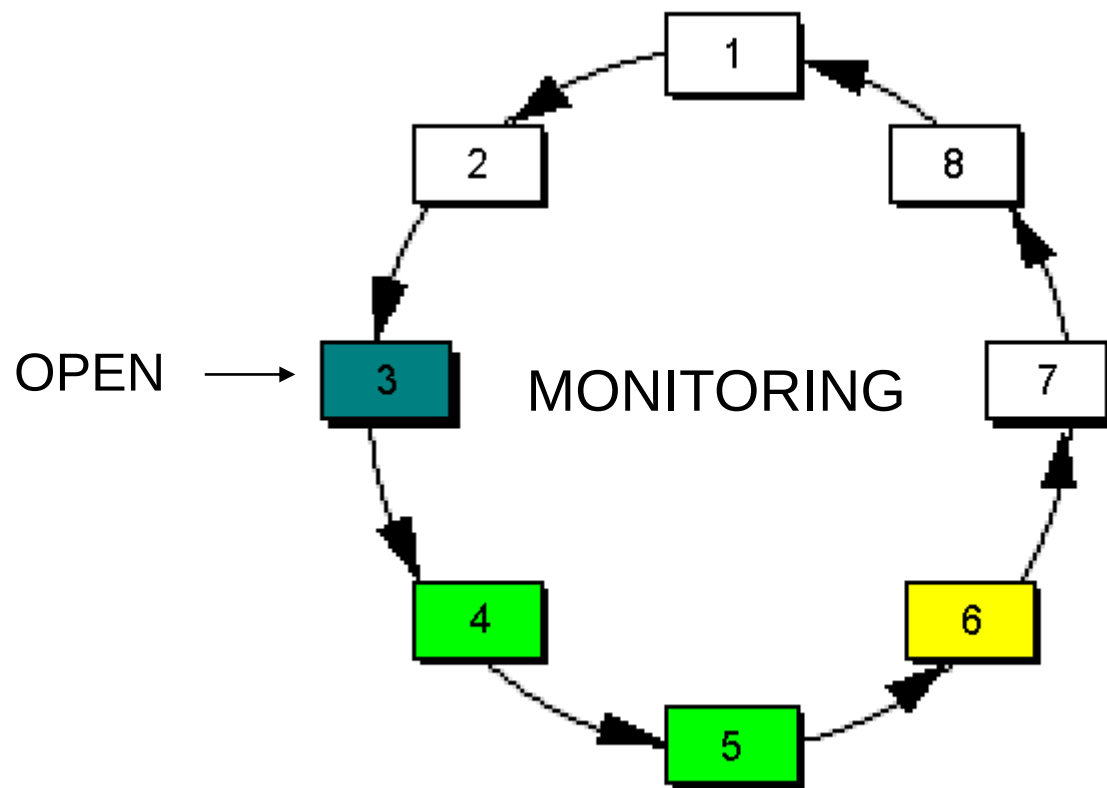
Передача сообщения



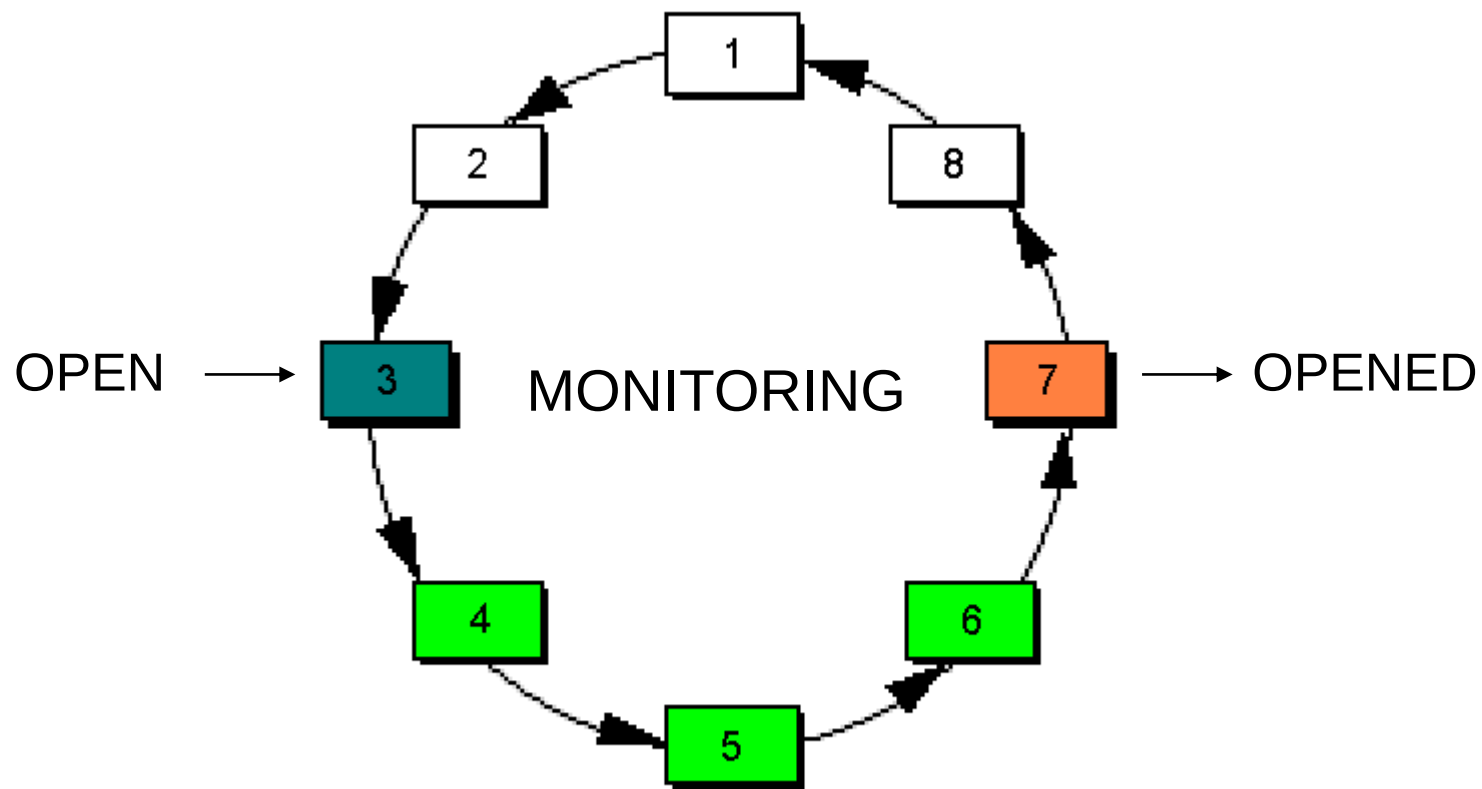
Передача сообщения



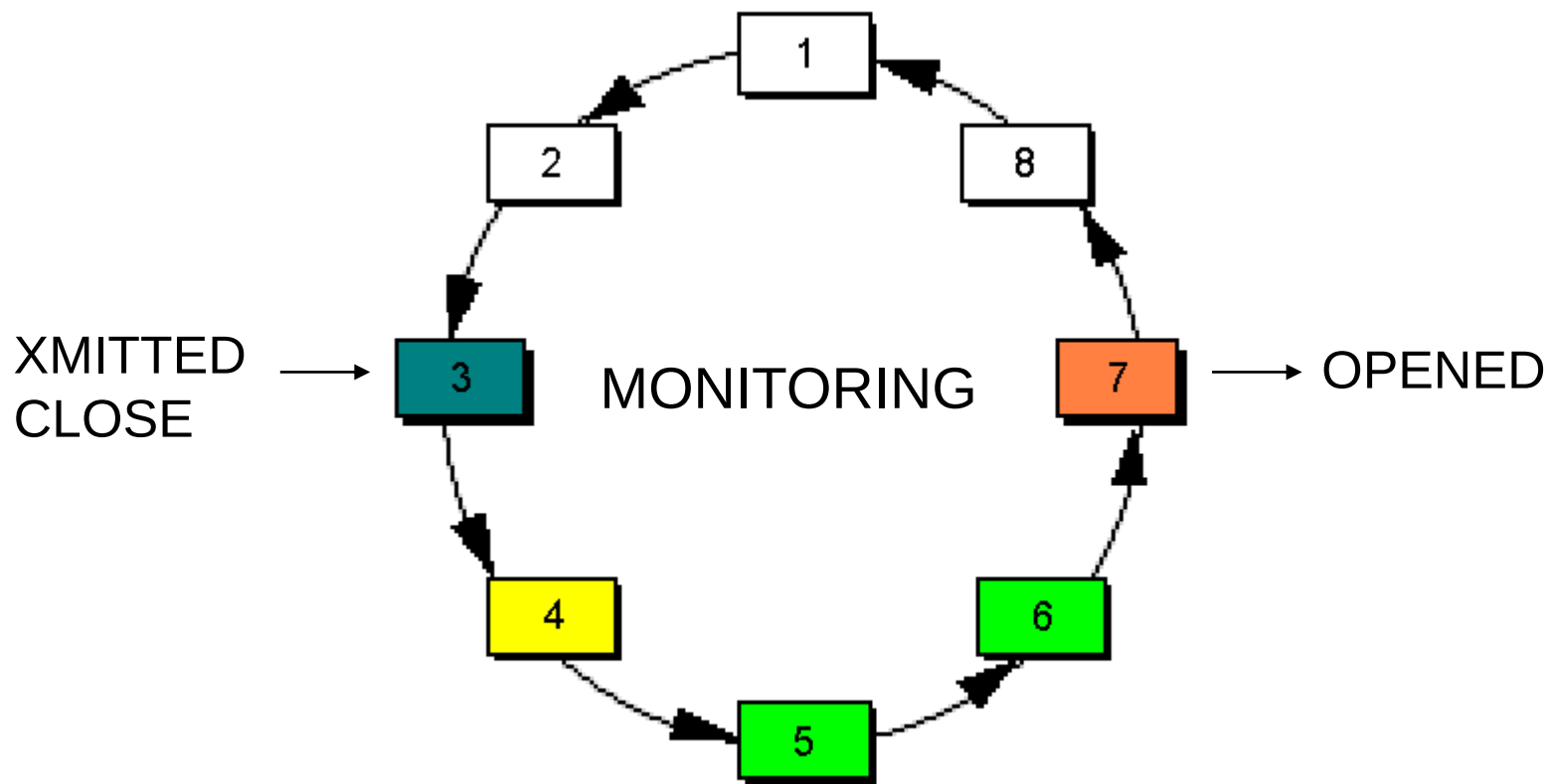
Передача сообщения



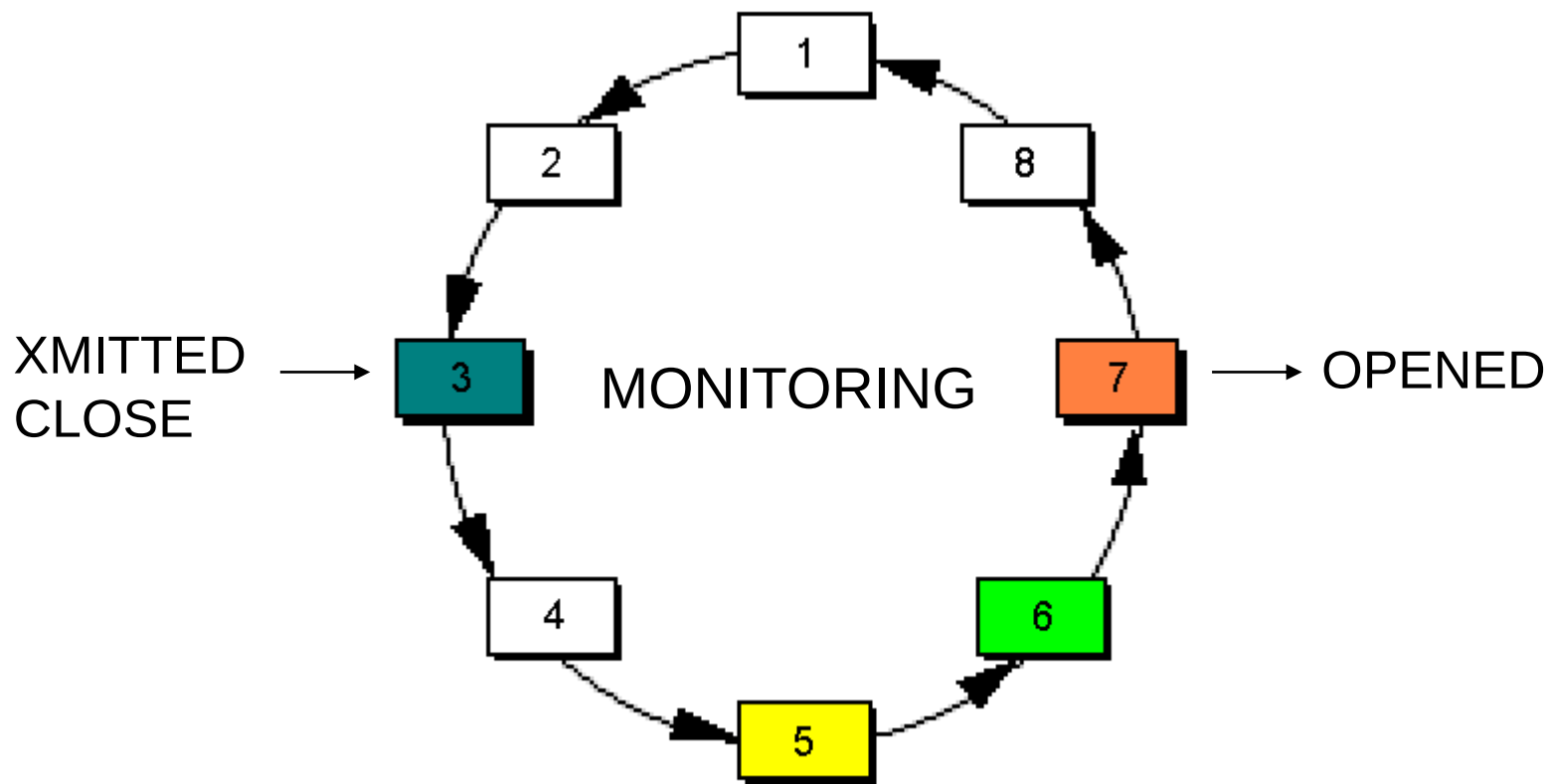
Передача сообщения



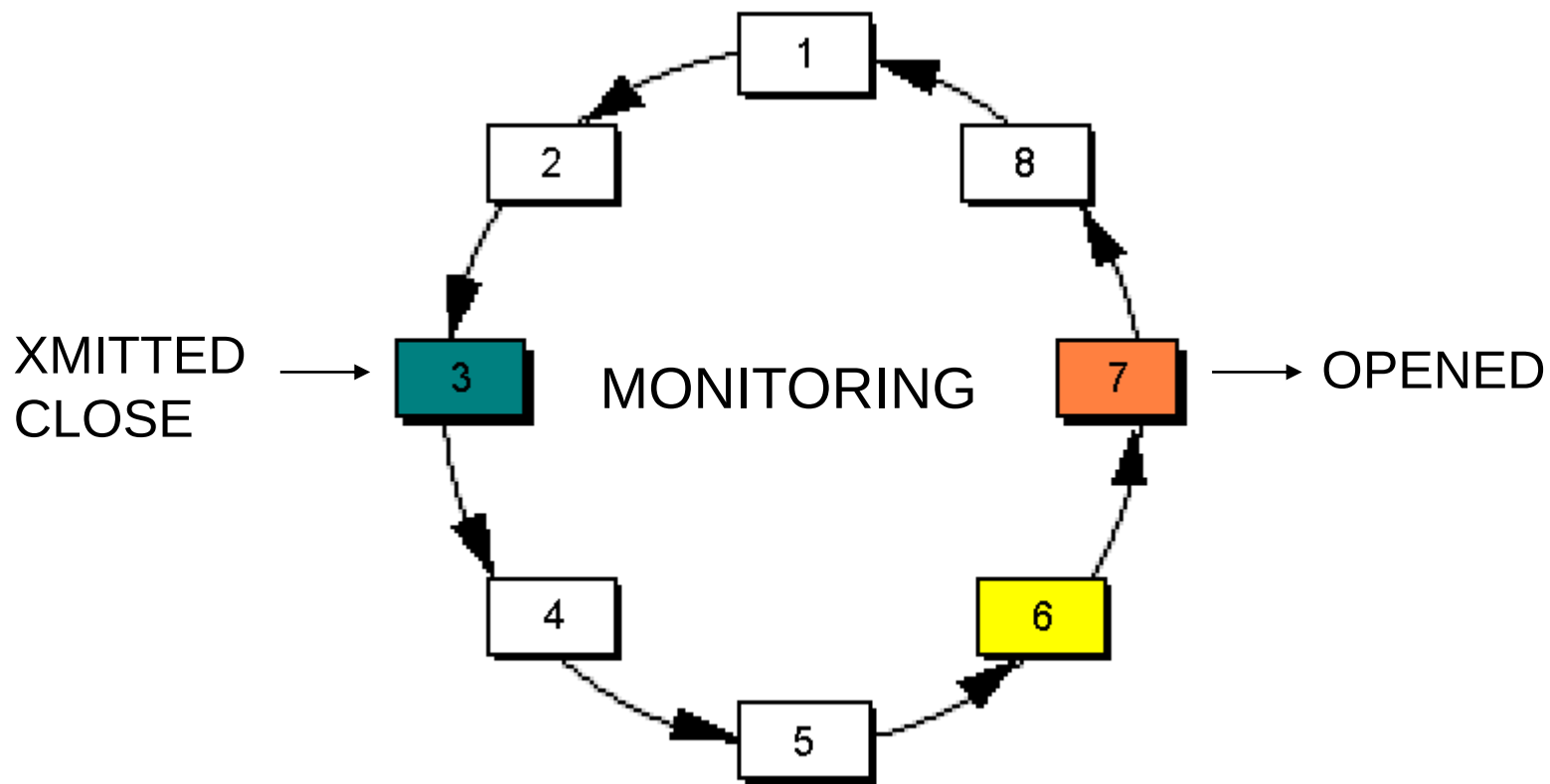
Передача сообщения



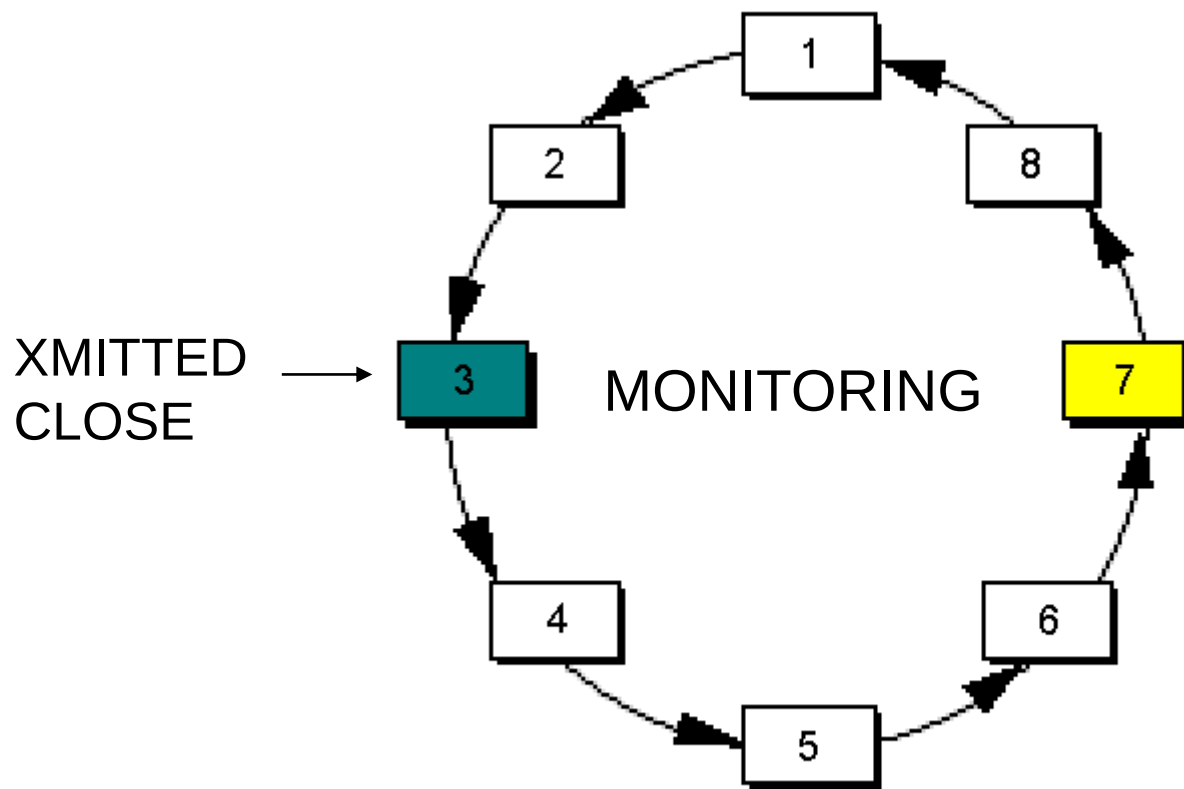
Передача сообщения



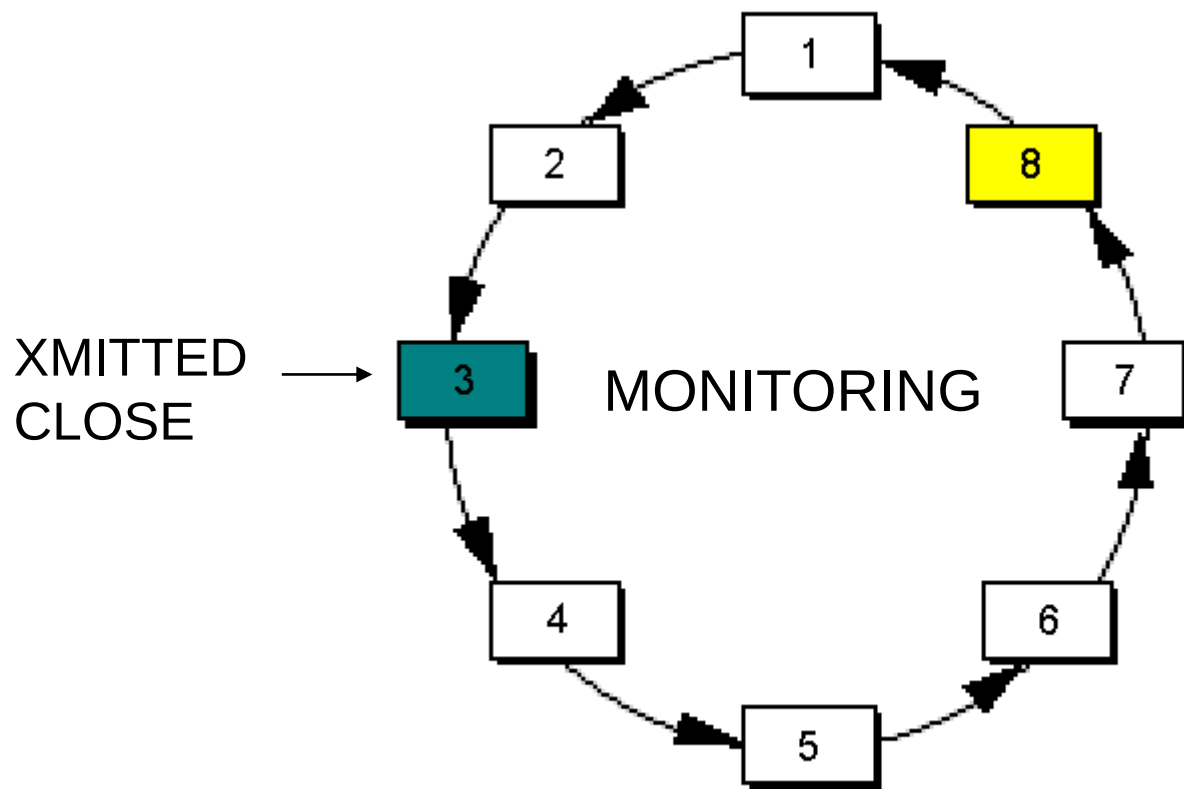
Передача сообщения



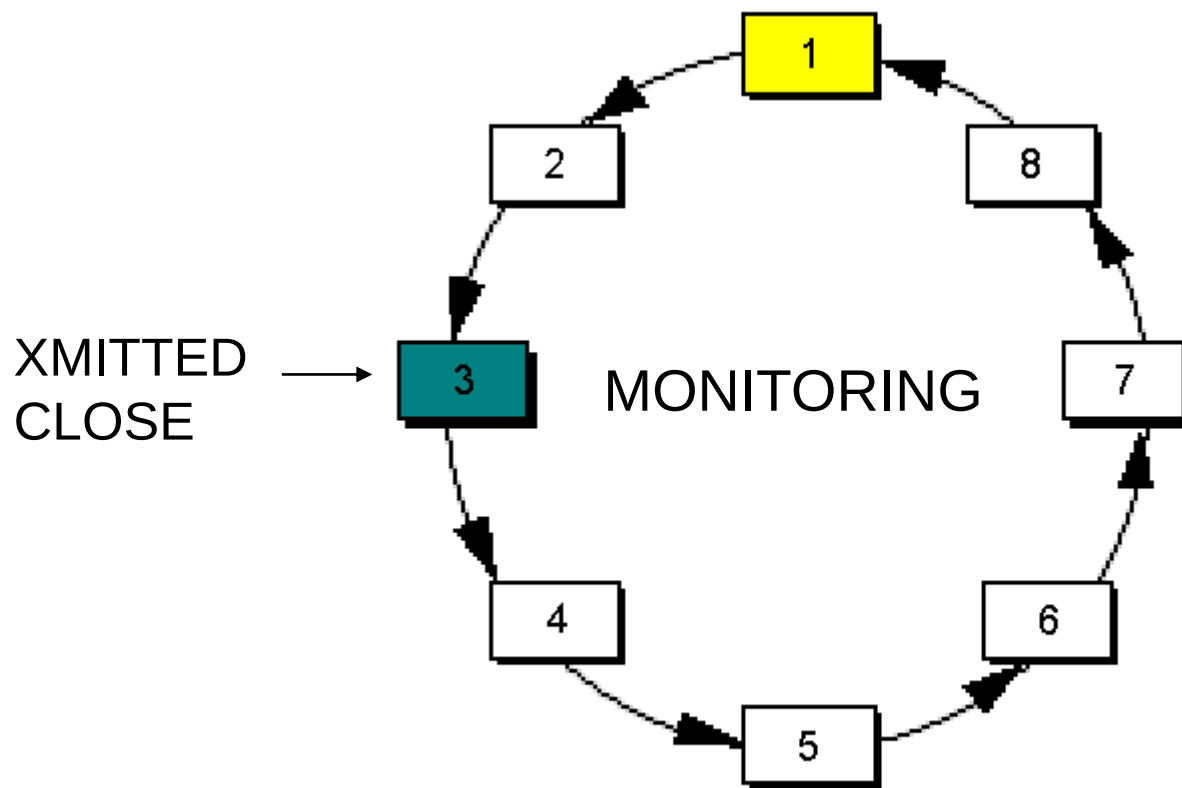
Передача сообщения



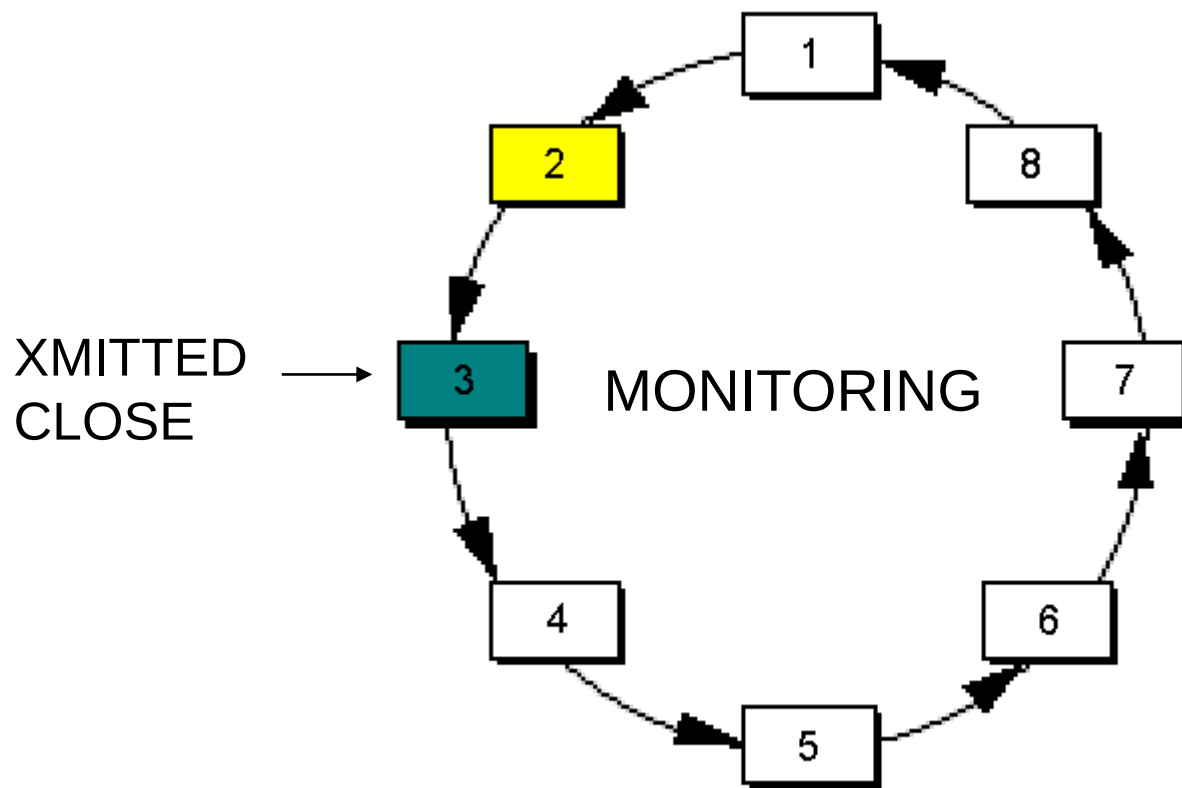
Передача сообщения



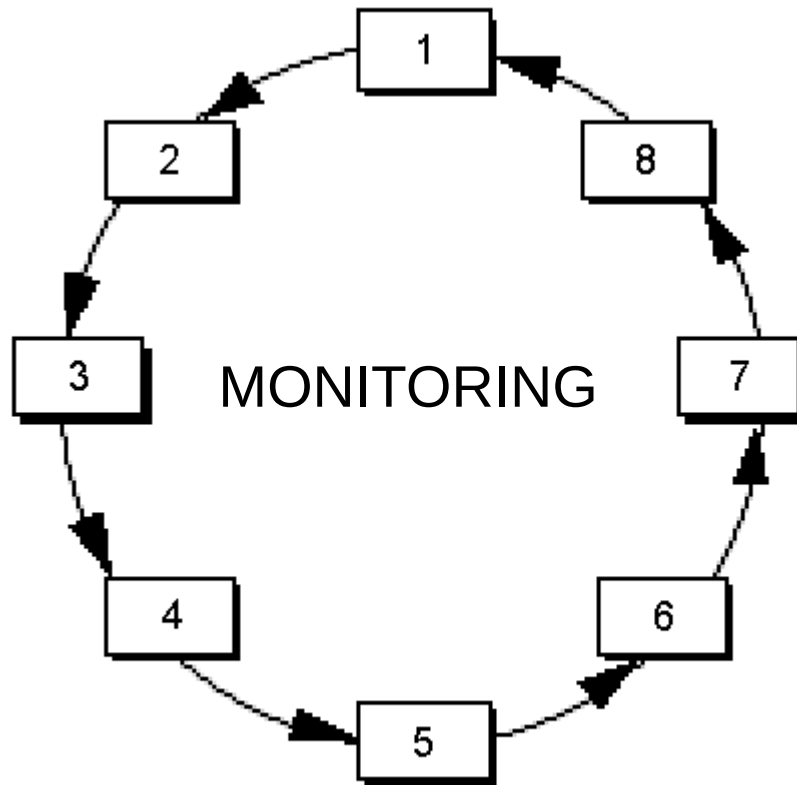
Передача сообщения



Передача сообщения



Передача сообщения

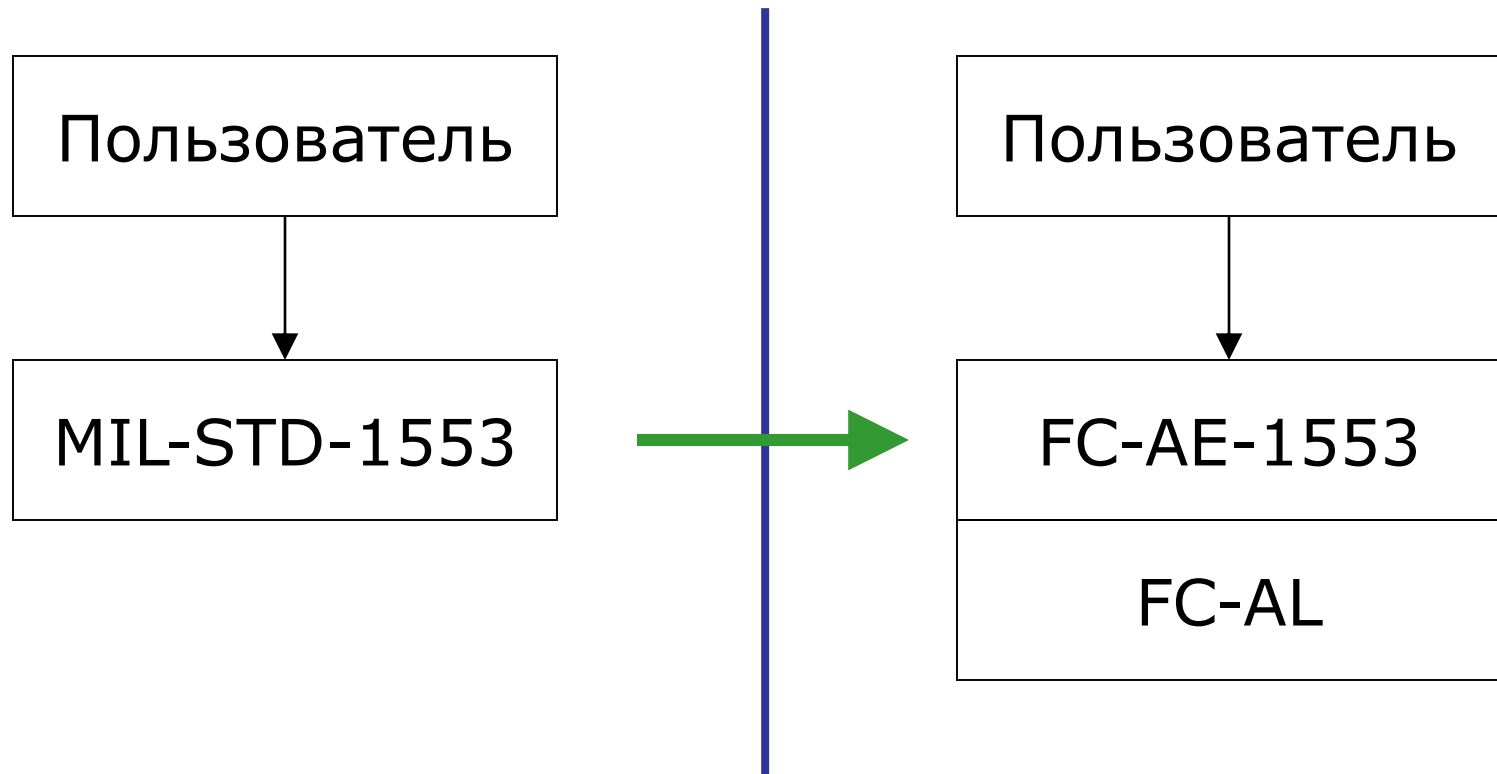


Протокол FC-AE-1553

- Протокол FC-AE-1553 является протоколом верхнего уровня 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 с арбитражем.

Протокол FC-AE-1553

протокол верхнего уровня для отображения на
Кольцо с арбитражем архитектуры
MIL-STD-1553



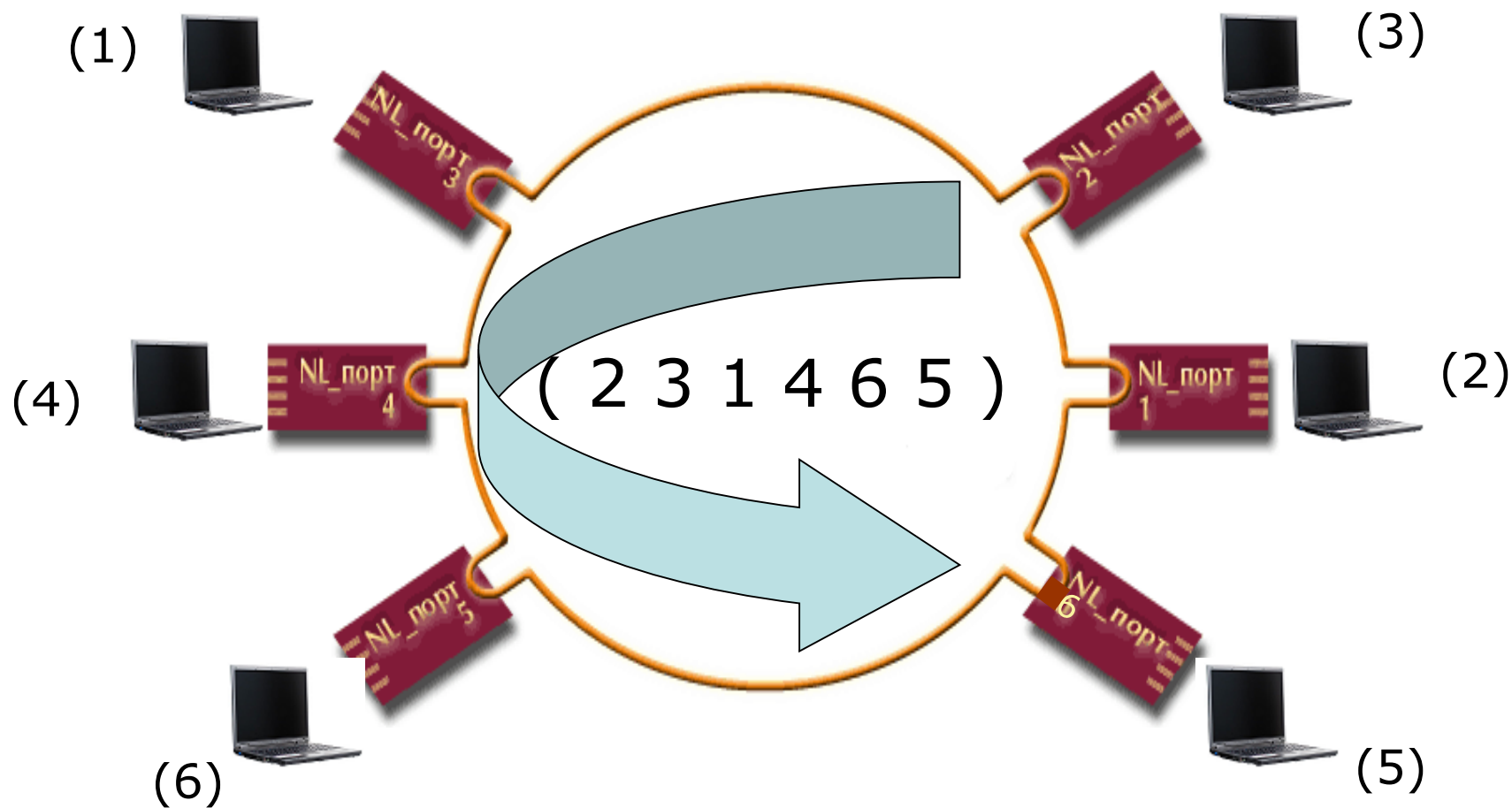
Протокол FC-AE-1553

- 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.

Далее...

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