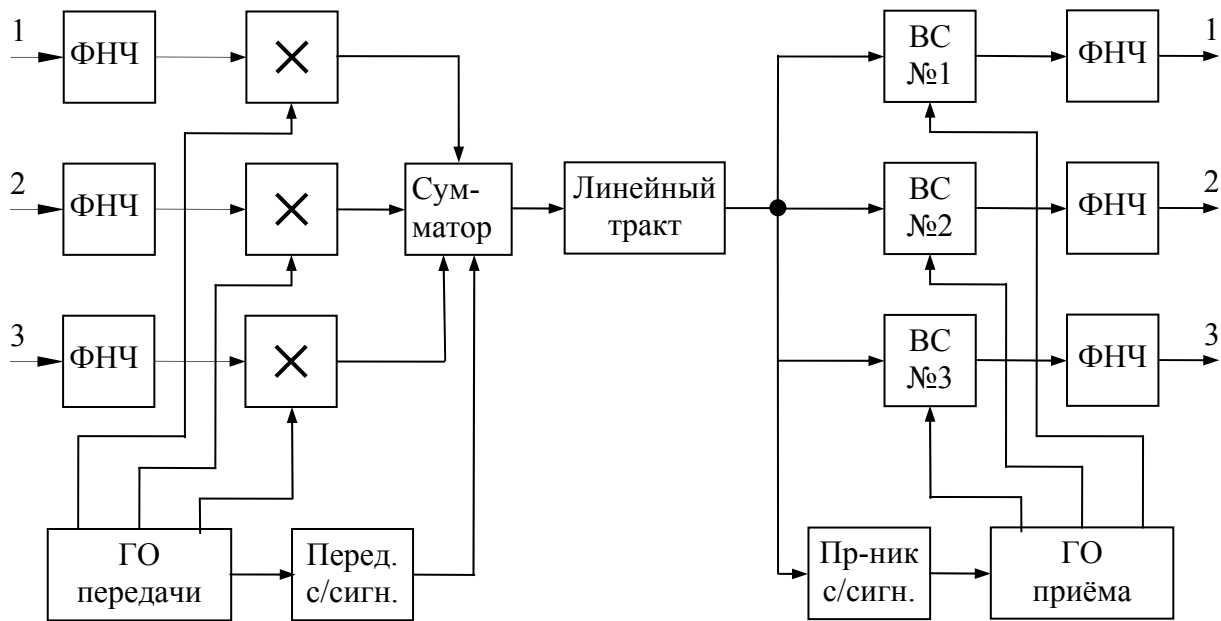


Рис.2 Временное разделение каналов

Т.о. в N -канальной системе д.б. организовано $K=N+1$ временных каналов. Функциональная схема многоканальной системы передачи (МСП) с ВРК приведена на рис.3.



ГО – генераторное оборудование;
 ВС – временной селектор;
 с/сигн. – сигнал синхронизации (синхросигнал).

Рис.3. Функциональная схема трёхканальной системы передачи с ВРК.

Аналоговые сигналы.

Аналоговый сигнал является непрерывной функцией времени, т.е. существует во все моменты времени и в *каждый* момент своего существования принимает *одно* из *бесконечного* числа значений.

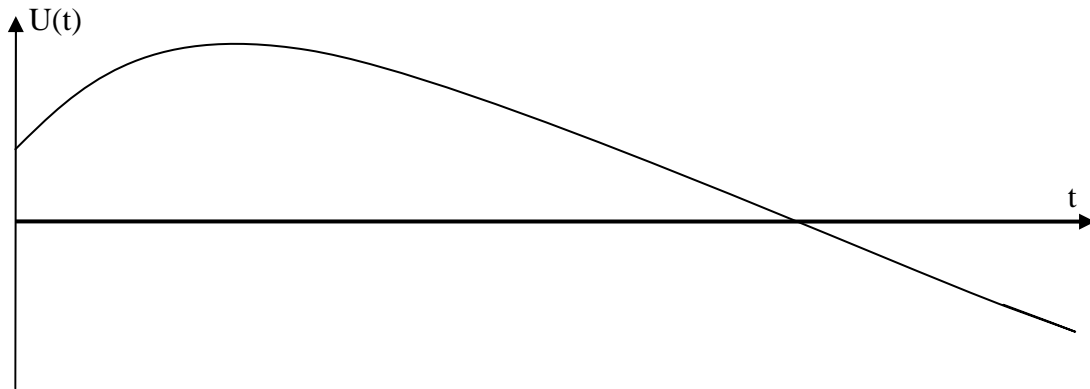


Рис.1 Аналоговый сигнал

Дискретные сигналы.

Дискретный сигнал существует только на определённых временных интервалах (в пределе — в определённые моменты времени) и в *каждый момент* своего существования принимает *одно* из *бесконечного* числа значений.

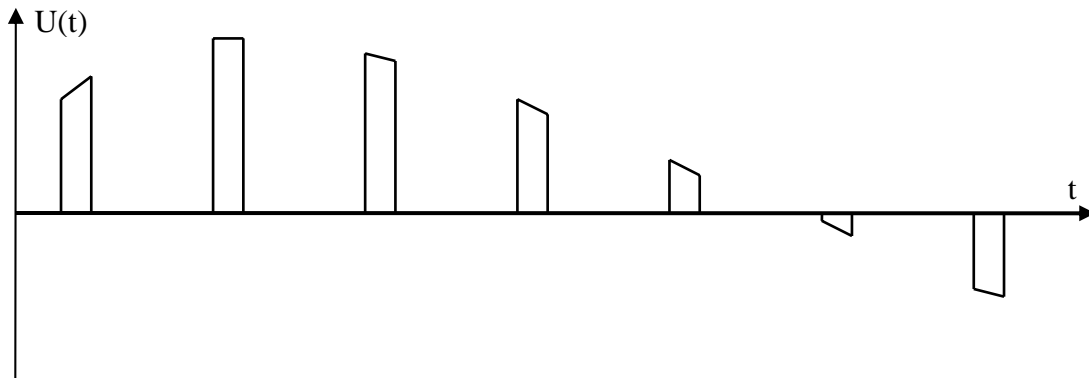


Рис.2 Дискретный сигнал

Квантованные сигналы.

Квантованный сигнал существует во все моменты времени, но в *каждый момент* своего существования принимает *одно* из *конечного* числа разрешённых значений. Исключение составляют только переходы от одного разрешённого значения к другому.

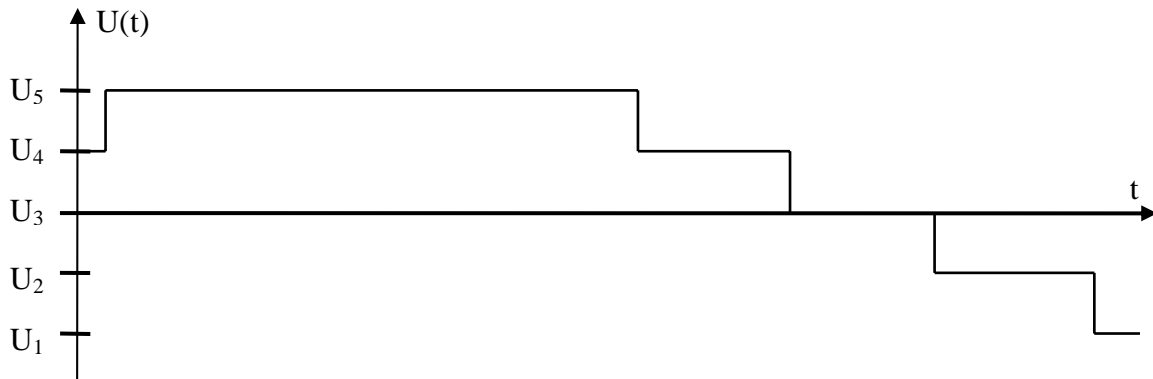


Рис.3 Квантованный сигнал (U_i – разрешённые значения)

Цифровые сигналы.

Цифровой сигнал это дискретный квантованный сигнал. Т.е. он существует только на определённых временных интервалах и на *каждом интервале* своего существования принимает *одно* из *конечного* числа разрешённых значений.

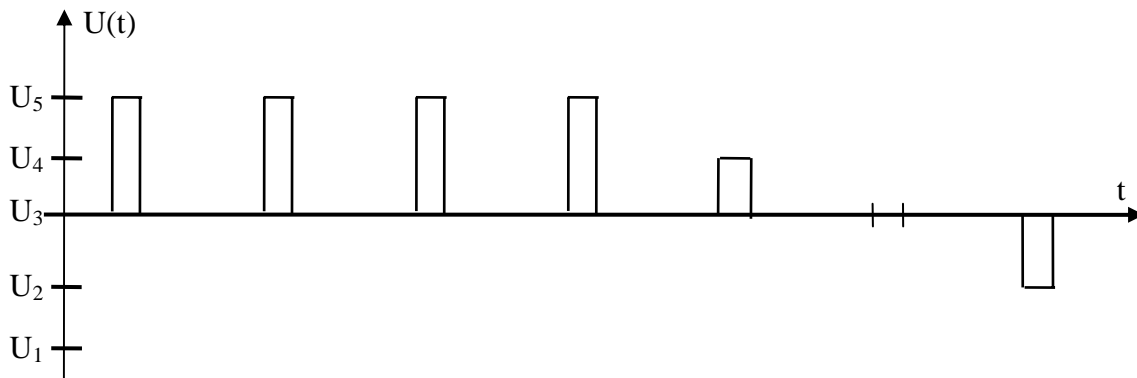


Рис.4 Цифровой сигнал

Отличие в приёме аналоговых и цифровых сигналов

В точке приёма аналоговый сигнал усиливается (вместе с помехами) и корректируется, подавляются помехи за пределами полосы пропускания канала. Задача – как можно точнее восстановить передаваемый сигнал. На выходе переприёмного устройства (промежуточного корректирующего усилителя) имеем исходный сигнал с оставшимися искажениями (любой корректор обладает конечной точностью коррекции) и помехами. Таким образом, в линейном тракте происходит накопление помех и искажений, что приводит к ограничению дальности связи, т.к. суммарный уровень помех на выходе канала не должен превышать допустимое для данного вида услуг значение.

Цифровой сигнал в точке приёма проходит те же этапы обработки, что и аналоговый, т.е. усиливается и корректируется, подавляются помехи за пределами полосы пропускания канала. Но цель этой обработки не точное восстановление сигнала, а подготовка к следующему этапу – принятию решения.

Т.к. цифровой сигнал на каждом интервале своего существования принимает одно из *конечного* числа разрешённых значений, то в точке приёма все варианты (алфавит) единичных элементов сигнала заранее известны. Т.о. переходим от задачи оптимального восстановления к задаче оптимального различения.

Скорректированный сигнал поступает (рис.5) на решающее устройство (РУ), которое принимает решение о том, какой единичный элемент был передан. Это решение поступает на выходной формирователь, формирующий соответствующий вариант единичного элемента. Информация о частоте следования единичных элементов выделяется из принимаемого сигнала выделителем тактовой частоты (ВТЧ).

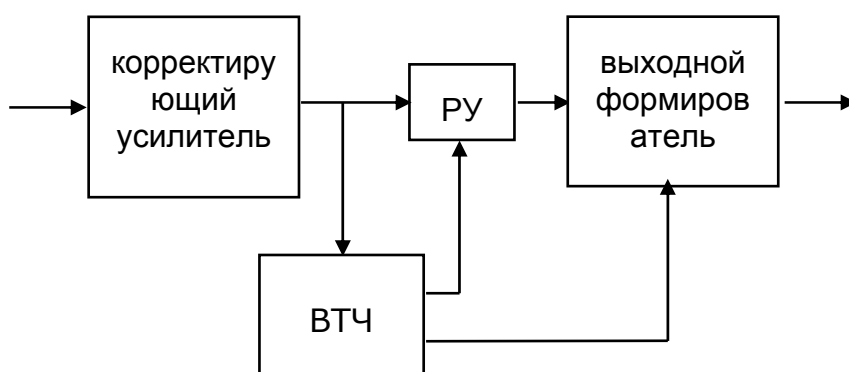
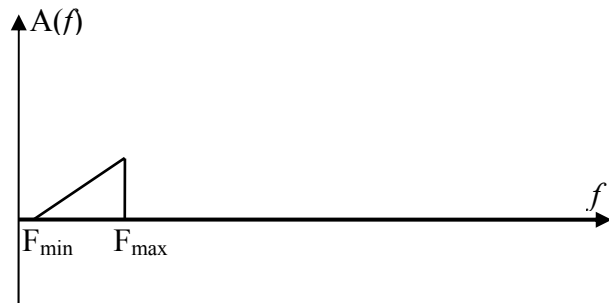
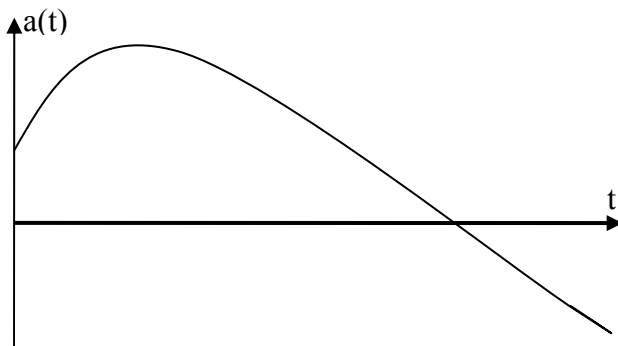


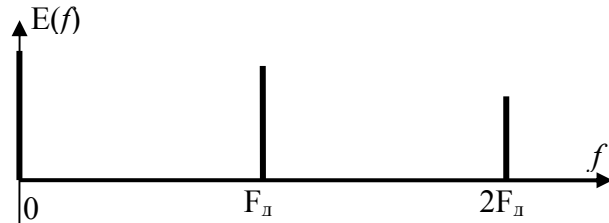
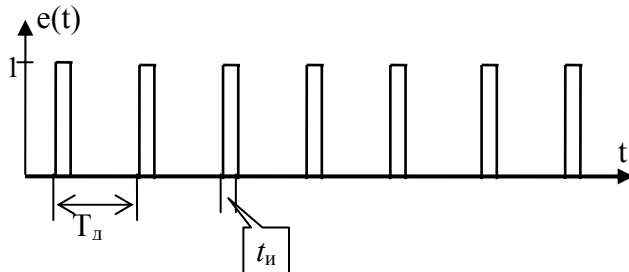
Рис.5 Упрощённая функциональная схема регенератора

Такой способ обработки сигнала называется регенерацией, а переприёмное устройство – регенератором. Регенерация это повторное создание каждого элемента сигнала, а не "полное восстановление" как пишут некоторые авторы. Восстановление предполагает формирование выходного сигнала из входного, в то время как через регенератор входной сигнал не проходит, а выходной сигнал создаётся выходным формирователем в соответствии с принятым решением.

а) передаваемый сигнал



б) дискретирующая последовательность



в) сигнал АИМ

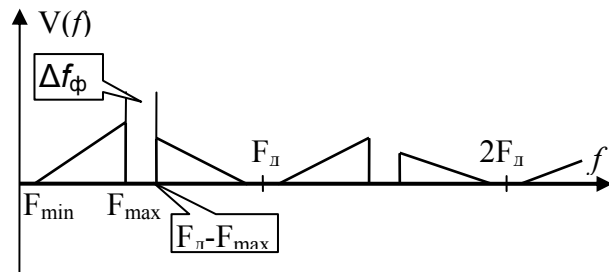
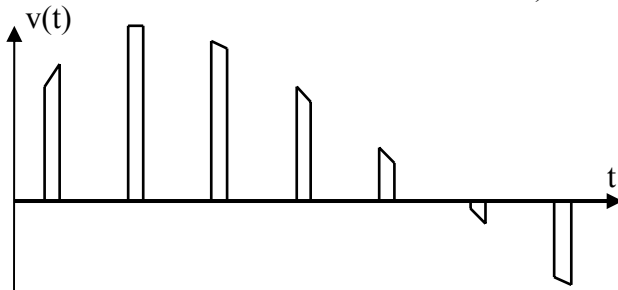
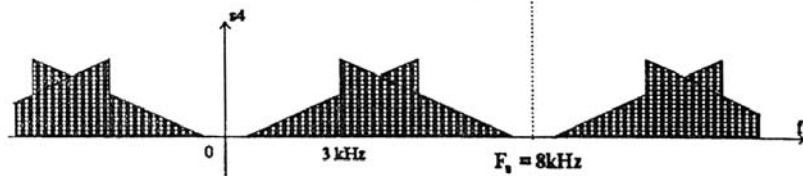
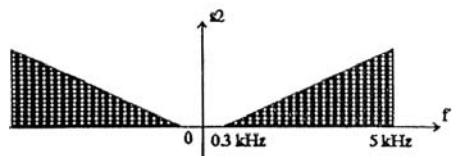
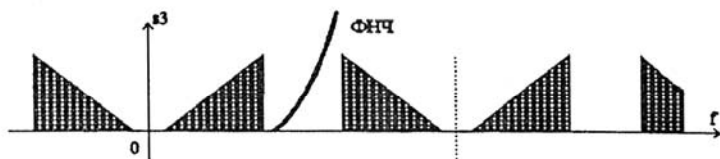
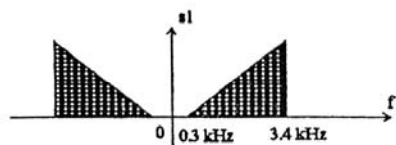
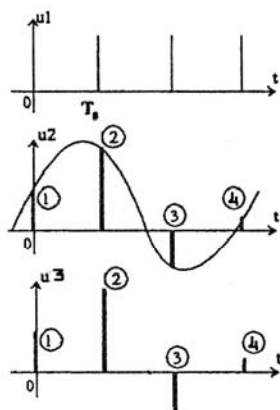


Рис.1 Дискретизация. Сигналы и их спектры

Теорема отсчётов



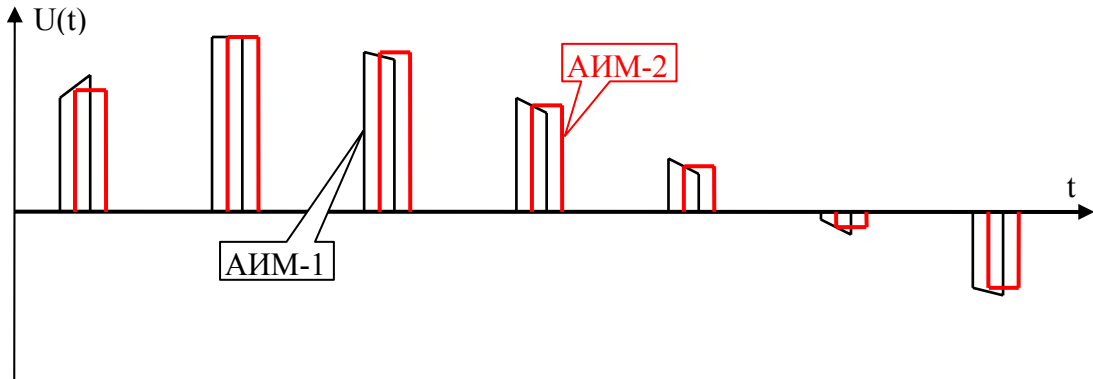


Рис.4 Сигналы АИМ-1 и АИМ-2

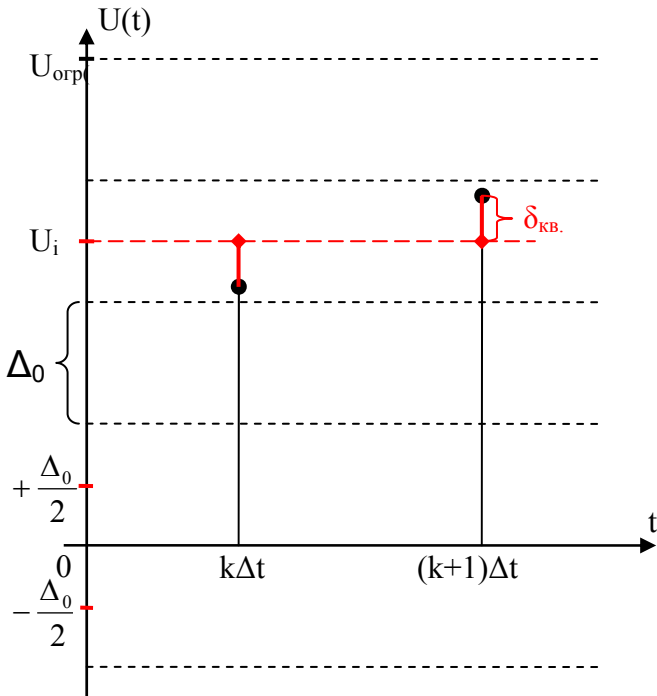


Рис.5 Квантование

Натуральный код

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
31	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	1
29	0	0	0	1	0
28	0	0	0	1	1
27	0	0	1	0	0
26	0	0	1	0	1
25	0	0	1	1	0
24	0	0	1	1	1
23	0	1	0	0	0
22	0	1	0	0	1
21	0	1	0	1	0
20	0	1	0	1	1
19	0	1	1	0	0
18	0	1	1	0	1
17	0	1	1	1	0
16	0	1	1	1	1
15	1	0	0	0	0
14	1	0	0	0	1
13	1	0	0	1	0
12	1	0	0	1	1
11	1	0	1	0	0
10	1	0	1	0	1
9	1	0	1	1	0
8	1	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0
6	1	1	0	0	1
5	1	1	0	1	0
4	1	1	0	1	1
3	1	1	1	0	0
2	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1

Симметричный код

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
+15	0	0	0	0	0
+14	0	0	0	0	1
+13	0	0	0	1	0
+12	0	0	0	1	1
+11	0	0	1	0	0
+10	0	0	1	0	1
+9	0	0	1	1	0
+8	0	0	1	1	1
+7	0	1	0	0	0
+6	0	1	0	0	1
+5	0	1	0	1	0
+4	0	1	0	1	1
+3	0	1	1	0	0
+2	0	1	1	0	1
+1	0	1	1	1	0
+0	0	1	1	1	1
-0	1	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	1
-2	1	0	0	1	0
-3	1	0	0	1	1
-4	1	0	1	0	0
-5	1	0	1	0	1
-6	1	0	1	1	0
-7	1	0	1	1	1
-8	1	1	0	0	0
-9	1	1	0	0	1
-10	1	1	0	1	0
-11	1	1	0	1	1
-12	1	1	1	0	0
-13	1	1	1	0	1
-14	1	1	1	1	0
-15	1	1	1	1	1

Код Грея

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
31	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	1
28	0	0	0	1	0
29	0	0	0	1	1
25	0	0	1	0	0
24	0	0	1	0	1
26	0	0	1	1	0
27	0	0	1	1	1
19	0	1	0	0	0
18	0	1	0	0	1
16	0	1	0	1	0
17	0	1	0	1	1
21	0	1	1	0	0
20	0	1	1	0	1
22	0	1	1	1	0
23	0	1	1	1	1
7	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	1
4	1	0	0	1	0
5	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	1	0
3	1	0	1	1	1
11	1	1	0	0	0
10	1	1	0	0	1
8	1	1	0	1	0
9	1	1	0	1	1
13	1	1	1	0	0
12	1	1	1	0	1
14	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1

Кодовые таблицы

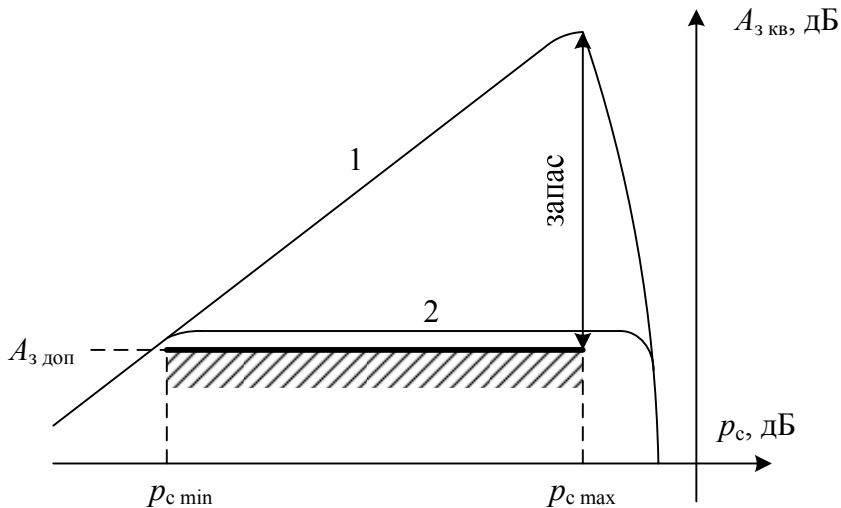
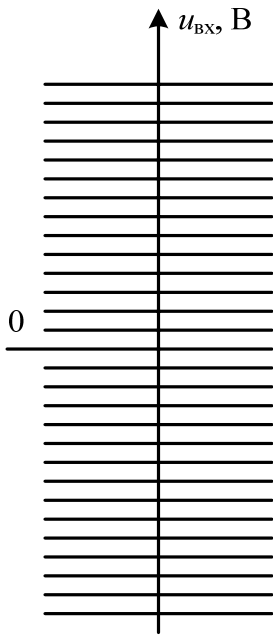
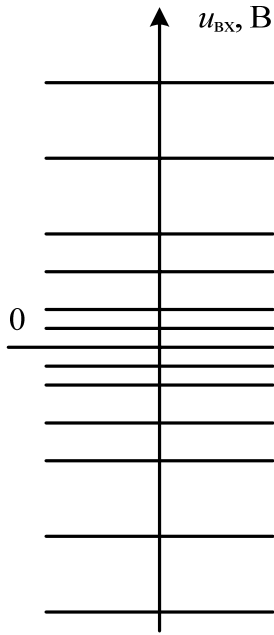


Рис.7. Помехозащищенность от шумов квантования
 1 – линейная шкала; 2 – нелинейная шкала

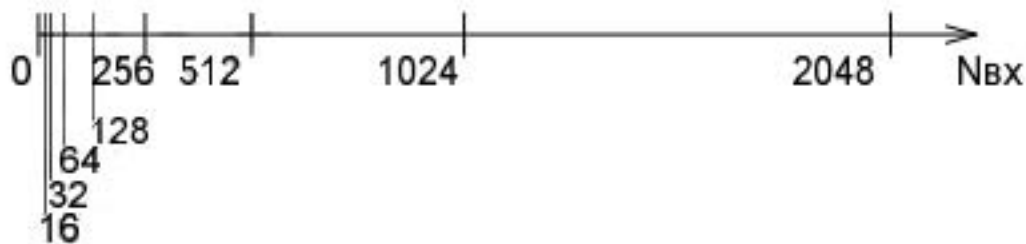
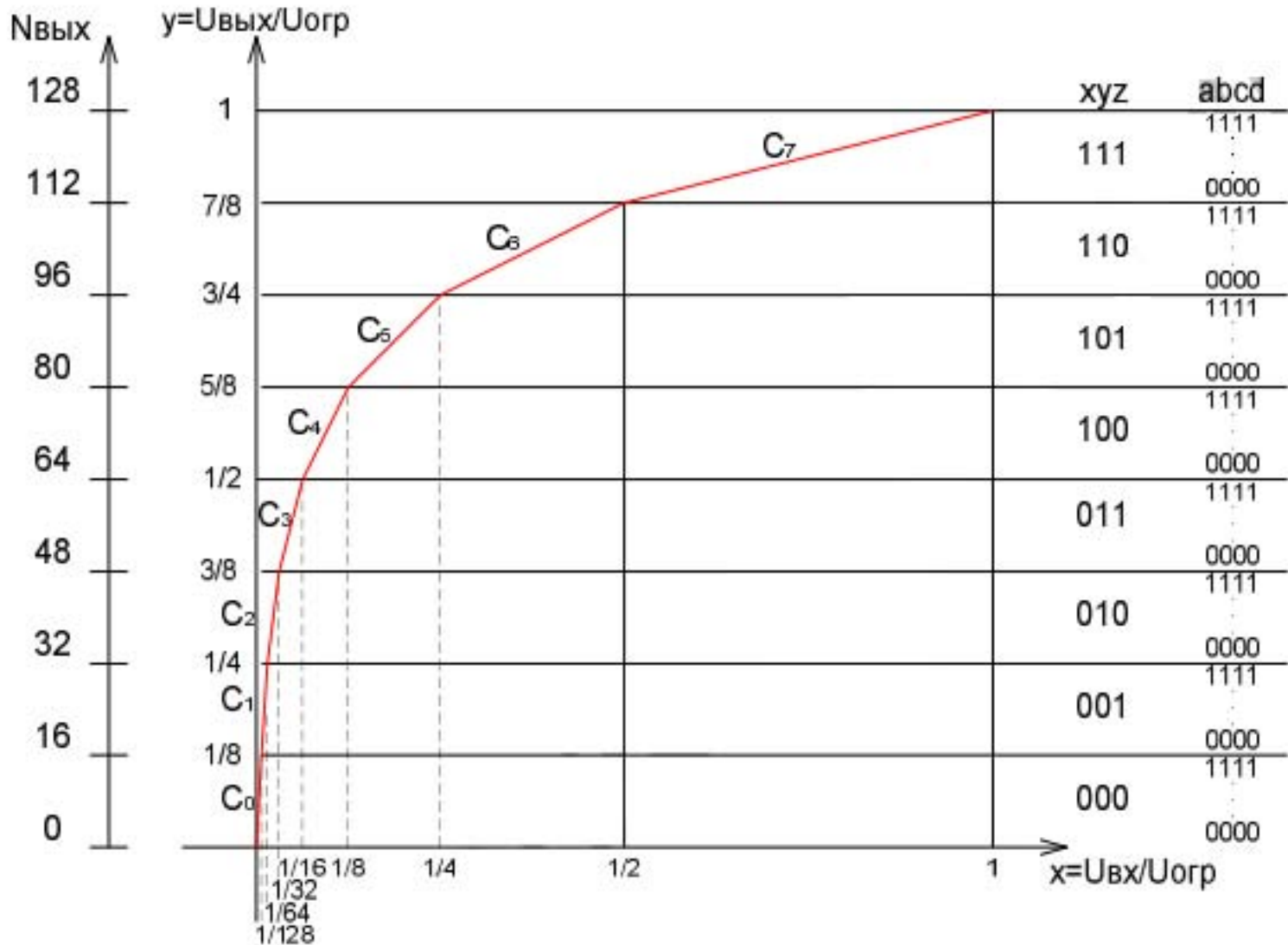


а)



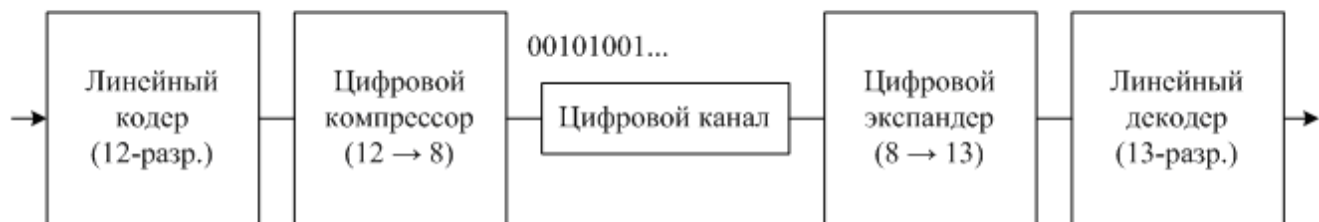
б)

Рис.8. Сетки разрешенных уровней для линейной (а) и нелинейной (б) шкал квантования





а) С аналоговым компандированием



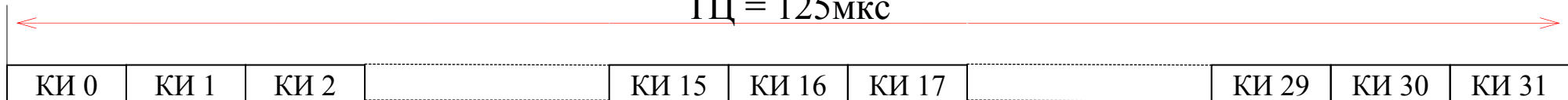
б) С цифровым компандированием



в) С использованием нелинейного кодера
(метод прямого кодирования)

Рис. 3. Варианты реализации нелинейного квантования

ТЦ = 125 мкс

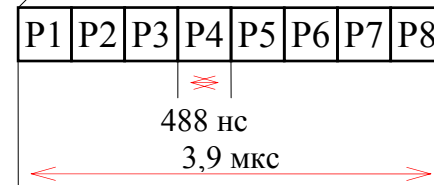


Циклы, содержащие синхросигнал

M	0	0	1	1	0	1	1
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8

Циклы, не содержащие синхросигнал

M	1	A	P	C	B	T	Y
---	---	---	---	---	---	---	---



Цикл 0

0	0	0	0	X	Y	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---

КАНАЛЫ:
никакие

Цикл 1

a	b	c	d	a	b	c	d
---	---	---	---	---	---	---	---

1 и 16

Цикл 2

a	b	c	d	a	b	c	d
---	---	---	---	---	---	---	---

2 и 17

...

...

...

...

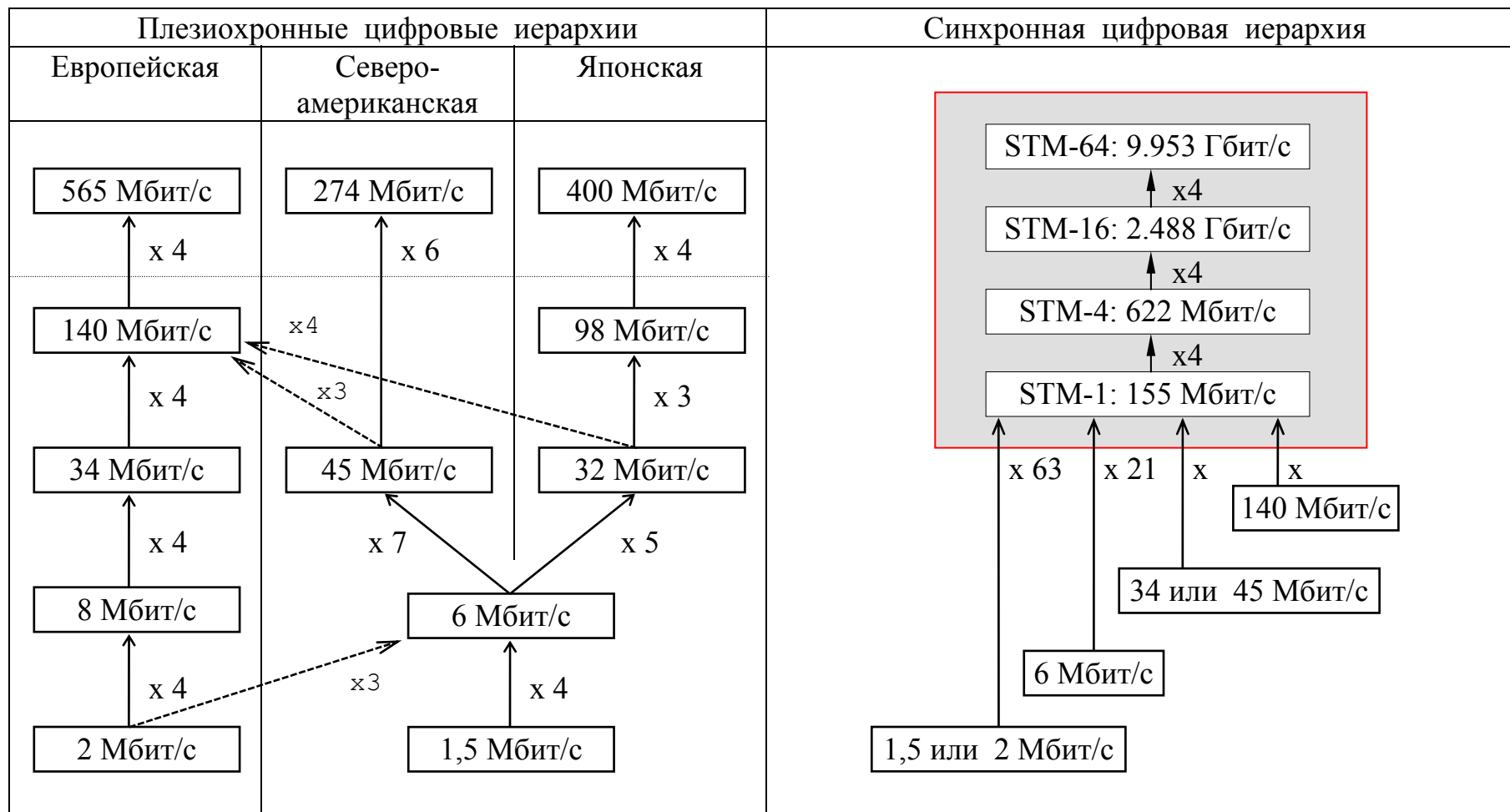
...

...

Цикл 15

a	b	c	d	a	b	c	d
---	---	---	---	---	---	---	---

15 и 30



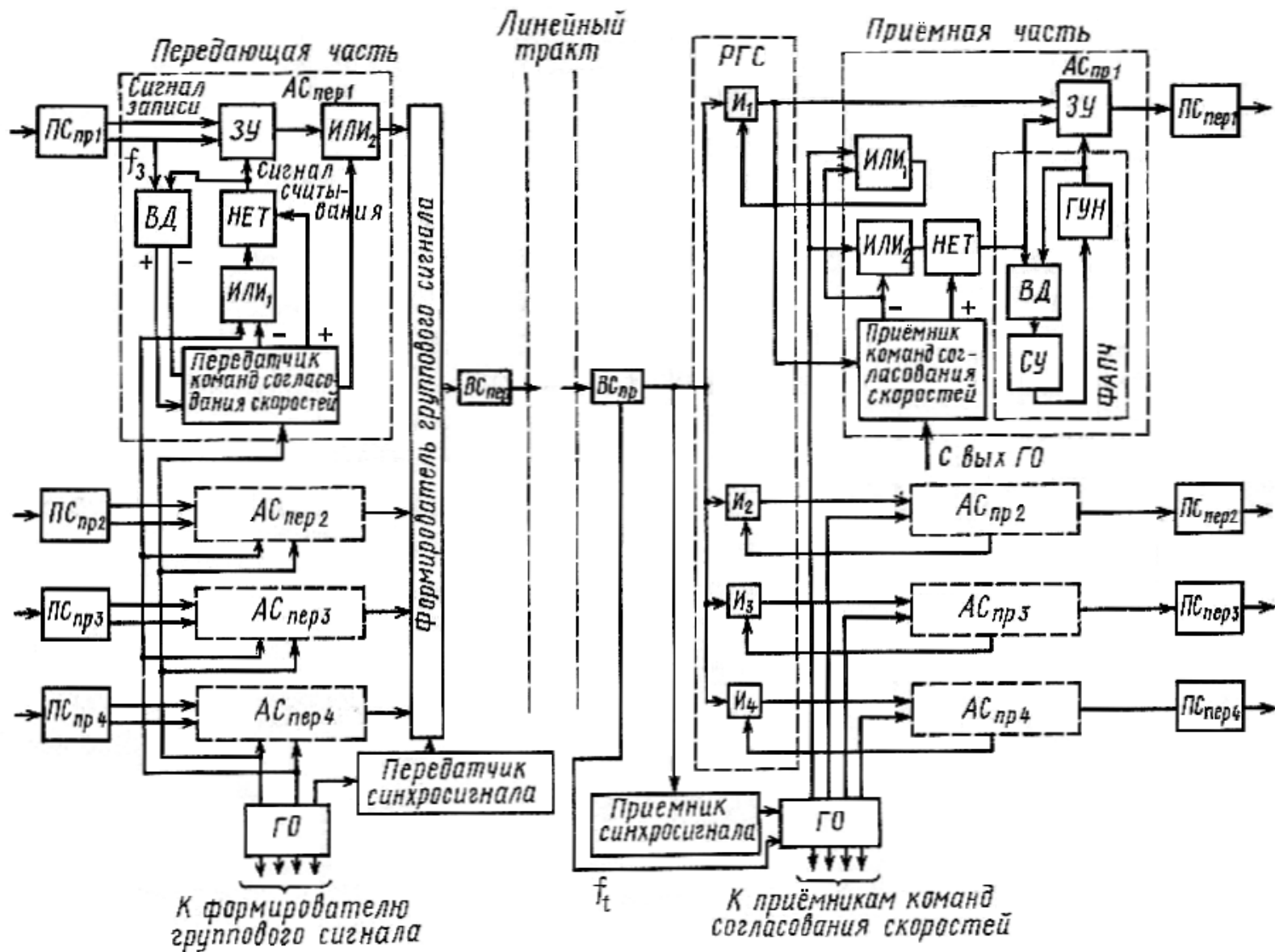
Сравнение плезиохронных (PDH) и синхронной (SDH) иерархий.

Основные физические и электрические характеристики стыков цифровых каналов

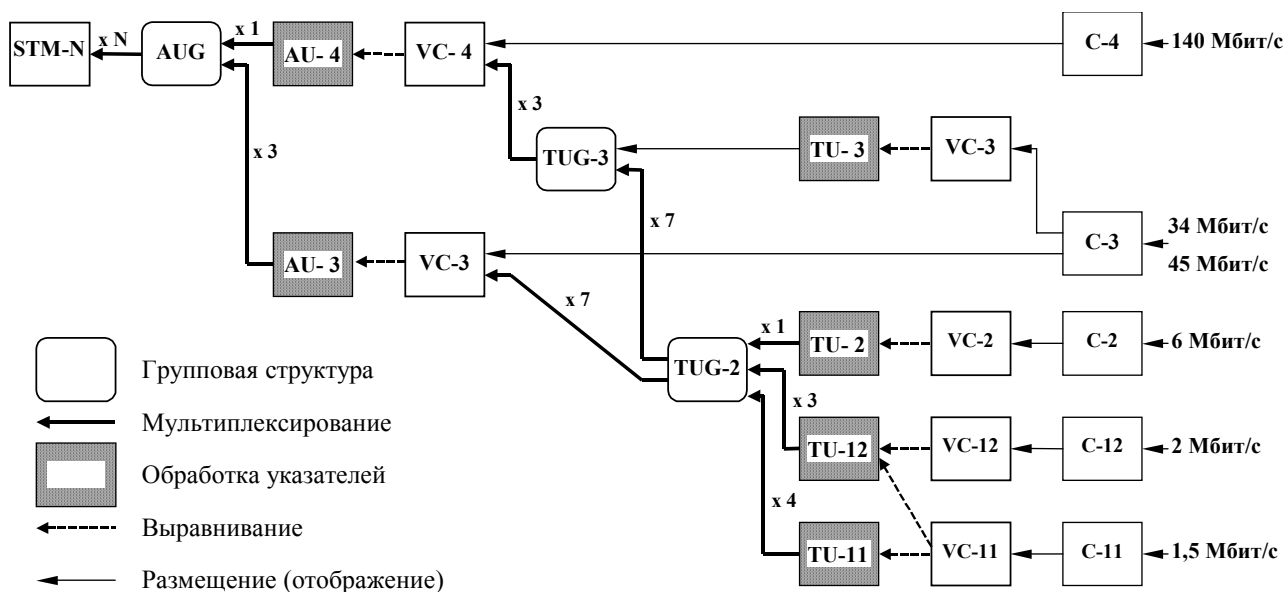
Наименование сетевого стыка	Нормированная скорость передачи (кбит/с)	Максимальный допуск на скорость передачи в миллионных долях (ppm)	Скорость передачи символов (кБод)	Код стыка	Тип соединительной линии (СЛ)	Затухание СЛ (дБ) / на частоте (кГц)	Выходное сопротивление передатчика; входное сопротивление приёмника (Ом)	Номинальное пиковое напряжение импульса (В)	Пиковое напряжение пробела (В)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сетевой стык ОЦК (Е0) (G.703.1.2.3 противонаправленный) (G.703.1.2.1 сонаправленный) ГОСТ 26886-86	64	±100	64	АМІ	симм. пара	0 – 3 / 32	120	1	0 ± 0,1
	64	±100	256	Спец. код	симм. пара	0 – 3 / 128	120	1	0 ± 0,1
	64	±50	128	ОБС	симм. пара	0 – 6 / 64	120	3*	-
ПЦК (Е12)	2048	±50	2048	HDB-3	симм. пара	0 – 6 / 1024	120	3	0 ± 0,3
					коакс. пара	0 – 6 / 1024	75	2,37	0 ± 0,237
ВЦК (Е22)	8448	±30	8448	HDB-3	коакс. пара	0 – 6 / 4224	75	2,37	0 ± 0,237
ТЦК (Е31)	34368	±20	34368	HDB-3	коакс. пара	0 – 12/17184	75	1	0 ± 0,1
ЧЦК (Е4)	139264	±15	–	СМІ	коакс. пара	0 – 12/70000	75	1*	–
Стык синхронизации (Т12)	2048кГц	±50	–	Синус, меандр	симм. пара	0 – 6 / 2048	120	0,75 – 1,5	–
					коаксиальная пара	0 – 6 / 2048	75	1,0 – 1,9	–

Примечания: * в размахе

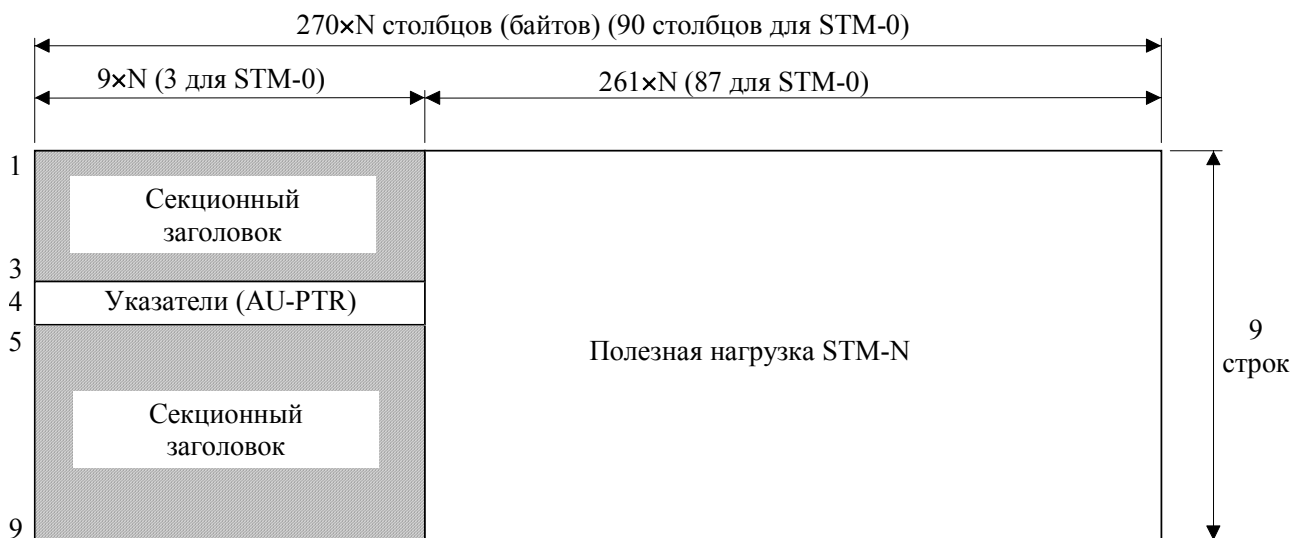
Структурная схема аппаратуры временного группообразования



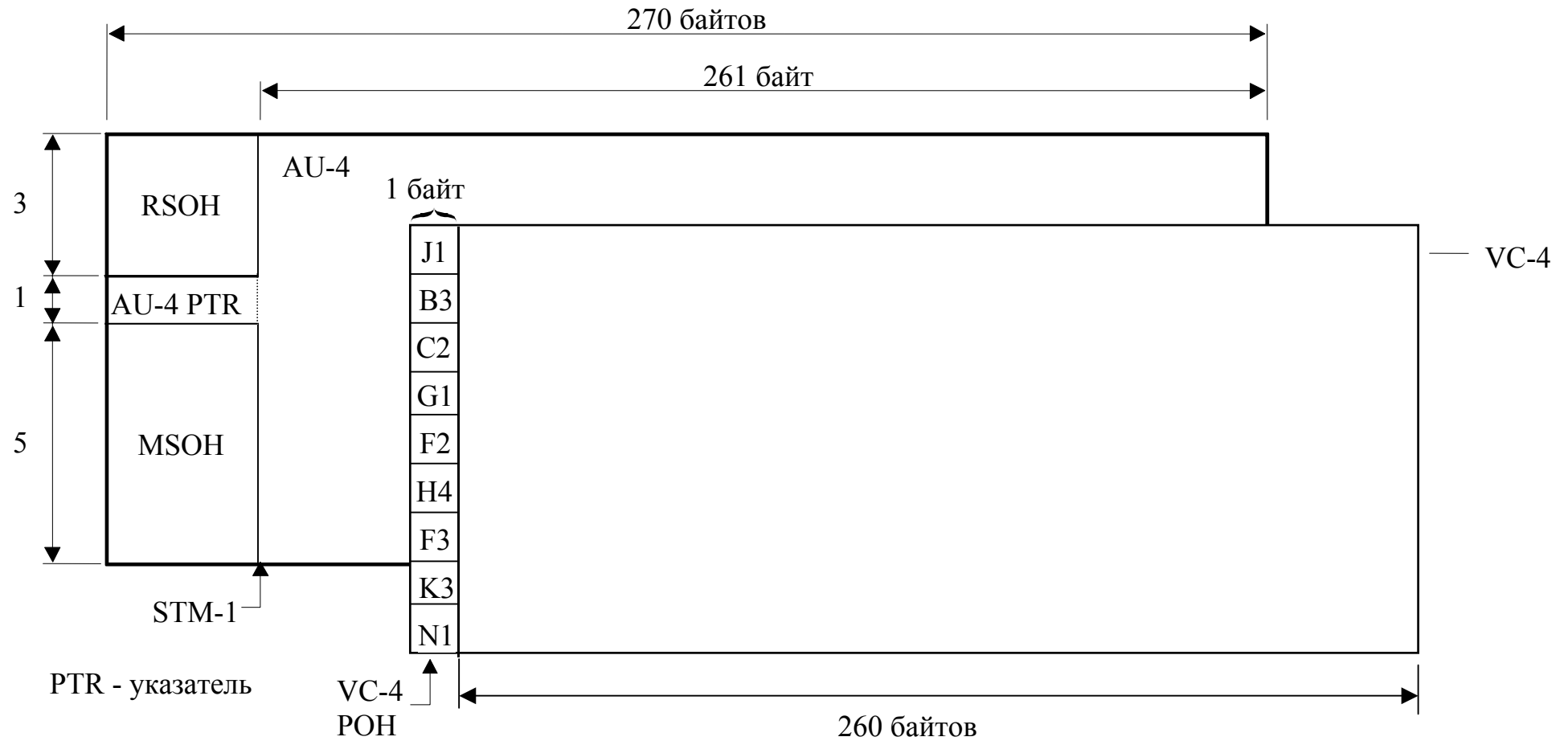
Общая схема группообразования STM-N (по G.707)



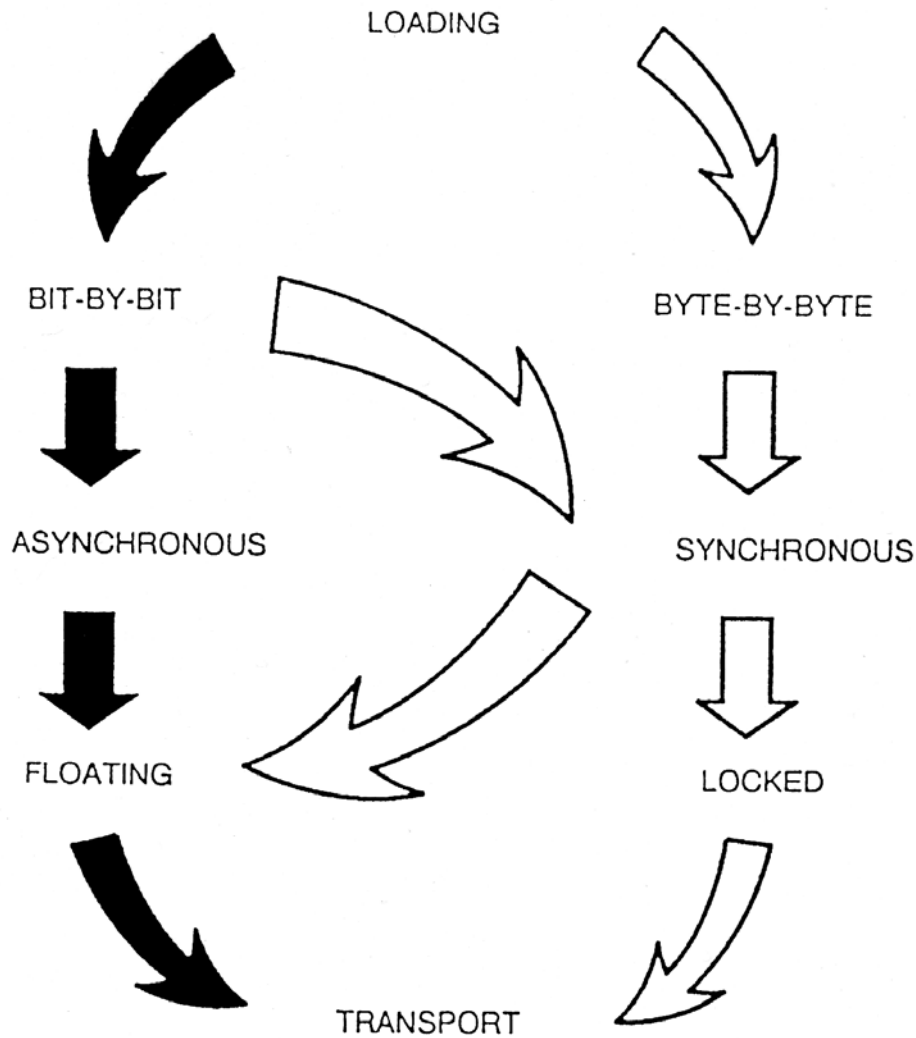
Структура цикла STM-N



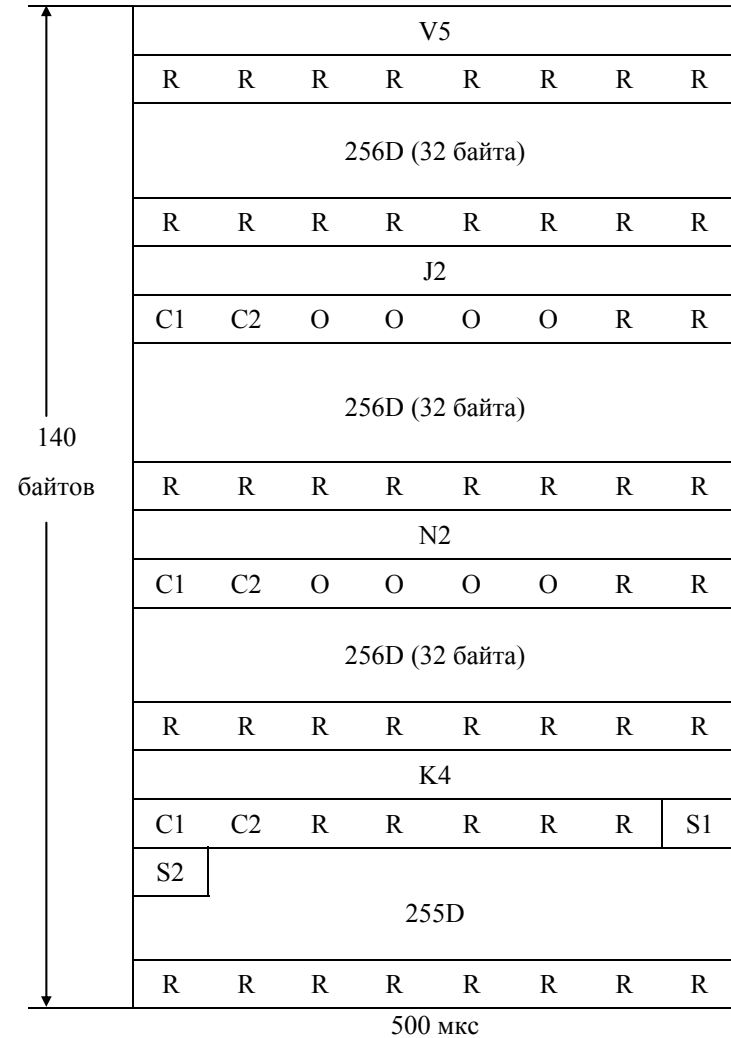
Мультиплексирование VC-4 в STM-1



Отображение сигнала 2048 кбит/с в VC-4



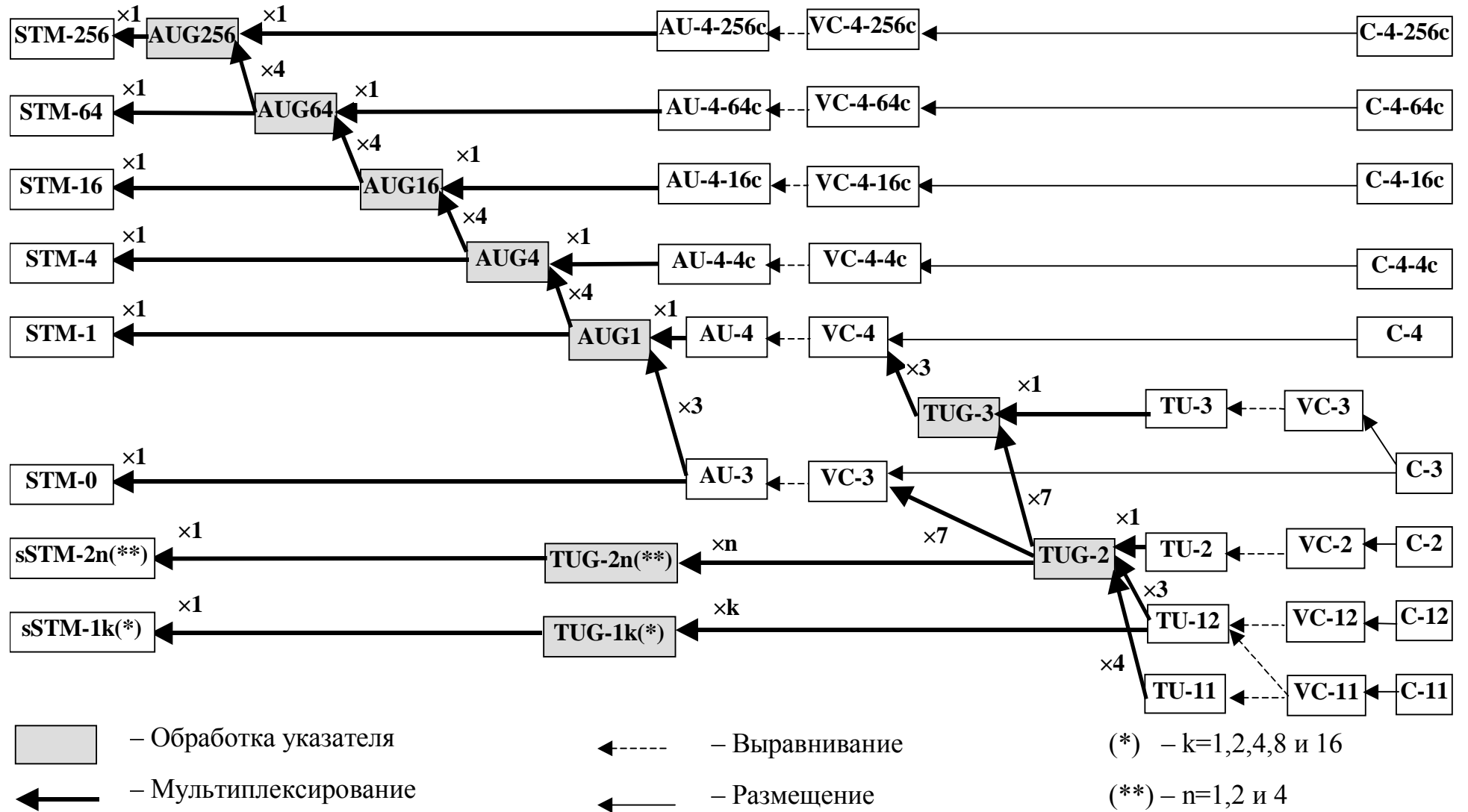
Асинхронное преобразование компонентного сигнала 2048 кбит/с



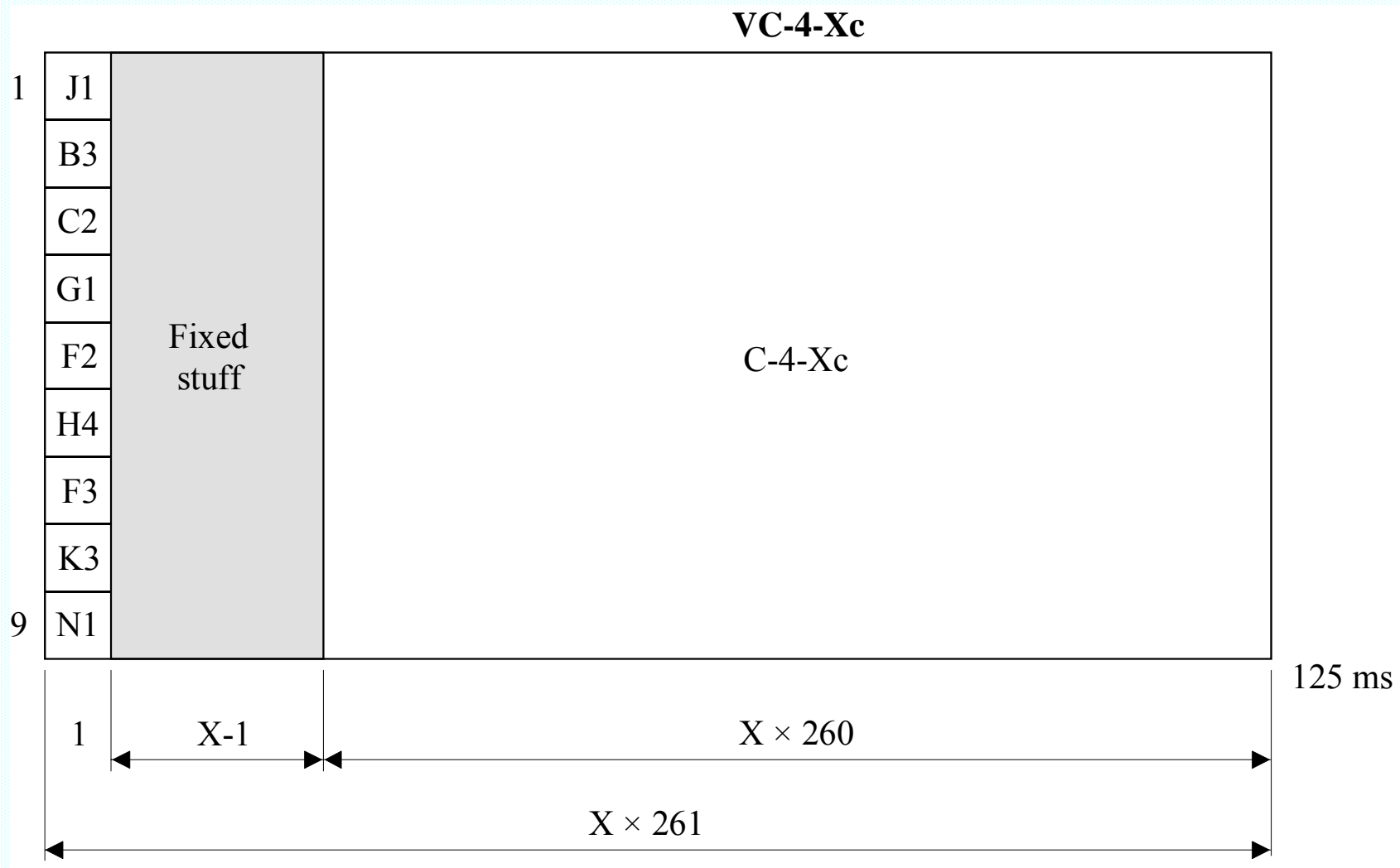
- D информационный бит
- O бит заголовка
- C бит управления цифровым выравниванием
- S бит возможности цифрового выравнивания
- R бит фиксированной вставки

Примечание:
 CiCiCi=000 означает, что Si=D
 CiCiCi=111 означает, что Si=R

Включение структур sSTM в общую схему группообразования (G.707/ Y.1322, G.708)



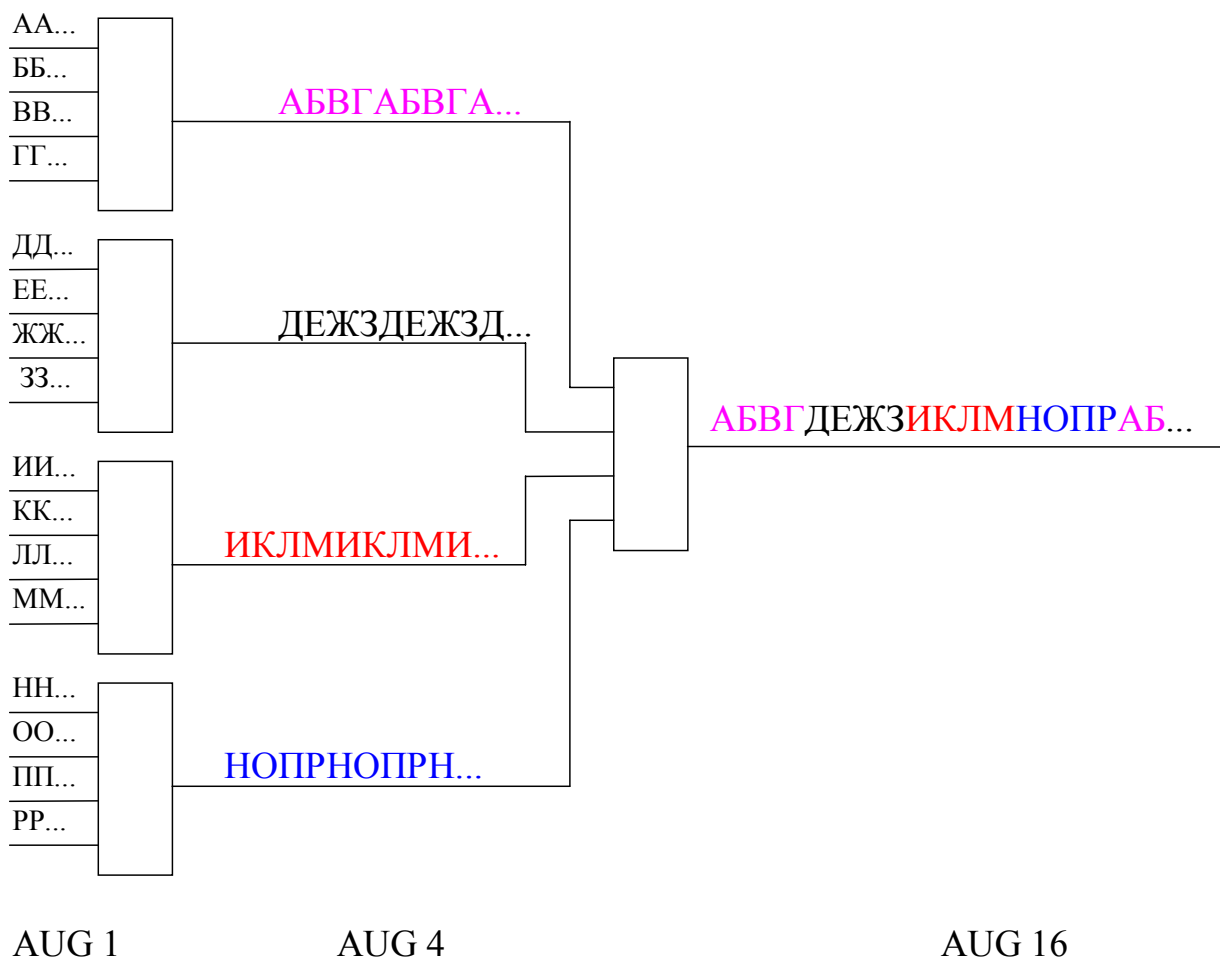
Структура VC-4-Xc (G.707/Y.1322)



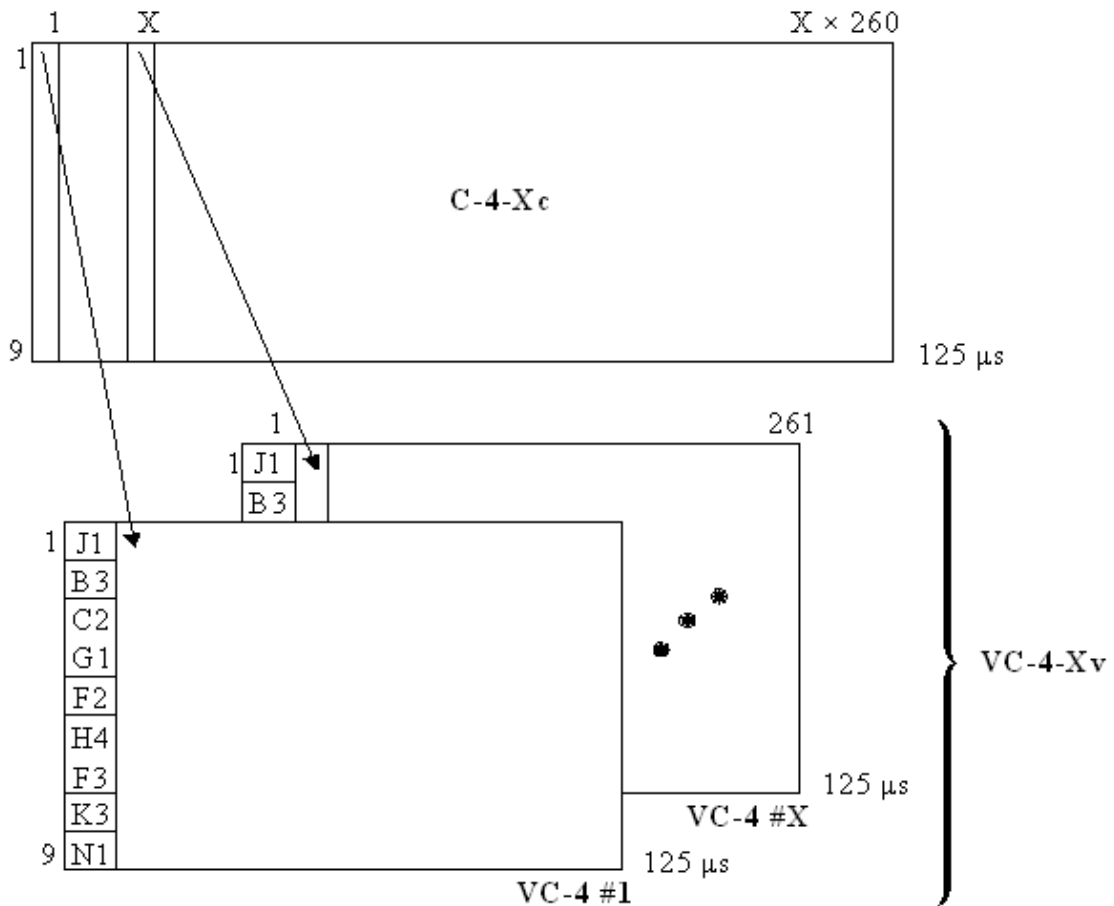
Типы VC и их пропускная способность

Тип VC	Скорость передачи VC, кбит/с	Пропускная способность VC, кбит/с
VC-11	1 664	1 600
VC-12	2 240	2 176
VC-2	6 848	6 784
VC-3	48 960	48 384
VC-4	150 336	149 760
VC-4-4с	601 344	599 040
VC-4-16с	2 405 376	2 396 160
VC-4-64с	9 621 504	9 584 640
VC-4-256с	38 486 016	38 338 560

Формирование групп административных блоков более высоких порядков



Структура VC-4-Xv



Использование систем VCAT / LCAS

Механизм виртуальной сцепки предусматривает сцепку одинаковых контейнеров разного уровня.

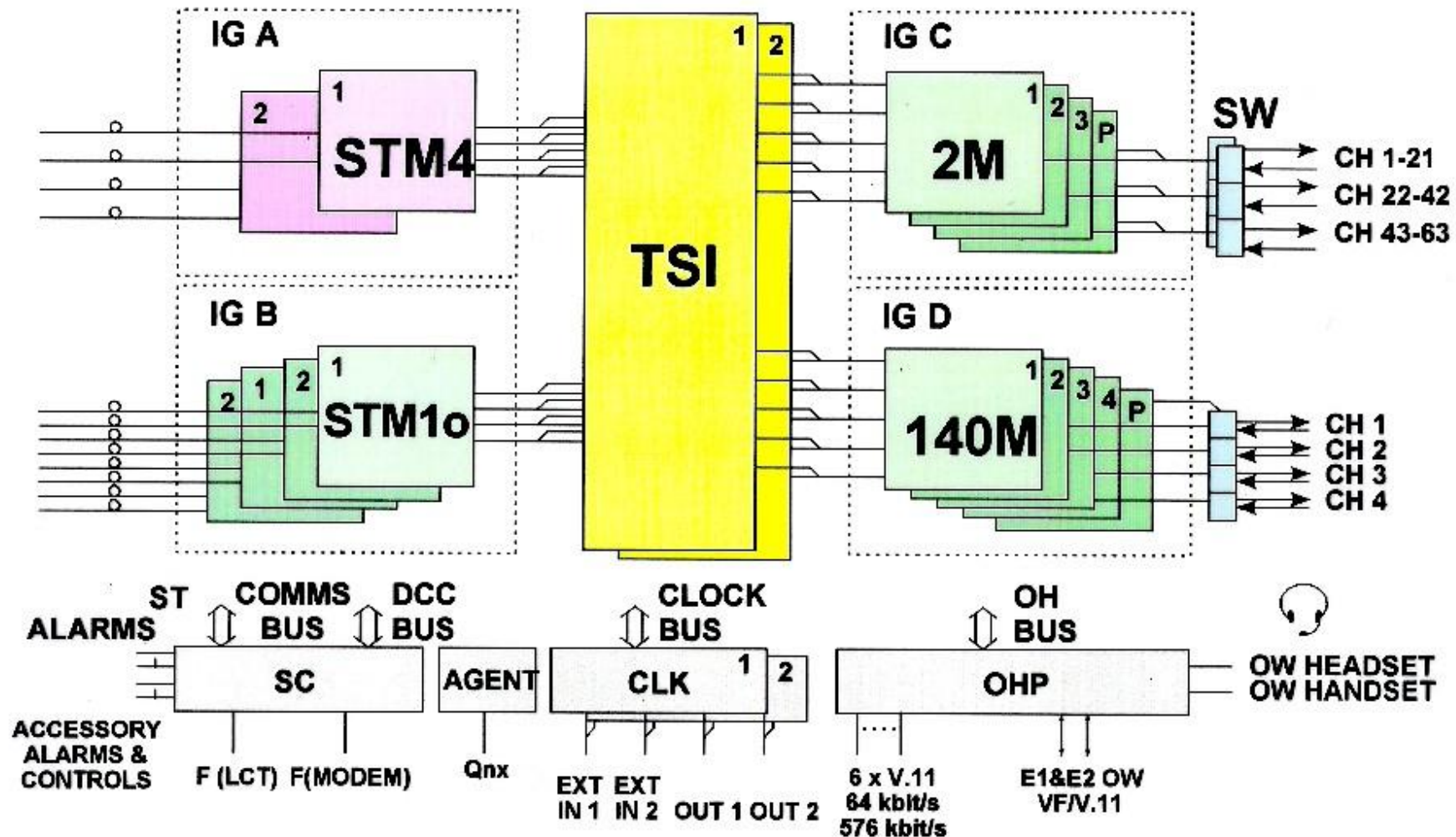
Эта процедура осуществляется по краям "виртуального коридора".



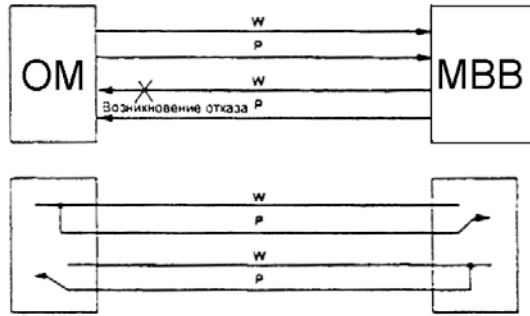
VCAT (Virtual Concatenation) – виртуальная сцепка

LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) - Схема изменения размера канала

Резервирование блоков синхронного мультиплексора

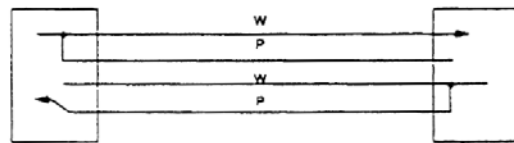


РЕЗЕРВИРОВАНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ СЕКЦИИ MSP



Отказ приводит к переключению как в направлении приема, так и передачи.

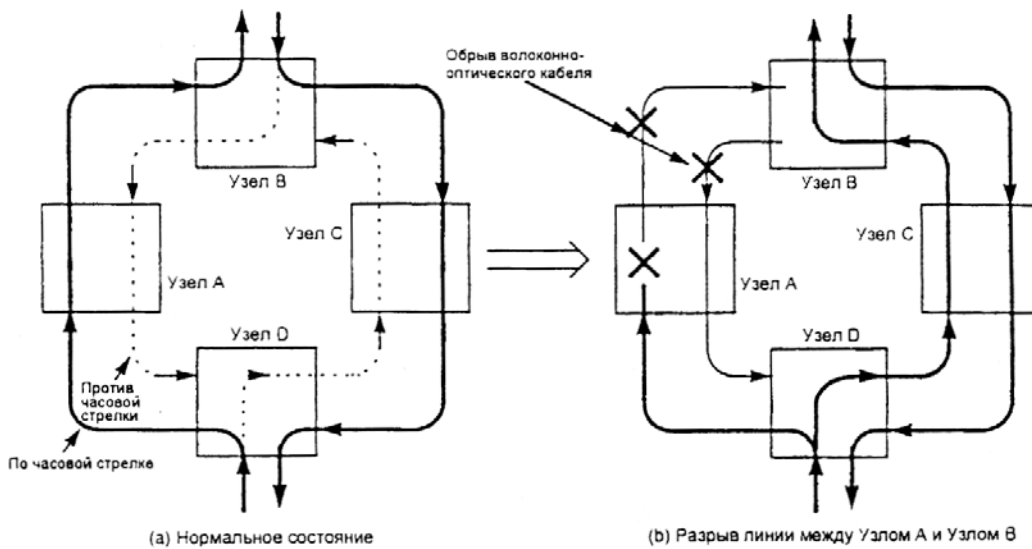
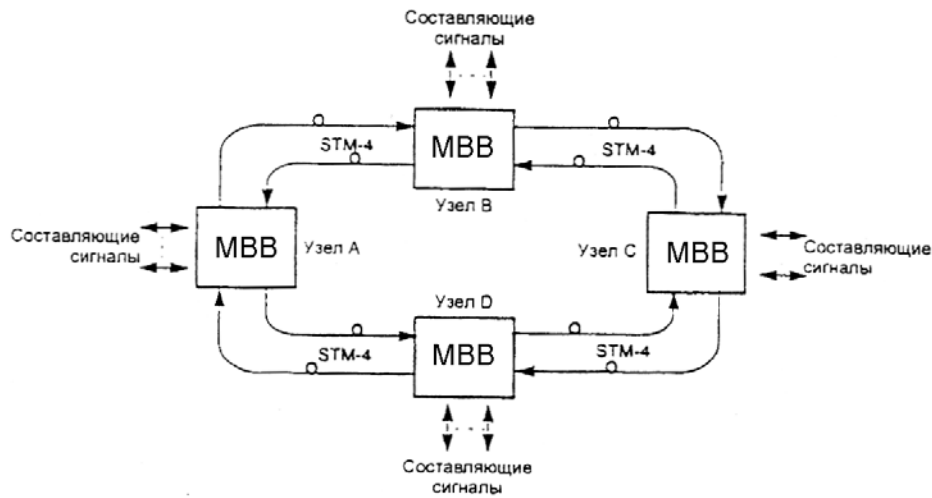
(a) Двухнаправленное переключение

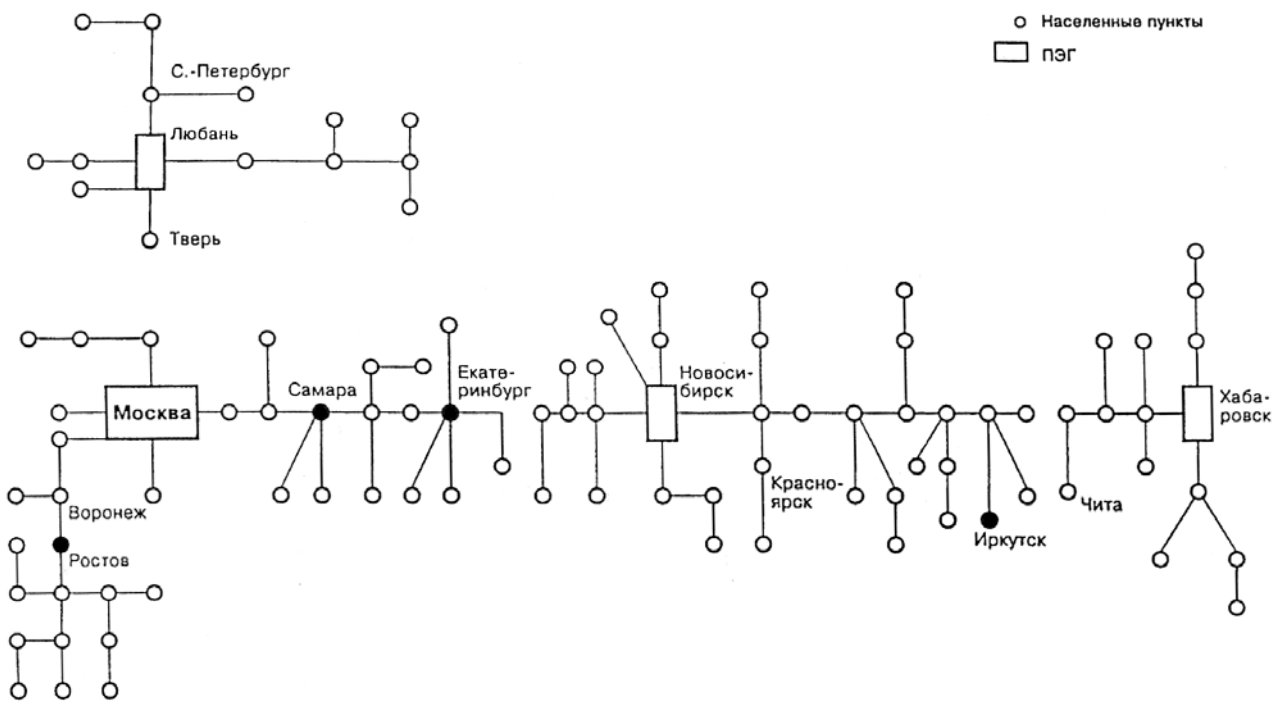


Отказ приводит к переключению линии только в направлении отказа.

(b) Однонаправленное переключение

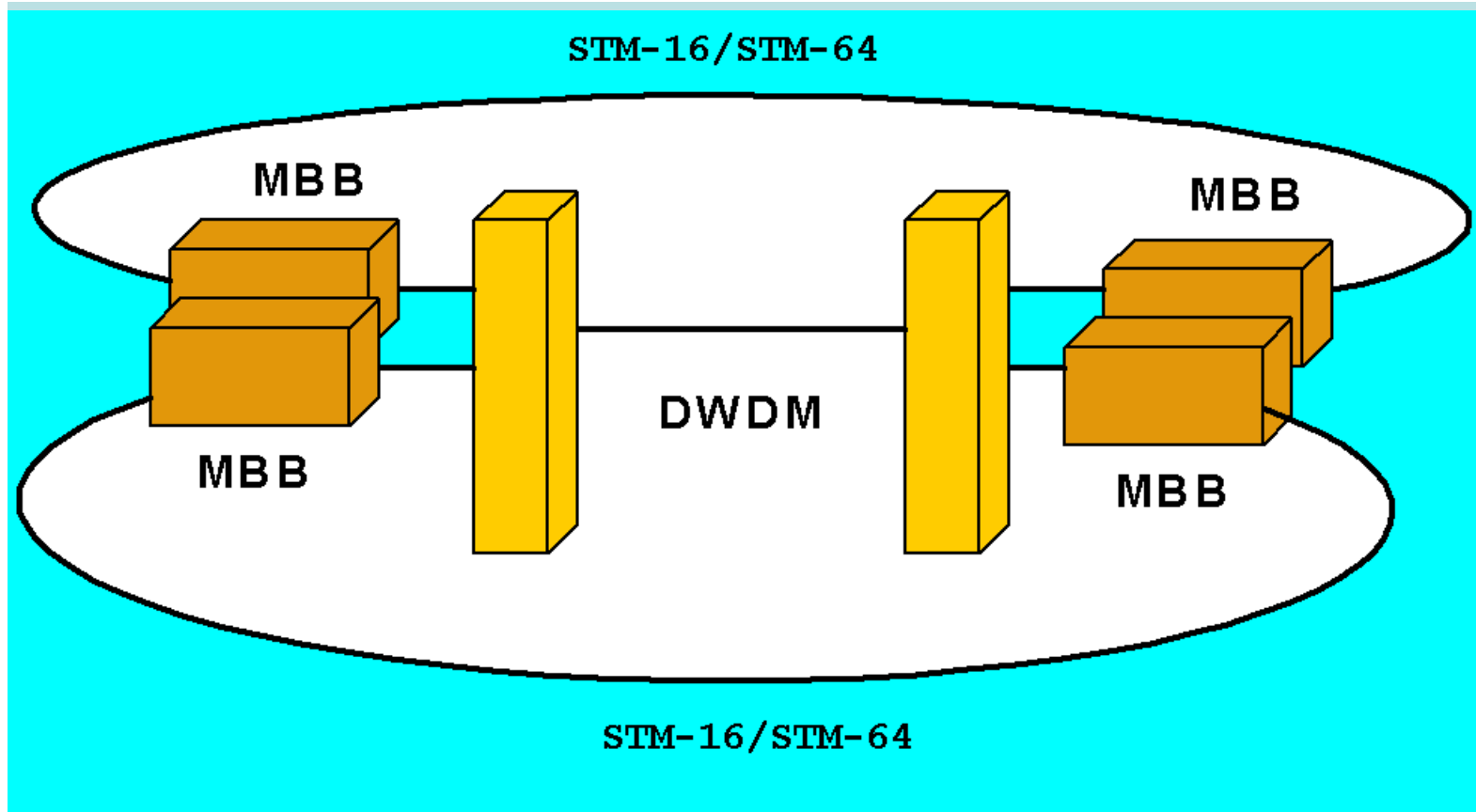
РЕЗЕРВИРОВАНИЕ 2-ВОЛОКОННОГО КОЛЬЦА SNCR





Регионы по синхронизации на цифровой сети России

Объединение с системой DWDM



*Мультиплексирование с широким спектральным разделением
(Wide Wavelength Division Multiplexing) (WWDМ)*

Мультиплексирование со спектральным разделением при разнесении каналов больше или равном 50 нм. Устройство этого класса обычно формирует каналы в разных окнах прозрачности (например, 1 310 нм и 1 550 нм).

*Мультиплексирование с грубым спектральным разделением
(Coarse Wavelength Division Multiplexing) (CWDM)*

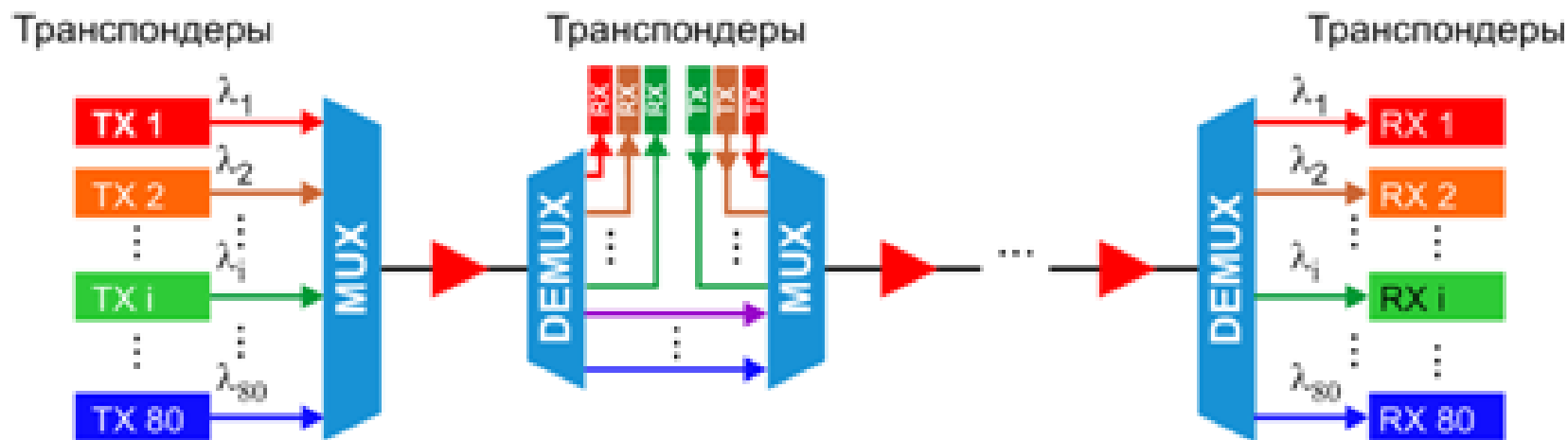
Мультиплексирования со спектральным разделением при разнесении длин волн каналов меньше чем 50 нм, но больше чем 1000 ГГц (приблизительно 8 нм в районе 1550 нм и 5,7 нм в районе 1310 нм). Устройства в пределах этого класса могут охватывать несколько спектральных диапазонов.

*Мультиплексирование с плотным спектральным разделением
(Dense Wavelength Division Multiplexing) (DWDM)*

Мультиплексирование со спектральным разделением при разнесении каналов меньше или равном 1000 ГГц. Устройства в пределах этого класса могут охватывать один или более спектральных диапазонов.

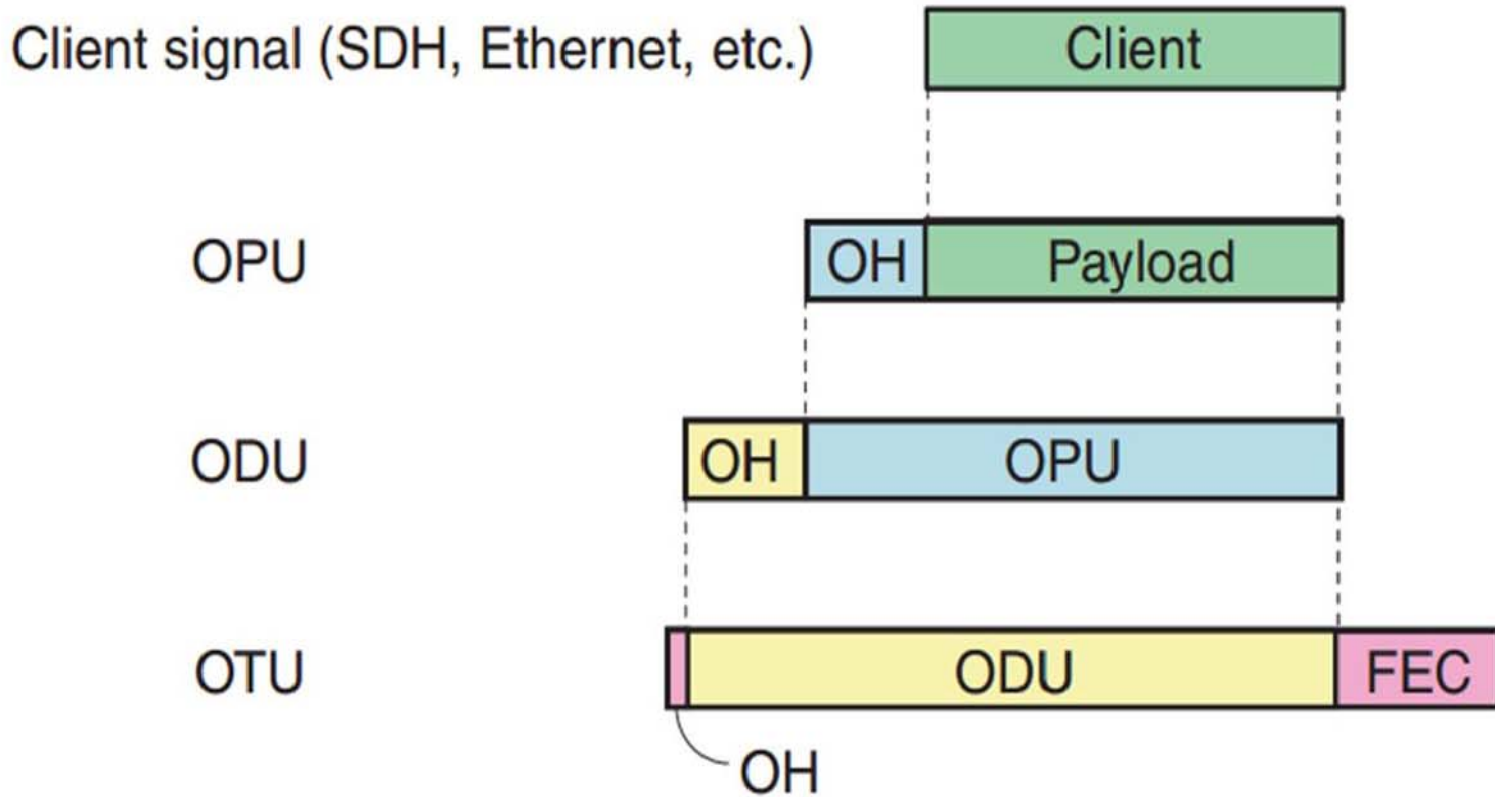
Оптические транспортные сети (OTN)

Структура DWDM сети



- Прозрачная передача протоколов: OTN OTU1/2/3/4, SDH STM-1/4/16/64/256, Ethernet FE/GE/10GE/100GE и др.
- Одновременное усиление всех спектральных каналов
- Высокая емкость сети при одновременной передаче множества каналов
- Быстрый апгрейд за счет ввода новых каналов. Мультисервисность

Структура OTM



OPU: optical-channel payload unit
ODU: optical-channel data unit
OTU: optical-channel transport unit