

ЛЕКЦИЯ № 9

Функции уровней ОКС-7

Функции, выполняемые архитектурными уровнями ОКС-7, соответствуют функциям семиуровневой модели ЭМВОС.

На рисунке 1 приведена развернутая схема трех нижних уровней ОКС-7, демонстрирующая основные функции каждого уровня и их взаимодействие.

Уровень 1 – МТР-1 – Физический уровень подсистемы передачи сообщений. В терминологии ОКС-7 называется Звеном Данных Сигнализации (Signaling Data Link – SDL).

Представляет собой двунаправленный, дуплексный тракт передачи данных, выделенный в телефонной сети для сигнализации. Определяет конструктивные, физические, электрические, функциональные характеристики звена данных сигнализации. Функции описаны в рекомендациях: Q.702; G.703...G.707.

Функции МТР-1 реализуются цифровым каналом системы передачи (64 кбит/с в PDH или SDH) и оконечным оборудованием, формирующим интерфейс с сигнальными терминалами (групповой линейный блок, например LTG в EWSD, или ETC в AXE-10, полупостоянное соединение в коммутационном поле, мультиплексор, например MUX в EWSD, или PCDD в AXE-10). Допускается аналоговый вариант канала передачи с модемом 4,8 кбит/с.

Каналы передачи могут быть наземными или спутниковыми.

Функции протоколов 2-го уровня ОКС-7 (МТР-2)

Уровень 2 – МТР-2 – Канальный уровень МТР (рекомендация Q.703). В терминологии ОКС-7 называется Звеном Сигнализации (**Signaling Link – SL**).

На этом уровне определены функции и процедуры управления обменом сигнальными единицами на одном звене сети ОКС, обеспечивающие **достоверный обмен информацией по звену сигнализации между двумя непосредственно связанными SP.**

Согласно Q.703 на 2-м уровне ОКС реализуются следующие функции:

1. образование СЕ;
2. фазирование по СЕ (определение границ и синхронизация СЕ);
3. исключение имитации флагов с помощью вставки битов (бит-стаффинг);
4. обнаружение ошибок (по проверочным битам и другим признакам);
5. исправление ошибок путем повторной передачи искаженных MSU;
6. контроль состояния SL по коэффициенту ошибок и обнаружение отказов звена;
7. контроль за перегрузкой SL;
8. вхождение в связь (восстановление звена после отказов);
9. управление потоками (с помощью приоритетов второго уровня).

Для выполнения перечисленных функций на 2-м уровне имеются следующие функциональные блоки (рисунок 1):

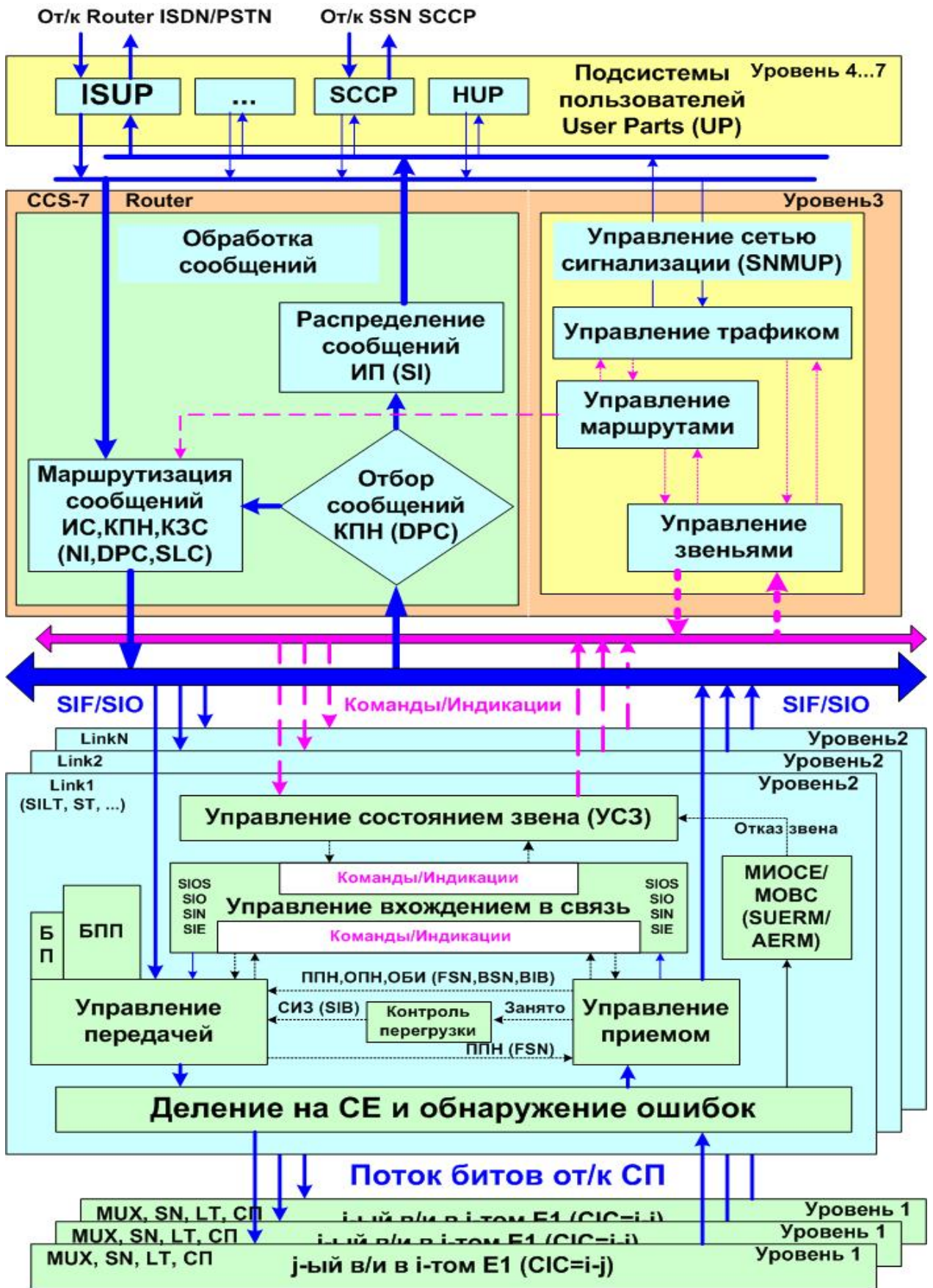


Рисунок 1 – Функциональные блоки МТР

Функциональные блоки МТР-2

- Блок деления на СЕ и обнаружения ошибок;
- Блок управления передачей;
- Блок управления приемом;
- Блок управления состоянием звена (УСЗ)
- Блок управления входением в связь (фазированием) – УВС;
- Блок мониторов ошибок (МИОСЕ/МОВС);
- Блок управления перегрузками;
- Буфер повторной передачи (БПП);
- Буфер передачи (БП);

Рабочими органами этих блоков являются:

- поля СЕ, формируемые и/или обрабатываемые этими блоками;
- сигнальные единицы типа LSSU (СЗСЕ) и FISU (ЗПСЕ);
- вторичные параметры, вычисляемые при обработке СЕ (например, интенсивность ошибок);
- таймеры 2-го уровня;
- пороги 2-го уровня;
- приоритеты 2-го уровня.

Оборудование и ПО звена сигнализации обычно реализуется с помощью специальной СБИС звеньевоего контроллера, который непосредственно включается в канал передачи с одной стороны и в устройство, выполняющее функции маршрутизации (уровень 3) с другой стороны.

Все перечисленные функции выполняются независимо в каждом звене сигнализации, что отражено на рис.1 в виде многослойного 2-го уровня, причем за каждым блоком, выполняющим функции 2-го уровня, закреплен свой временной интервал системы передачи, выполняющей функции 1-го уровня.

Функции МТР2 и протоколы для цифровых звеньев других типов, например HDLC (High-level Data Link Control), имеют как общие черты, так и различия. Последние связаны с необходимостью быстро реагировать на сбои в сети.

Сообщения (индикаторы) протоколов МТР-2

Формат и коды байта состояния звена сигнализации приведены в табл.1 и 2.

Таблица 1 - Формат поля состояния звена сигнализации (ПСО – SF)

Поле состояния – ПСО (SF)		
2-й байт ПСО		1-й байт ПСО
Н G F E D C B A	Н G F E D	С B A
Не используются	Резерв	Индикация состояния
8 бит	5 бит	3 бита
Первый передаваемый бит		



Таблица 2 - Значения (коды) индикаторов состояния звена сигнализации (SF)

XXXXX	СВА	ЗНАЧЕНИЕ
РЕЗЕРВ	000	Индикация состояния звена "O"(SIO) - состояние "Отключено"
	001	Индикация состояния звена "N"(SIN) - состояние "Нормальное фазирование"
	010	Индикация состояния звена "E"(SIE) - состояние "Аварийное фазирование"
	011	Индикация состояния звена "OS"(SIOS) - состояние " Не работает"
	100	Индикация состояния звена "PO"(SIPO) - посылается, когда местный процессор отключен
	101	Индикация состояния звена "B" (SIB) - посылается, когда принимающий буфер занят

Путь сигнальных единиц через уровень 2.

1. SU - Приняты без ошибок

Блок обнаружения флага и ошибки обрабатывает только **флаг** и **проверочные биты**. После обнаружения открывающего флага этот блок удаляет из СЕ 0-е биты, вставленные на передающей стороне для исключения имитации флага. Затем в этом блоке производится вычисление ПБ в принятой СЕ и сравнение их с переданными ПБ.

Процедура обнаружения ошибок по ПБ, заключается в следующем:

1. На передающей стороне блок обработки ПБ производит деление всей битовой последовательности, содержащейся в СЕ, начиная от открывающего флага до поля ПБ, на известный в каждом SP порождающий полином вида:

$$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1,$$

что соответствует двоичной комбинации: 1000100000010001

2. Остаток от деления с небольшой модификацией записывается в поле проверочных битов. Содержимое этого остатка уникально и однозначно связано с содержимым делимой битовой последовательности
3. Приемная сторона (блок обработки ПБ) производит аналогичные вычисления над принятой битовой последовательностью и получает свой остаток от деления.
4. Полученный остаток сравнивается с остатком, "привезенным" с передающей стороны.
5. Если результаты сравнения совпадают, то данная СЕ считается правильно принятой, и все поля кроме уже обработанных (флагов и ПБ) передаются в блок управления приемом для дальнейшей обработки.
6. Если результаты сравнения не совпадают, то данная СЕ считается искаженной, она не обрабатывается (игнорируется, стирается), а в блок управления приемом передаются только поля FSN, BSN, BIB.

Этот блок производит обработку поля LI, а FSN, BSN и BIB посылаются в блок управления передачей. Блок управления передачей удаляет соответствующую SU (BSN / BIB) из буфера повторной передачи (БПП) и подтверждает принятую SU (FSN).

Блок управления приемом определяет по **LI** тип **CE**. Если принятая **CE** относится к типу **MSU**, то на 3-й уровень передается только содержимое поля сигнальной информации (**SIF**) и идентификация пользователя (**SIO**).

Сигнальные единицы **LSSU** с **LI=1** или **2** передаются в **блок управления состоянием звена сигнализации (УСЗ)** и **УВС**. Эти блоки анализируют **LSSU** и информируют систему управления сигнальной сетью (**УСС**) на 3-м уровне. В системе **УСС** инициализируются дальнейшие мероприятия.

2. Принятая **SU** является искаженной.

Блок, выполняющий функцию обнаружения ошибки (по **ПБ**), игнорирует содержимое искаженной **SU** и она не направляется в блок управления приемом (точнее, туда передаются только поля **FSN**, **BSN** и **BIB**). Об обнаруженной ошибке сообщается блоку контроля за частотой ошибок - **МИОСЕ (SUERM - Sign. Unit Error Rate Monitoring)**.

Процедуры МТР-2

1. Контроль интенсивности ошибок (error rate monitoring).

Мониторинг ошибок.

В **ОКС №7** применяются два типа мониторов интенсивности ошибок звена сигнализации.

1. *Монитор интенсивности ошибок в сигнальных единицах - **МИОСЕ (Signal Unit Error Rate Monitor, SUERM)*** функционирует в действующем звене сигнализации и поддерживает критерии отключения звена при высокой интенсивности ошибок (т.е. ведется подсчет интенсивности ошибок, когда **ЗС** находится в нормальной работе).
2. *Монитор интенсивности ошибок фазирования - **МОВС (Alignment Error Rate Monitor, AERM)*** используется на стадии выполнения звеном сигнализации процедур начального фазирования и обеспечивает отключение звена в случае высокой интенсивности ошибок во время начального фазирования (т.е. ведется подсчет интенсивности ошибок, когда **ЗС** находится в состоянии периода проверки при процедуре вхождения в связь).

О каждой ошибке передачи сообщается блоку **МИОСЕ**, принцип работы которого характеризуется термином "протекающее ведро", т. е. подсчет **CE** с ошибкой и без ошибок путем добавления и вычитания "1" к содержимому реверсивного счетчика. Начальное значение счетчика равно "0". Если частота ошибок превышает пороговое значение (32...64), то блок **МИОСЕ** вырабатывает сигнал "отказ звена", на который реагирует **блок управления состоянием звена сигнализации (УСЗ)**.

Система управления сигнальной сетью (на 3-м уровне) оповещается об отказе **звена сигнализации** (блокируется посылка **MSU** на 2-й уровень). Телефонная станция **В** информирует станцию **А** об отказе звена сигнализации путем постоянной посылки **LSSU**, которая имеет тип **SIOS** (**СИНР** - не работает, не обслуживается).

Индикатор состояния "**Не обслуживается**" (**SIOS**) предназначается для инициализации процесса **нового фазирования**.

Впоследствии станция **A** также передает **SIOS** и начинается процедура **фазирования**, во время которой подсчетом интенсивности ошибок занимается блок **МОВС**, принцип работы которого основан на линейном подсчете ошибок. Начальное значение счетчика = 0. Когда содержимое счетчика достигает порога T_i , этот конкретный период проверки прекращается. Если проверка прекращается M раз, звено переходит в состояние "Не работает".

2. Управление перегрузками

Блок управления перегрузками обнаруживает, что в блоке управления приемом получено больше **MSU**, чем может быть передано **уровню 3**. Реакция блока управления перегрузками заключается в посылке **LSSU** типа **SIB** (индикатор состояния "Занято" - СИЗ) в противоположном направлении в течение не более $T_6=6$ сек с интервалами $T_5=100$ мс.

Дальнейшая посылка **MSU** запрещается (**MSU** направляются в буфер).

При заполнении буфера передачи **подсистеме пользователей (уровень 4)** **рекомендуется** временно снизить количество сообщений.

Приемный конец при перегрузке задерживает также подтверждения для всех поступающих сигнальных единиц. Из-за отсутствия подтверждений передающий конец не отключает звено сигнализации. Однако если состояние перегрузки продолжается слишком долго (более 6 с), то передающий конец считает такое звено поврежденным.

Система управления сигнальной сетью дает указание пользователям уменьшить поток сообщений, если обнаружена перегрузка в блоке управления передачей (т.е. на **уровне 4** генерируется больше **MSU**, чем может быть передано по **звену сигнализации**).

Для уменьшения нагрузки пользователи (например, телефонные пользователи **ISUP**) уменьшают число установленных соединений (некоторые запросы на обслуживание получают отказ).

3. Управление работой звена сигнализации

Уровень **МТР2** передает индикатор состояния «процессор отключен» (Signaling Indication Processor Outage, SIPO) как при непосредственном обнаружении сбоев на следующем уровне (**МТР3**), так и при поступлении соответствующего индикатора от **МТР3**. При получении индикатора SIPO удаленный конец блокирует передачу сигнальных сообщений к **МТР3** и выше. Индикация состояния «процессор отключен» передается от удаленного конца **МТР2** к **МТР3** в составе сигнальных единиц **LSSU**. Уровень **МТР3** производит маршрутизацию трафика в соответствии с процедурами управления сетью, описанными в лекции № 11.

4. Вхождение в связь - начальное фазирование (initial alignment).

Передача пользовательских сообщений через звено сигнализации и их прием осуществляются в режиме жесткой синхронизации между передающими и приемными блоками пунктов сигнализации. По этой причине перед вводом звена сигнализации в работу осуществляется начальное фазирование.

Процедура **начального фазирования - вхождения в связь** выполняется в случае, когда **звено сигнализации** впервые вводится в действие или восстанавливается после отказа звена.

Эта процедура основана на вынужденном обмене информацией о состоянии звена между смежными SP в течении определенного периода проверки. При вхождении в связь по данному звену не используются никакие другие звенья - обмен производится только по звену, которое вводится в связь.

Каждая стадия фазирования имеет специальный тип **индикатора состояния**, которые передаются в сигнальных единицах состояния звена (Link Status Signal Units – LSSU).

Фазирование производится изменением индикаторов состояния звена сигнализации.

При сбое синхронизации, оба сигнальных пункта продолжают высылать LSSU с индикацией **SIOS** до тех пор, пока на **уровне 3** не начинается процедура **начального фазирования**.

Процедура **начального фазирования** (настройки) может быть инициирована любым SP. Процедура **полностью выполняется на уровне 2**, однако **инициируется она на уровне 3**.

При запуске начального фазирования блок УВС на инициализирующей стороне вызывает блок управления передачей для отправки LSSU с индикатором состояния **SIO – СИО** ("отключено") – пусть это будет сторона В (см. рис. 2).

Когда фазирование началось и первый сигнал **SIO** принят стороной А, отсюда посылается LSSU типа **SIN** = индикатор состояния "**Нормальное фазирование**"-СИН и начинается тестовый период, во время которого стороны обмениваются LSSU типа SIN (СИН) и блоком МОБС (AERM) ведется подсчет SU с ошибкой до порогового значения $T_{и}=4$.

После контрольного периода (test period) $T_{ин}=8,2$ сек, что соответствует времени передачи 2^{16} байт или $2^{19}=520\ 000$ бит по звену ОКС №7 со скоростью 64 кбит/с, принимается решение о том, можно ли звено ввести в нормальную работу. Т.е принимается попытка оттестировать звено с вероятностью ошибки **$P_{ош}=8*10^{-6}$** .

Блок УВС записывает любые сигнальные ошибки, встретившиеся во время периода испытания и определяет, может ли звено сигнализации быть использовано для нормальной работы. Блок УВС отчитывается по результатам периода испытания перед уровнем 3.

После успешного завершения процедуры фазирования на обоих окончаниях звена сигнализации происходит обмен **FISU** до тех пор, пока не поступит первая значащая сигнальная единица **MSU**. Если период испытания дает отрицательный результат, начальное фазирование может быть повторено.

Начальное фазирование может также быть выполнено в аварийной (короткой) форме. Аварийное фазирование может применяться, например, когда нефазированное резервное звено сигнализации должно быть срочно введено в работу.

Если отказавшее **звено сигнализации** было **последним** или **единственным звеном в пучке звеньев**, также выполняется процедура **аварийного вхождения в связь (фазирования)** с контрольным временем $T_{иа}=0,5$ сек.

Это соответствует времени передачи 2^{12} байт или $2^{15} = 32\,768$ бит по звену ОКС-7 со скоростью 64 кбит/с. Т.е. предпринимается попытка оттестировать звено с вероятностью ошибки $P_{ош} = 3 \cdot 10^{-4}$.

Аварийная процедура не отличается от процедуры начального фазирования за исключением того, что вместо LSSU типа SIN, высылаются LSSU типа SIE = индикатор состояния “Аварийное фазирование” - СИА и пороговое число попыток аварийного фазирования $M_a = 1$. Однако, период испытания уменьшается до 0,5 с для звена сигнализации с 64 Кбит/с, уменьшаются и требования для интенсивности ошибок и качества фазирования.

Если же успешное начальное фазирование звена сигнализации не может быть завершено и сигнальные единицы не могут быть обработаны, то вместо заполняющих сигнальных единиц посылаются сигнальные единицы состояния звена, содержащие SIOS. В этом случае звенья сигнализации выводятся из работы и процедура фазирования перезапускается.

В случае, если в процессе работы принимающее звено обнаруживает у себя состояние перегрузки, когда не могут быть посланы ни отрицательное ни положительное подтверждения, оно посылает удаленному звену индикацию состояния “Занято” (SIB), что позволяет сделать различие между ситуациями перегрузки и отказа.

В случае положительного результата можно возобновить посылку и прием MSU. В случае отрицательного результата процедура начального фазирования повторяется снова. Пороговое число попыток нормального фазирования $M_n = 5$.

Итак, рассмотрим процесс фазирования по этапам:

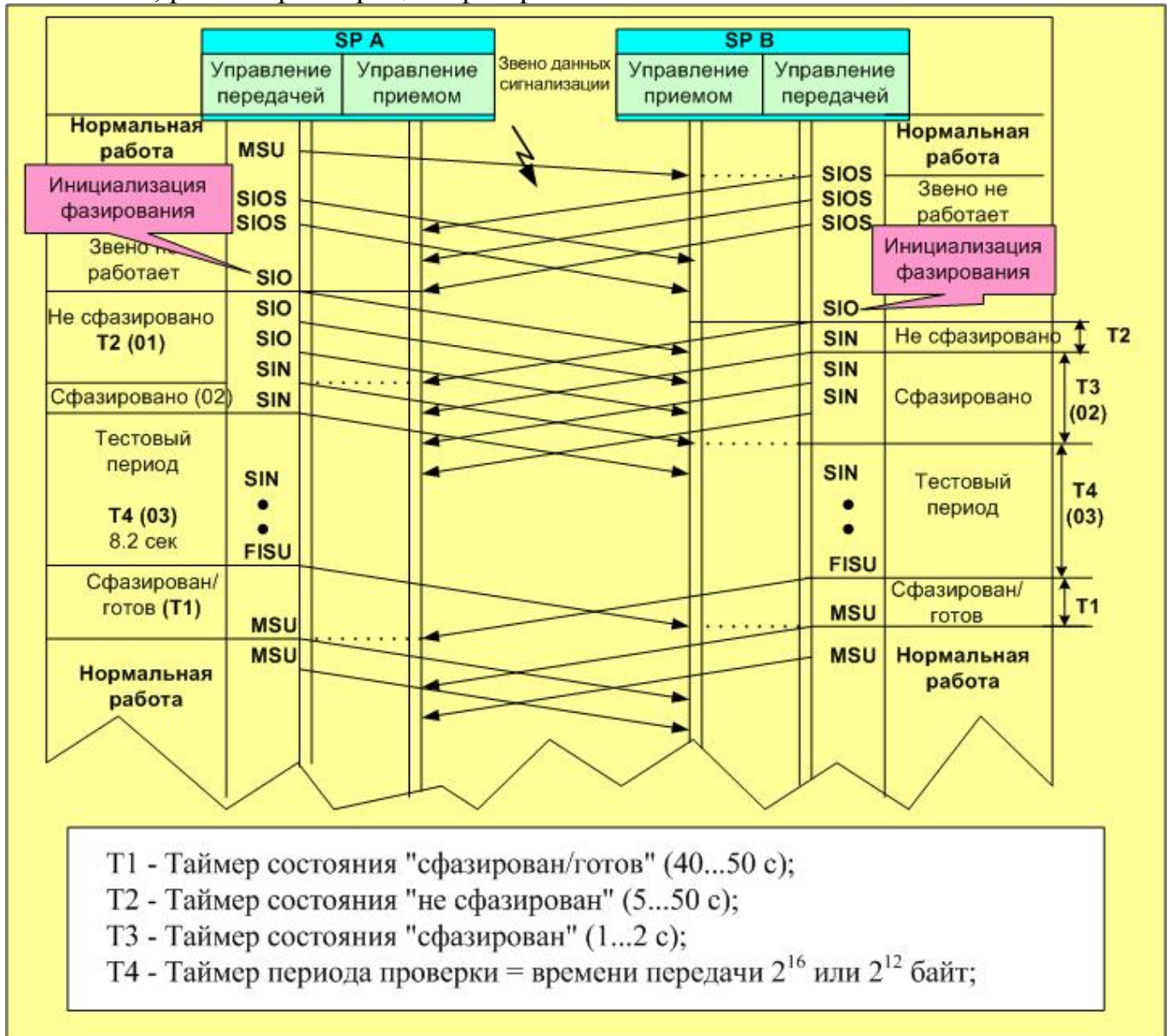


Рисунок 2 – Фрагмент удачного завершения процедуры фазирования

1. Звено находится в нормальном режиме работы (состояние 00). Идет обмен MSU
2. После приема очередной **искаженной MSU**, превышаете порог МИОСЕ (при нормальной работе величина этого порога лежит в пределах 32...64). Звено переходит в состояние «Звено не работает». В направлении SP B высылает LSSU типа SIOS. Ответом на LSSU типа SIOS является LSSU того же типа. Длительность нахождения в этом состоянии определяется процедурами и таймерами на 3-м уровне.
3. Оба SP продолжают передачу SIOS до тех пор, пока на уровне 3 не начинается процедура **начального фазирования**.
4. Та сторона, на которой произведен старт **начального фазирования**, высылает сигналы LSSU-SIO, и звено переходит в состояние 01 (не сфазировано), определяемое таймером T2.

5. После приема сигналов **SIO**, звено переходит в состояние 02 (сфазировано) и в направлении смежного SP высылаются **LSSU** типа **SIN** (индикатор состояния "Нормальное фазирование"). Длительность нахождения в этом состоянии определяется таймером T3.
6. По сигналу **SIN** начинается контрольный (тестовый) период (состояние 03).
7. Во время контрольного периода происходит обмен сигнальными единицами **LSSU** типа **SIN** в течение T4н (нормальное фазирование) или **LSSU** типа **SIE** в течение T4а (аварийное фазирование).
8. В случае удачного завершения контрольного периода, звено переходит в состояние 04, определяемое таймером T1. В течение этого периода идет обмен **FISU**.
9. По истечении таймера T1 звено переходит в нормальный режим работы (состояние 00). SP A и SP B снова могут обмениваться **MSU**.

5. Процедуры коррекции (исправления) ошибок **(см. лекцию №10)**

Перечислим **таймеры**, используемые на 2-м уровне:

1. T1 - Таймер состояния "сфазирован/готов" (40...50 с);
2. T2 - Таймер состояния "не сфазирован" (5...50 с);
3. T3 - Таймер состояния "сфазирован" (1...2 с);
4. T4 - Таймер периода проверки = 2^{16} или 2^{12} времени передачи байтов;
5. T5 - Таймер "передача СИЗ" (80...120 мс);
6. T6 - Таймер "перегрузка на удаленном конце звена" (3...6 с);
7. T7 - Таймер "недопустимая задержка подтверждения" - для PCR (0.5...2 с);

На 2-м уровне используются также следующие **пороги**:

1. T - порог МИОСЕ (32...64);
2. Tин - порог МОВС при нормальном фазировании (Tин=4);
3. Tиа - порог МОВС при аварийном фазировании (Tиа=1);
4. N₁ - Максимальное число временных интервалов, доступных для повторной передачи (определяется емкостью нумерации ППН);
5. N₂ - Максимальное число байтов ЗНСЕ, доступных для повторной передачи (определяется общей задержкой петли канала).
6. M - Число периодов повторной проверки при вхождении в связь (Mн=5, Mа=1).