

Мультиплексирование и коммутация

Мультиплексирование

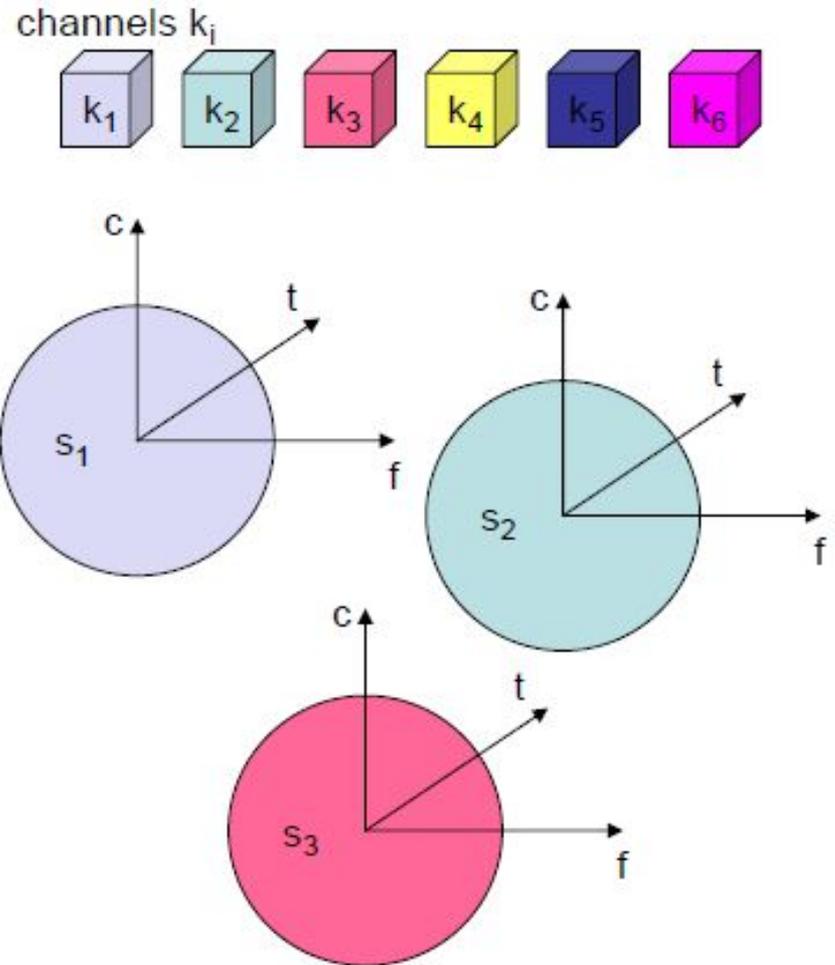
Мультиплексирование каналов (k)

в четырех измерениях :

- пространство (s)
- время (t)
- частота (f)
- код (c)

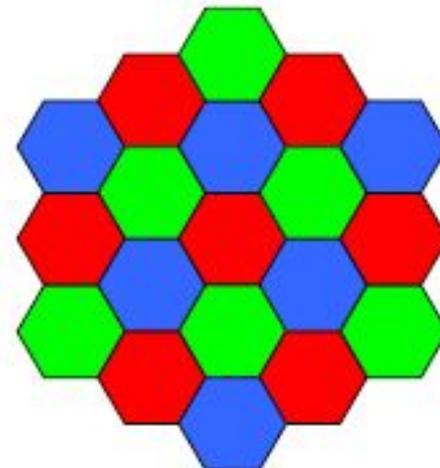
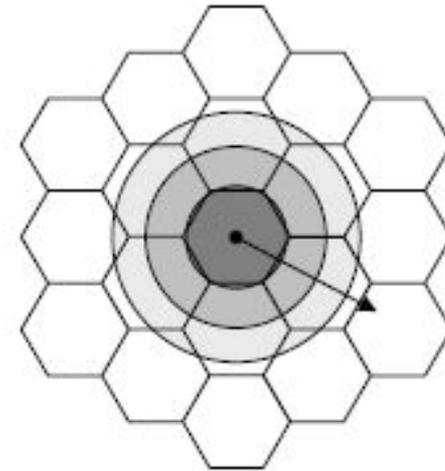
Цель: множественный доступ к разделяемой среде.

Пример: радио передача



Пример пространственного мультиплексирования – сотовая сеть

- Упрощенная шестигранная модель
- Области распространения сигнала:
частота используется многократно при определенном расстоянии между базовыми станциями
- Проблема окрашивания графа
- Интерференция из соседних ячеек (другого цвета) может управляться фильтрами передачи и приема

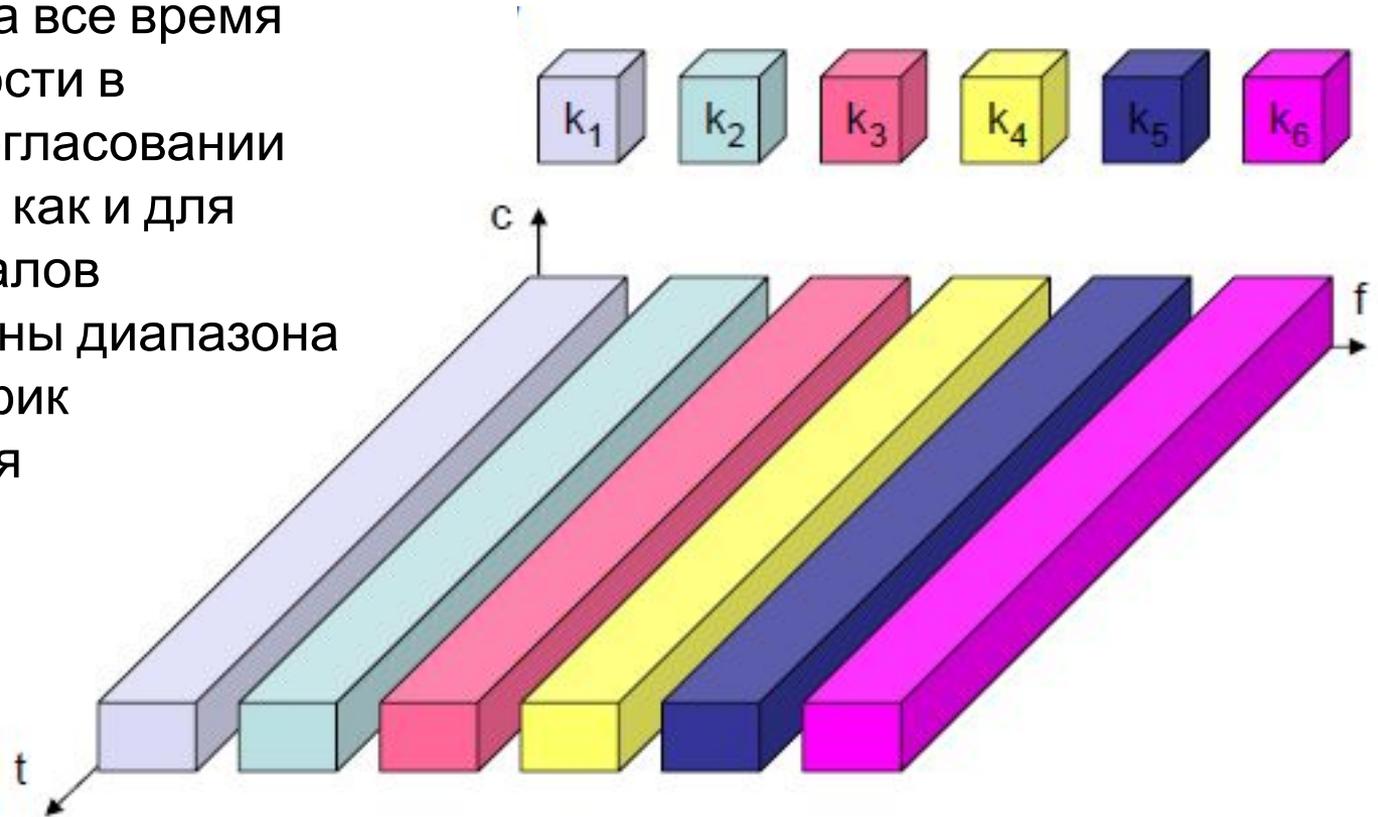


Frequency Division Multiplex (FDM)

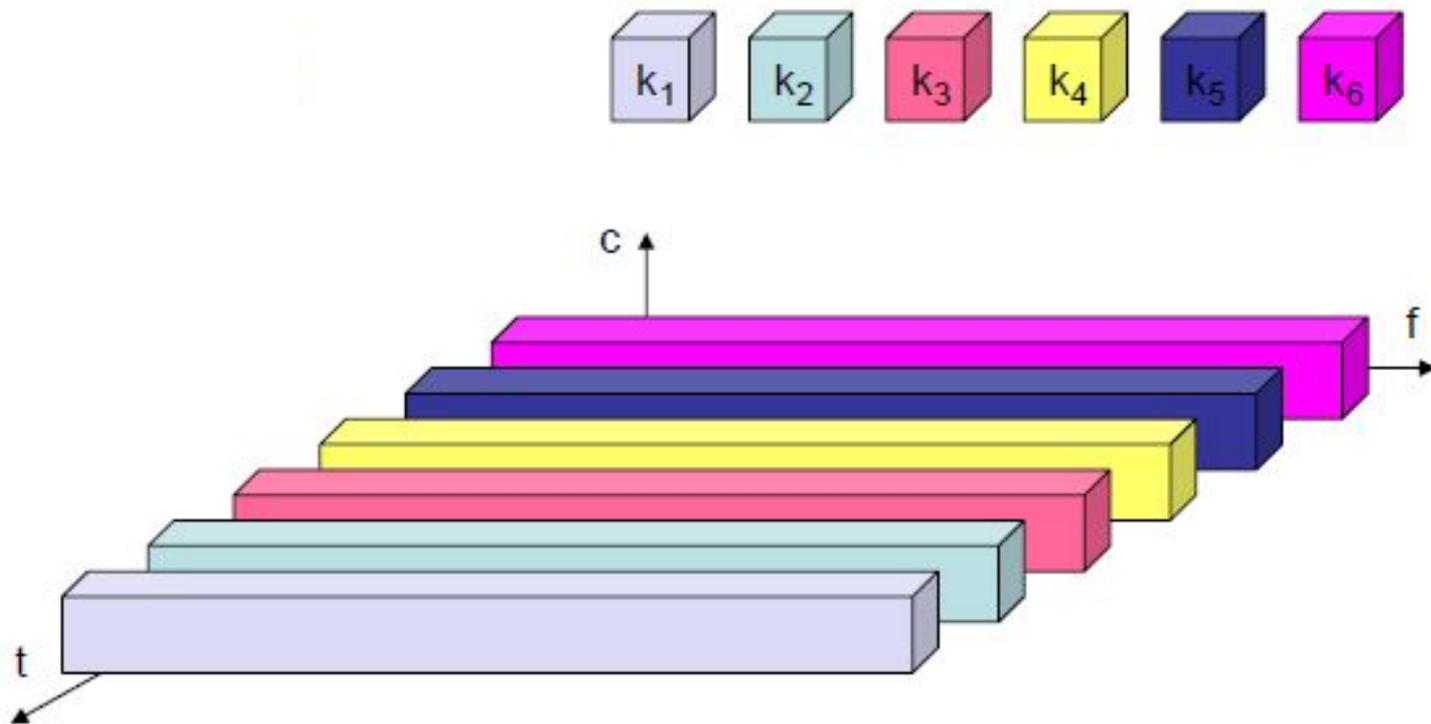
Разделение целого спектра на
маленькие частотные диапазоны
канал получает определенную
полосу спектра на все время
+ нет необходимости в
динамическом согласовании
+ работают также как и для
аналоговых сигналов

- изменение ширины диапазона
частот, если трафик
распространяется
разнородный
- негибкий

Пример:
широковещательное радио



Time Division Multiplex (TDM)



Канал получает целый спектр для определенного интервала времени

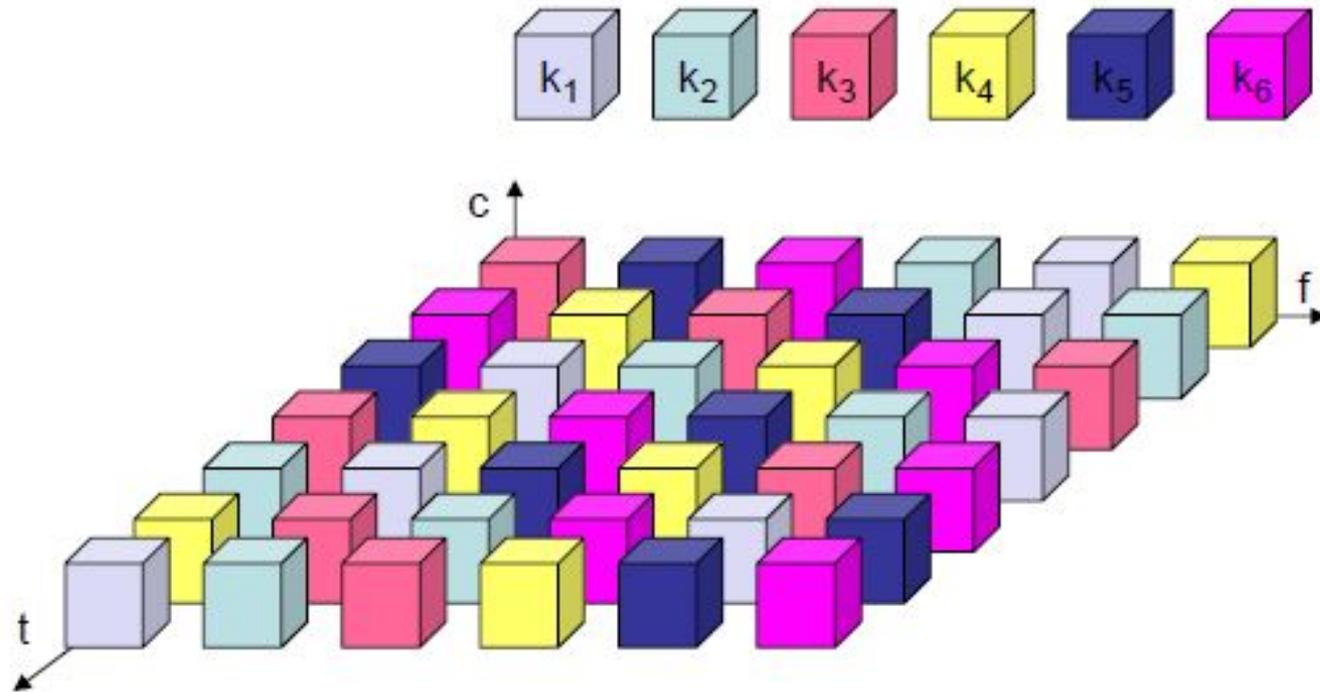
+ только одна несущая в среде в любой момент времени

+ производительность высока даже для большого числа пользователей

-Необходима точная синхронизация

Пример: Ethernet

Time and Frequency Division Multiplex



Комбинация обоих методов - канал получает определенную частотную полосу в течение некоторого времени

+ защита против частотной выборочной интерференции

+ защита против подключений

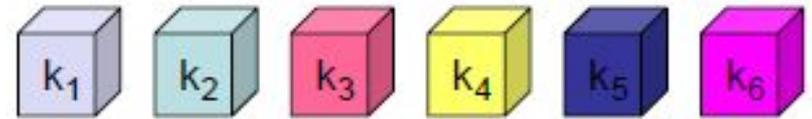
+ адаптивный

- требуется точное согласование

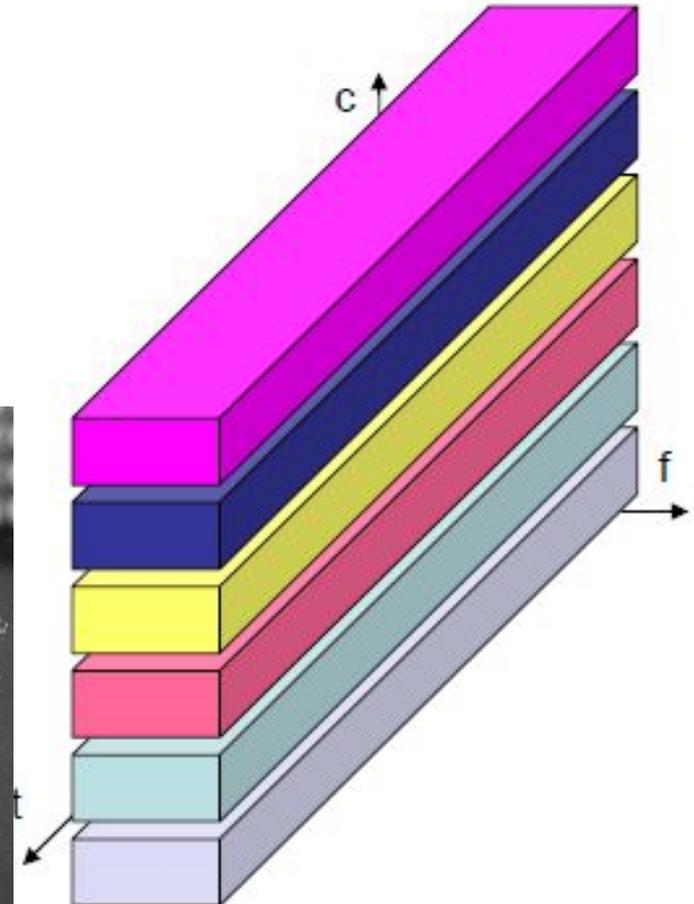
Пример: GSM

Code Division Multiplex (CDM)

- Каждый канал имеет уникальный код
 - Все каналы используют один спектр в одно время + эффективное использование диапазона частот
 - + нет согласования или синхронизации
 - + трудно подключиться
 - + почти невозможны коллизии
 - низкая скорость передачи
 - более сложное восстановление сигнала
- Пример: UMTS
- Расширенный спектр
 - U. S. Patent 2 292 387, К Hedy Markey (a.k.a. Lamarr Или Kiesler) и George Antheil (1942)



9.11.1914 – 19.01.2000



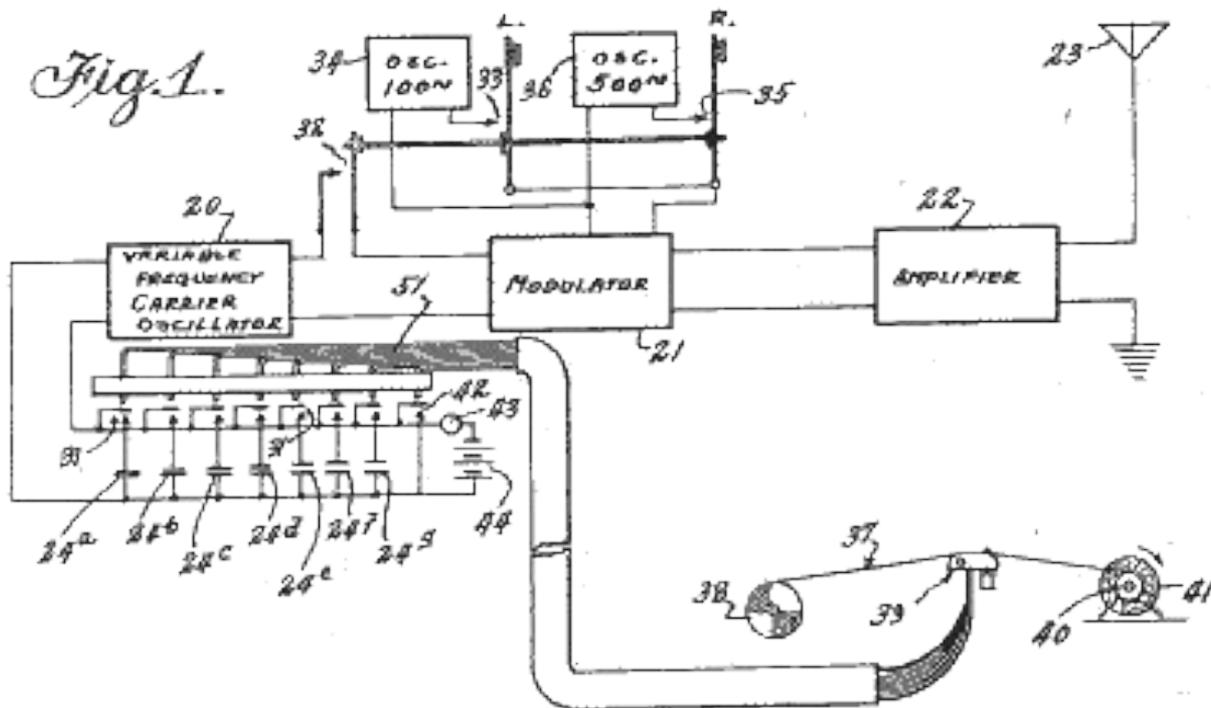
Aug. 11, 1942.

H. K. MARKEY ET AL
SECRET COMMUNICATION SYSTEM

2,292,387

Filed June 10, 1941

2 Sheets-Sheet 1



U.S. Patent Number
2,292,387 granted on
August 11, 1942, to Hedy
Keisler Markey aka Hedy
Lamarr and George Antheil
for a "Secret
Communications System."



Silver Screen суперзвезда Хеди Ламарр (урожденная Хедвиг Кислер Марки) с помощью композитора Джорджа Antheil изобрел асистему секретный связи в попытке помочь союзникам победить немцев во Второй мировой войне. Изобретение, запатентованное в 1941 году, предусматривает манипулирование радиочастотами между передачей и приемом создавая неразрывный код так, что сверхсекретные сообщения не могут быть перехвачены. Технология называется расширенным спектром - в настоящее время принимает различные формы. Тем не менее, всё с расширенным спектром, что мы используем сегодня, прямо или косвенно, вытекает из изобретения, созданного Хеди Ламарр.

Вечеринка-коктейль как аналогия для мультиплексирования

- Пространственное мультиплексирование: общение в различных комнатах
- Частотное мультиплексирование: использование голосов сопрано, альты, тенор или баса для определения каналов связи
- Временное мультиплексирование: позвольте другим закончить говорить
- Кодовое мультиплексирование: используйте различные языки и болтайте на вашем языке.

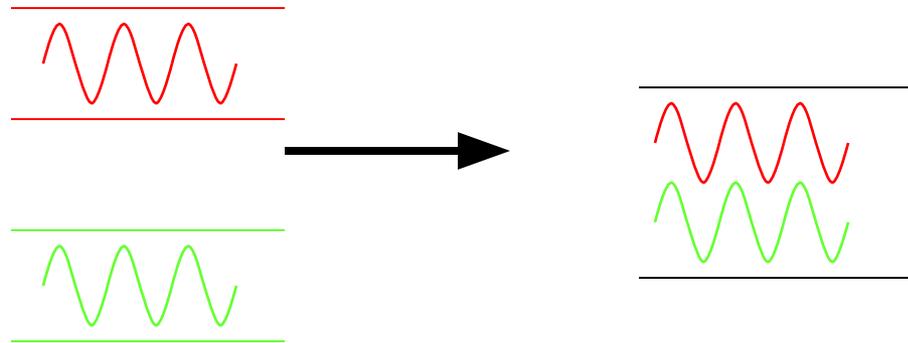
Какой отдельный язык лучше поможет Вам отфильтровать шум :

Немецкий/Японский лучше чем
Немецкий/Голландский.

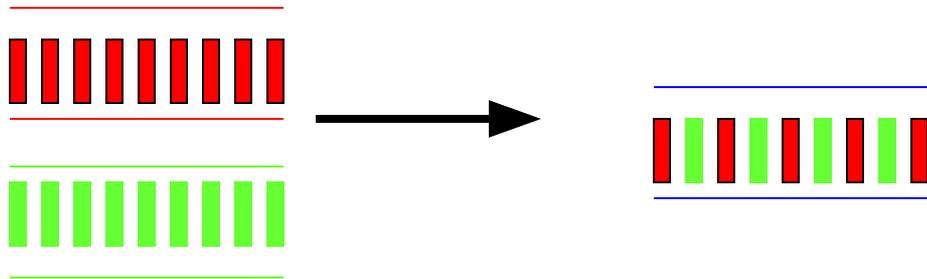


Уплотнение каналов (мультиплексирование)

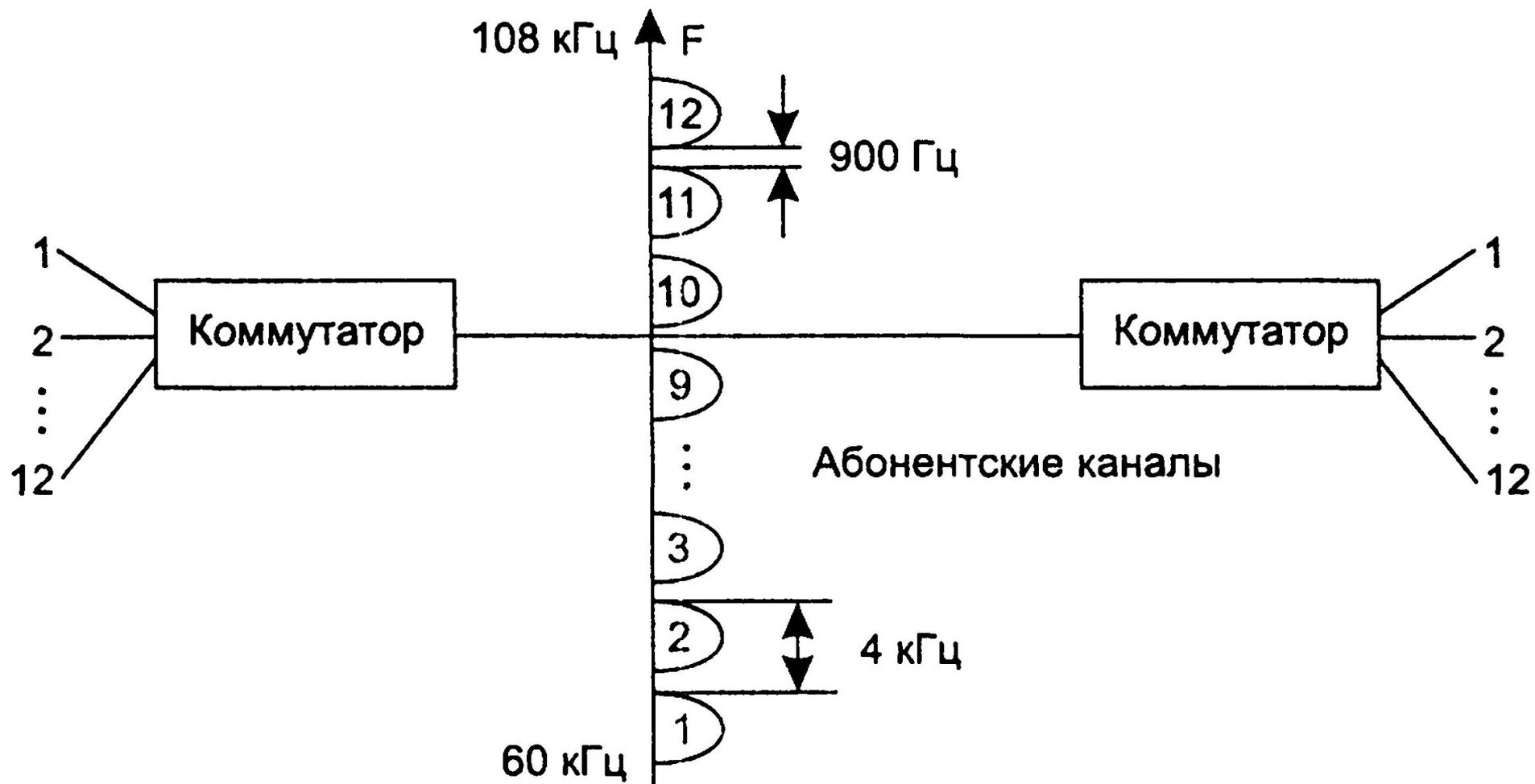
- Частотное
FDM



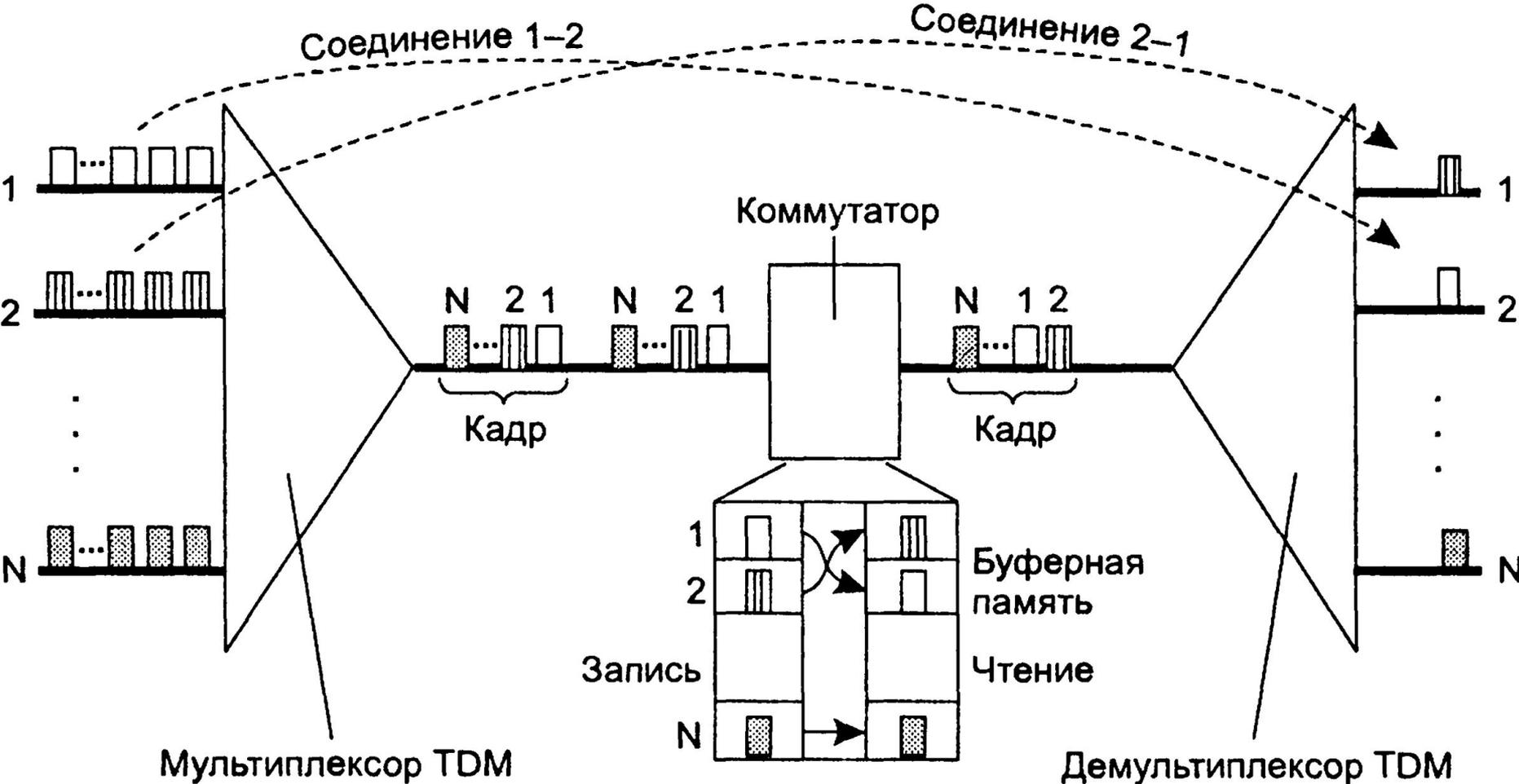
- Временное
TDM



FDM-коммутация



TDM-коммутация



FDMA - множественный доступ с частотным разделением

Стандарт FDMA широко используется как в традиционных аналоговых системах сотовой связи, так и в современных цифровых системах (как правило в сочетании с другими методами).

Из всего доступного диапазона каждому абоненту выделяется своя полоса частот, которую он может использовать все 100% времени. Таким образом не временной фактор, а только лишь различия в частоте используются для разделения (дифференциации) абонентов. Подобный подход имеет заметное преимущество: вся информация передается в "реальном времени", и абонент получает возможность использовать всю полосу пропускания, выделенного ему сегмента. Ширина полосы сегмента может варьироваться в зависимости от используемой системы связи.

CDMA - множественный доступ с кодовым разделением

Каналы трафика при таком способе разделения среды создаются присвоением каждому пользователю отдельного кода, который распространяется по всей ширине полосы. В данном случае не существует временного разделения, и все абоненты постоянно используют всю ширину канала. Нужно заметить, что полоса частот, выделяемая для организации одного канала, очень широка. Вещание абонентов накладываются друг на друга, но поскольку их коды отличаются, они могут быть легко дифференцированы.

В качестве иллюстрации этого метода можно представить комнату, в которой находятся несколько пар людей. Эти пары хотят общаться только друг с другом и не интересуются другими.

Если каждая пара знает только один язык и его использует, а все языки различны, тогда воздух комнаты может быть "несущей частотой" для их голосов. Аналогия заключается в том, что воздух в комнате является широкополосным каналом, а языки представляются в виде кодов.

Если мы включим языковые "фильтры", то люди, говорящие на немецком, не услышат тех, кто говорит на испанском и т.д.

Мы будем увеличивать количество абонентов до тех пор, пока общий "Фоновый шум" (помехи от других абонентов) не будет нас ограничивать.

Регулируя мощность сигнала всех абонентов, которая не должна быть выше необходимой при сохранении высокого качества речи, мы обеспечиваем связью большое количество абонентов.

Максимальное количество пользователей, или каналов трафика зависит от интенсивности использования каждого канала трафика, и поэтому не является определенным. Это отражается в концепции "мягкой перегрузки" (soft overload), согласно которой дополнительный абонент (или пара по нашей аналогии) может получить доступ, если необходимо, за счет несколько возрастающих помех для других абонентов.

Повторное использование частот

В случае применения других сотовых технологий сети проектируются с повторным использованием частот в каждой восьмой или каждой пятой соте, то есть $N=7$ или $N=4$.

Большинство операторов используют в каждой ячейке три независимых секторных антенны (трехсекторная модель, $N=7$). Или, другими словами, обычно одна седьмая всех частот, выделенных оператору сотовой связи, может использоваться в любой соте. Соты должны быть разнесены достаточно далеко друг от друга с тем, чтобы помехи были устранены или сведены к минимуму, и соответственно достигнуто приемлемое качество речи.

В случае использования стандарта CDMA сигнал может быть принят при наличии высокого уровня помех, но при этом сохраняется то же самое или более высокое качество передачи. Все абоненты совместно используют один и тот же частотный ресурс. В стандарте CDMA одна и та же полоса частот используется в каждой соте и в каждом секторе секторизованной соты. В данном случае модель повторного использования частот выглядит как $N=1$. Эта модель $N=1$ является тем условием, которое обеспечивает для стандарта CDMA более высокую пропускную способность (емкость) по сравнению с AMPS и другими технологиями. Помехи, создаваемые другими абонентами и другими базовыми станциями, представляют собой фактор, в конечном итоге определяющий верхний порог пропускной способности сети стандарта CDMA. При разработке первичной сети целью является сведение к минимуму общего уровня помех. В стандарте CDMA существует множество способов снизить уровень помех и довести до максимума емкость сети.

TDMA - множественный доступ с временным разделением

Стандарт TDMA активно используется современными цифровыми системами подвижной связи. В отличие от систем частотного разделения, все абоненты системы TDMA работают в одном и том же диапазоне частот, но при этом каждый имеет временные ограничения доступа. Каждому абоненту выделяется временной промежуток (кадр), в течении которого ему разрешается "вещание". После того, как один абонент завершает вещание, разрешение передается другому, затем третьему и т.д. После того, как обслужены все абоненты, процесс начинается сначала. С точки зрения абонента его активность носит пульсирующий характер. Чем больше абонентов, тем реже каждому из них предоставляется возможность передать свои данные, тем, соответственно, меньше данных он сможет передать. Если ограничить потребности (возможности) абонента известной величиной, можно оценить количество пользователей, которых реально сможет обслужить система с таким способом разделения среды. Временное разделение, как правило, накладывается на частотное разделение и вещание ведется в выделенной полосе частот.