

**Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Анализ функциональной модели фрагмента  
оптической транспортной сети**

**Выполнила:** студентка группы ИКТУ-68  
Носова Н.В.

**Научный руководитель:**  
доцент кафедры ССиПД, Федорова Е.Л.

Санкт-Петербург  
2020

СПб ГУТ)))

# Цель и задачи работы

## Цель

- Изучение функциональной модели транспортной оптической сети, анализ временных задержек при использовании процедур отображения функций адаптации.

## Задачи

- Построить функциональную модель фрагмента оптической транспортной сети с трактами ODU2.
- Рассчитать временные задержки при использовании процедур отображения (AMP, BMP, GMP).

# Транспортные сети

Развитие технологий транспортных сетей:

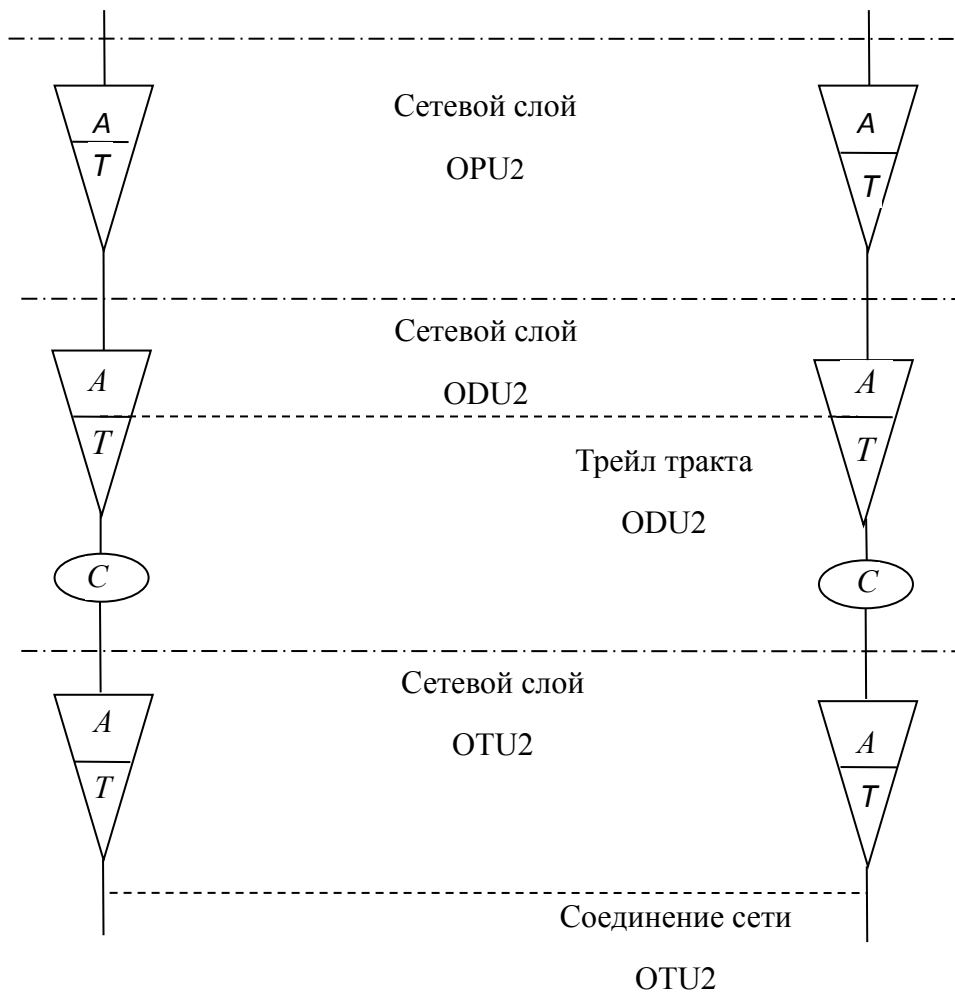
- Первая технология – Аналоговая
- Вторая технология – Плеззиохронная цифровая иерархия (PDH)
- Третья технология – Синхронная цифровая иерархия (SDH)
- Четвертая технология – Оптическая транспортная сеть (OTN)

# Компоненты архитектуры транспортной сети

- Топологические компоненты: сетевые слои, сети, подсети, линии.
- Функции: адаптации, завершения трейла, соединения.
- Контрольные точки: точки доступа, точки соединения, точки завершения соединения и другие.
- Транспортные объекты: трейлы трактов, секций и соединения сетей, подсетей и линий.

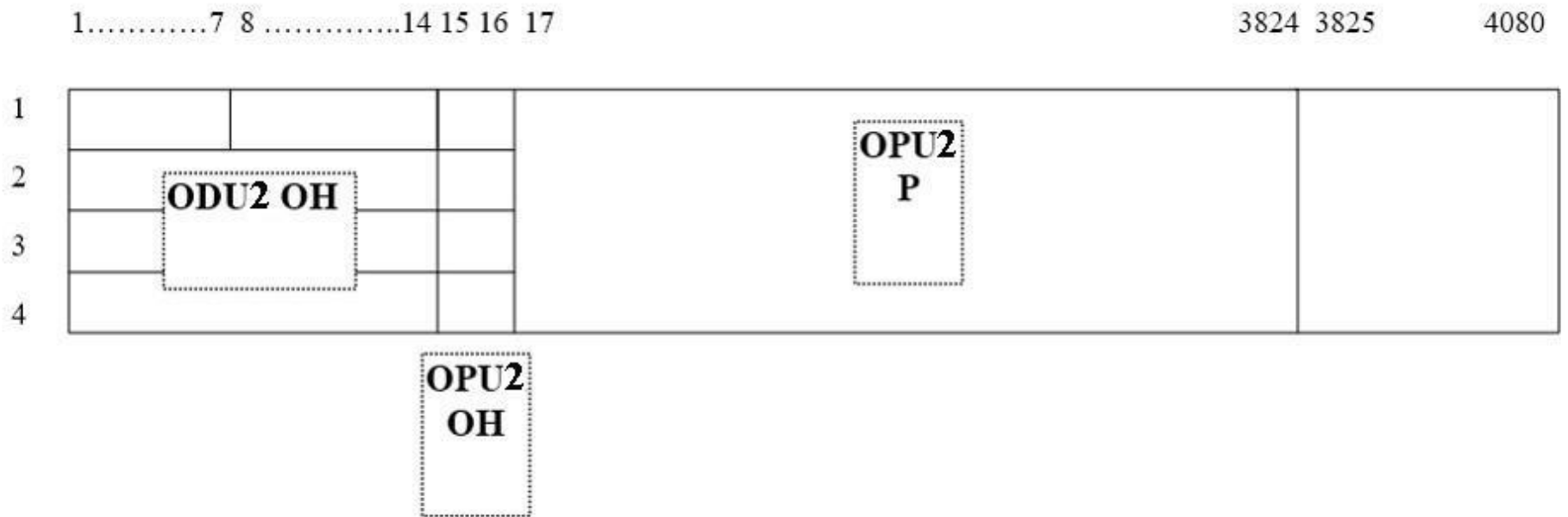
# Функциональная модель фрагмента оптической транспортной сети с трактами ODU2

Компонентный сигнал: 10G Ethernet





# Структура цикла сигнала оптического блока данных ODU2

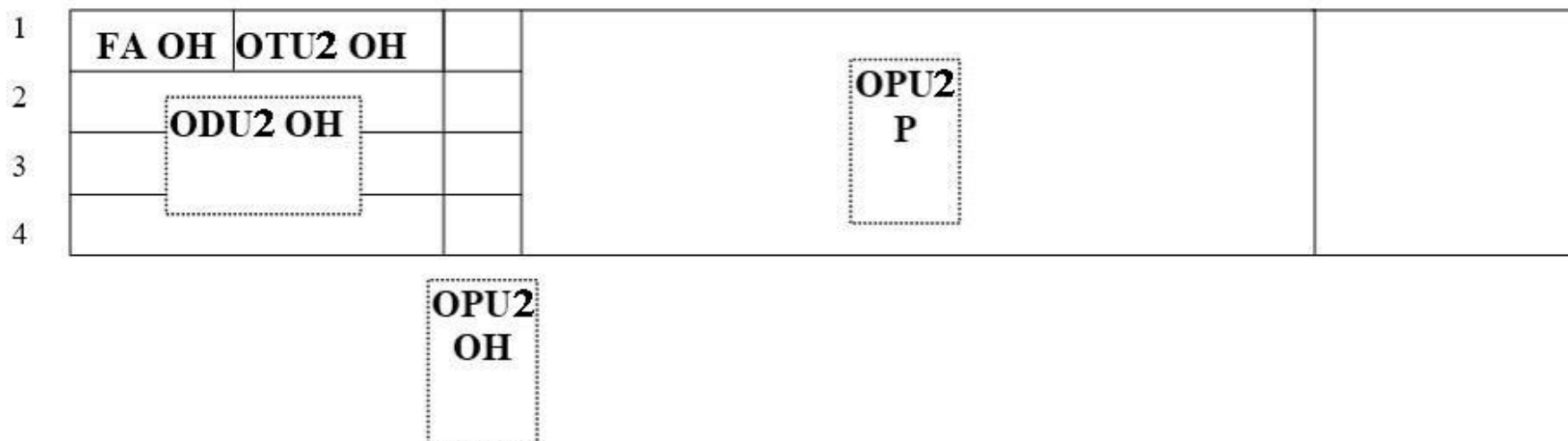


# Структура цикла сигнала оптического транспортного блока OTU2

1.....7 8 .....14 15 16 17

3824 3825

4080





# Параметры циклов

Длительность циклов для блоков OTU2/ODU2/OPU2 равна:

12,191 мкс

Аппроксимации номинальных скоростей равны:

OPU2: 9 995 276,962 кбит/с = 9,995 Гбит/с

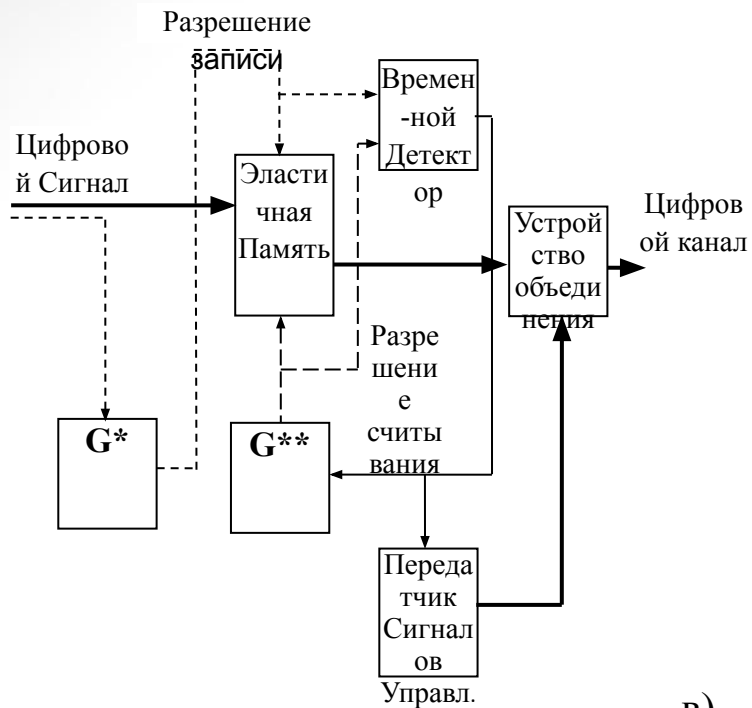
ODU2: 10 037 273,924 кбит/с = 10,037 Гбит/с

OTU2: 10 709 225,316 кбит/с = 10,709 Гбит/с

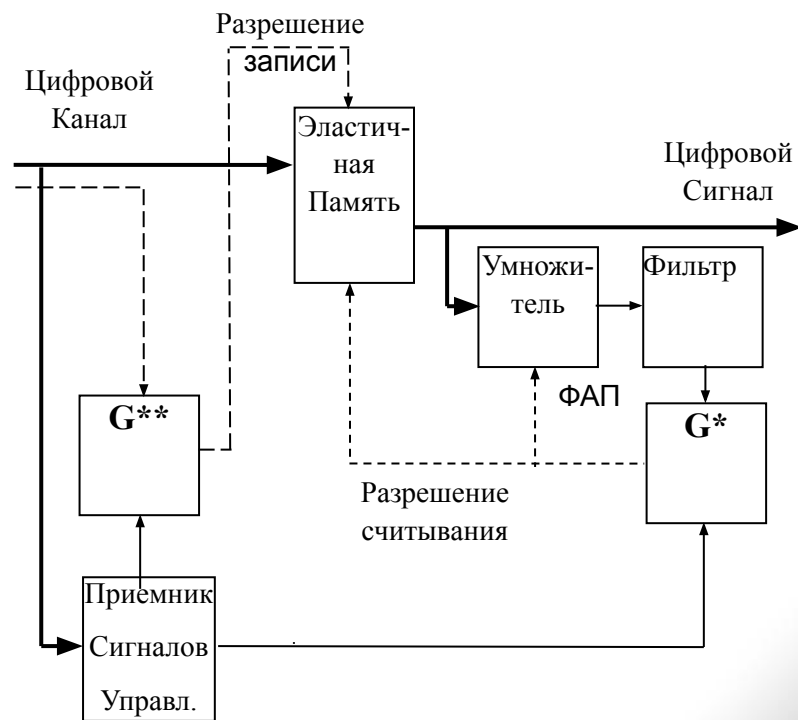
# Функции адаптации в сетевом слое ODU2

- **AMP** (Asynchronous Mapping Procedure) – асинхронная процедура отображения,
- **BMP** (Bit-synchronous Mapping Procedure) – битсинхронная процедура отображения,
- **GMP** (Generic Mapping Procedure) – основная процедура отображения.

# Асинхронная процедура отображения



а)



в)

# Асинхронная процедура отображения

	15	16	17	1904	1905	1920	1921	3824
1	RES	JC	D			16 FS		D
2	RES	JC	D			16 FS		D
3	RES	JC	D			16 FS		D
4	PSI	NJO	PJO			16 FS		D

Структура цикла сигнала оптического блока полезной нагрузки OPU2

для отображения сигналов клиента с постоянной битовой скоростью CBR10G

# Расчет минимальной задержки для АМР

- Максимальное количество байтов для неинформационных сигналов равно  $256 + 17 = 273$ , тогда размер эластичной памяти выбирается не меньше 273 байтовых ячеек.
- Длительность задержки при вводе компонентных сигналов может быть примерно определена следующим образом:

$$(273/4080) * 12,191/4 = 0,204 \text{ мкс}$$

- Данное время характерно для передачи сигнала, при приеме выполняется аналогичная процедура, поэтому полное время задержки определяется как

$$0,204 + 0,204 = 0,408 \text{ мкс.}$$

# Бит-синхронная процедура отображения

	15	16	17		3824
1	RES	RES		<i>D</i>	
2	RES	RES		<i>D</i>	
3	RES	RES		<i>D</i>	
4	PSI	RES		<i>D</i>	

Структура цикла сигнала оптического блока полезной нагрузки OPUk для отображения пакетов сигналов клиента с GFP

# Расчет минимальной задержки для ВМР

- Для ВМР максимальное количество последовательных байтов для неинформационных сигналов равно

$$256 + 16 = 272,$$

- Длительность задержки при записи сигнала равна

$$(272/4080) * 12,191/4 = 0,203 \text{ мкс.}$$

- Получим общую задержку:

$$0,203 + 0,203 = 0,406 \text{ мкс.}$$

# Основная процедура отображения

15 16 17 24 25 32 3817 3824

1	JC4	JC1	<i>1</i>		<i>1</i>	<i>2</i>		<i>2</i>			476		476
2	JC5	JC2	477		477	478		478			952		952
3	JC6	JC3	953		953	954		954			1428		1428
4	PSI	RES	1429		1429	1430		1430			1904		1904

Структура цикла сигнала оптического блока полезной нагрузки OPU2 для отображения сигналов клиента с постоянной битовой скоростью



# Алгоритм для основной процедуры отображения

- на передаче сигнал клиента записывается в буфер;
- на интервале длительности цикла сервера определяется целое количество  $n$  битовых объектов клиента  $Cn(t)$ ;
- затем сигнал клиента записывается в поле полезной нагрузки сервера;
- значение  $Cn(t)$  кодируется двоичным кодом и передается в заголовке сигнала сервера в байтах сигнала управления цифровой коррекцией. В управлении цифровой коррекцией предусмотрен алгоритм изменения значения  $Cn(t)$ ;
- на приеме сигнал сервера на интервале длительности цикла записывается в буфер, записываются только информационные символы;
- затем сигнал клиента считывается в соответствии со значением  $Cn(t)$ .

# Расчет минимальной задержки для GMP

- Для GMP в соответствии с алгоритмом длительность временной задержки не меньше длительности цикла, т.е.

12,191 мкс.

- Общая задержка для основной процедуры отображения составит не менее 2х циклов, т.е

$12,191 + 12,191 = 24,382$  мкс.

# Заключение

- Была построена и рассмотрена функциональная модель с трактами ODU2.
- Были рассчитаны минимальные временные задержки при использовании процедур отображения.
- Для AMP задержка составляет 0,408 мкс.
- Для BMP задержка составляет 0,406 мкс.
- Для GMP задержка составляет 24,382 мкс.
- Поставленные задачи и цели работы выполнены в полном объеме.

**Спасибо за внимание!**