

ОСОБЕННОСТИ МНОГОСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА С ВРЕМЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Зинкин С.В.¹, Мурсаев А.Н.²
Email: Zinkin1182@scientifictext.ru

¹Зинкин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент;

²Мурсаев Алексей Николаевич – кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры,
кафедра радио- и спутниковой связи,
Пензенский государственный университет,
г. Пенза

Аннотация: в статье проанализированы принципы многостанционного доступа с временным разделением каналов в системах спутниковой связи. При МДВР независимая работа через общий ретранслятор многих земных станций осуществляется путём разнесения передаваемых ими сигналов во времени, т.е. они проходят через ретранслятор поочерёдно, в последовательные интервалы времени. Поскольку в любой интервал времени через ретранслятор передаётся сигнал только одной станции, то все земные станции, использующие ретранслятор, могут работать на одной несущей частоте. Но для поочерёдного прохождения через ретранслятор сигналов земных станций необходимо иметь общую систему синхронизации, обеспечивающую включение их передатчиков в определённые интервалы времени. Анализ достоинств и недостатков временного многостанционного доступа позволяет считать его весьма привлекательным для многоканальной связи между небольшим числом стационарных станций и менее пригодным для связи подвижных станций с малым временем обмена.

Ключевые слова: многостанционный доступ, временное разделение сигналов, система спутниковой связи.

FEATURES OF MULTI-STATION ACCESS WITH TEMPORARY CHANNEL SEPARATION IN SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Zinkin S.V.¹, Mursaev A.N.²

¹Zinkin Sergey Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

²Mursaev Alexey Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, deputy Head of the Department,
DEPARTMENT OF RADIO-AND SATELLITE COMMUNICATIONS,
PENZA STATE UNIVERSITY,
PENZA

Abstract: the article analyzes the principles of multi-station access with temporary channel separation in satellite communication systems. With MDVR, independent work through a common repeater of many Earth stations is carried out by spreading the signals transmitted by them in time, i.e. they pass through the repeater alternately, in consecutive time intervals. Since only one station's signal is transmitted through the repeater at any time interval, all Earth stations using the repeater can operate on the same carrier frequency. But for the signals of Earth stations to pass through the repeater in turn, it is necessary to have a common synchronization system that ensures the inclusion of their transmitters at certain time intervals. The analysis of the advantages and disadvantages of temporary multi-station access allows us to consider it very attractive for multi-channel communication between a small number of stationary stations and less suitable for communication of mobile stations with a short exchange time.

Keywords: multi-station access, temporary signal separation, satellite communication system.

УДК 621.372

При многостанционном доступе с временным разделением каналов (МДВР) независимая работа через общий ретранслятор многих земных станций осуществляется путём разнесения передаваемых ими сигналов во времени, т.е. они проходят через ретранслятор поочерёдно, в последовательные интервалы времени. Поскольку в любой интервал времени через ретранслятор передаётся сигнал только одной станции, то все земные станции, использующие ретранслятор, могут работать на одной несущей частоте. Но для поочерёдного прохождения через ретранслятор сигналов земных станций необходимо иметь общую систему синхронизации, обеспечивающую включение их передатчиков в определённые интервалы времени [1].

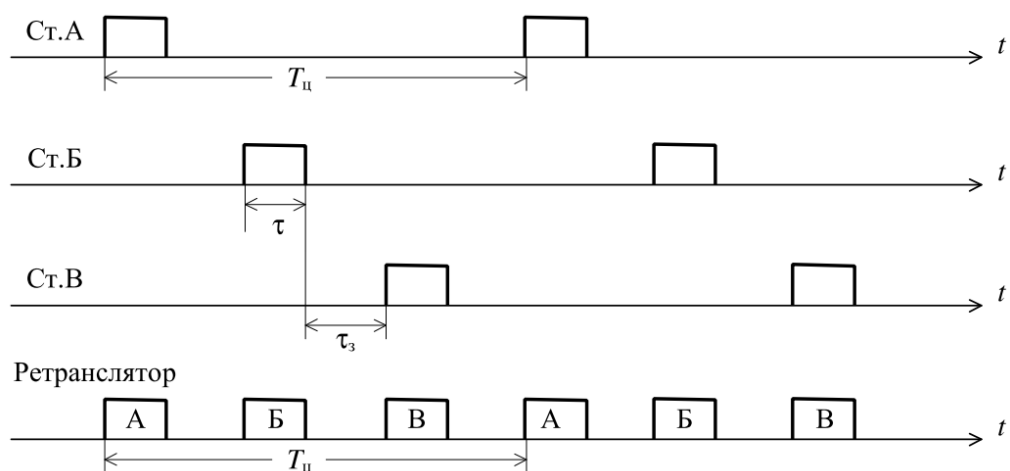


Рис. 1. Временная диаграмма прохождения сигналов через Ртр

На рисунке 1 показана временная диаграмма прохождения через ретранслятор сигналов передатчиков трёх наземных станций А, Б и В при условии, что расстояния от этих станций до ИСЗ и передаваемые от них объёмы информации одинаковы. Каждая станция передаёт модулированное колебание на одной и той же несущей частоте в интервалах времени τ , повторяющихся с периодом $T_{ц}$ [2].

Система синхронизации включает передатчики станций в такие моменты времени, что их сигналы на входе ретранслятора появляются в последовательные неперекрывающиеся интервалы времени τ [3].

Интервал времени τ прохождения через ретранслятор сигналов каждой станции называется кадром передачи. Полная последовательность кадров передачи всех станций через ретранслятор составляет цикл передачи системы. На рисунке 1 цикл передачи содержит три кадра А, Б и В. Циклы повторяются с периодом $T_{ц}$.

Между соседними кадрами имеется защитный временной интервал τ_z , предотвращающий наложение сигналов разных станций в реальной системе, в которой расстояния от станций до ИСЗ различны и меняются. Величина защитного интервала τ_z определяется требуемым значением переходных помех между направлениями связи, возможным диапазоном изменения расстояния или запаздывания сигналов на трассах «земная станция-ИСЗ» и точностью работы системы синхронизации передатчиков. Поскольку в каждый момент времени через ретранслятор проходит сигнал только одной станции, то в ретрансляторе не возникают комбинационные помехи и сигнал усиливается до уровня максимальной мощности бортового передатчика [4].

Как правило, в известных реализованных либо проектируемых системах с МДВР $\eta > 0,9$.

Для рассмотрения принципа работы системы спутниковой связи с временным многостанционным доступом необходимо знание структуры цикла передачи.

Цикл передачи состоит из пачек импульсов (двоичных символов) – кадров, передаваемых отдельными станциями (см. рисунок 2). Кадры различных станций могут отличаться по длительности и количеству импульсов. Длительность кадров и их положение в цикле можно адаптивно изменять в соответствии с нагрузками земных станций.



Рис. 2. Кодовая структура цикла передачи в режиме МДВР

Важнейшим параметром структуры является период цикла. В известных системах с временным многостанционным доступом организована передача телефонных сигналов методом импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). В существующих системах спутниковой связи используется формирование ИКМ сигналов из абонентских сигналов, так как такие системы позволяют более просто перераспределять телефонные каналы между направлениями связи [5].

Кадр (см. рисунок 2,б), передаваемый станцией, содержит начальную часть и ИКМ-данные телефонных каналов, направляемых к другим станциям. Начальная часть предназначена для тактовой и цикловой синхронизации приёмников оконечных станций. Она состоит из импульсов тактовой и цикловой синхронизации, импульсов служебного канала и защитного интервала (см. рисунок 2,в).

Длина начальной части кадра зависит от применяемых методов синхронизации, модуляции и приёма. Так, например, демодуляторы когерентной ФТ, последовательно перестраивающиеся на сигналы работающих станций, требуют для тактовой синхронизации от 20 до 40 двоичных символов. После синхроимпульсов передаётся кодовое слово начала пачки и опознавания станции. Оно используется для цикловой синхронизации при вхождении станции в связь и передаче информации [6].

Наличие начальной части в кадре каждой станции также приводит к снижению показателя эффективности использования радиоресурса ретранслятора η .

Таблица 1. Соотношения сигнал-шум при различных кратностях манипуляции

R, Мбит/с	20			40			60		
M, кратность	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$R'_{\text{кан}}, \text{Мбит/с}$	20	10	6,7	40	20	13,3	60	30	20
$T, \text{нс}$	50	100	150	25	50	75	16,67	33,3	50
$\Delta f = 0,8/T, \text{МГц}$	16	8	5,4	32	16	10,6	48	24	16
$P_c/P_{\text{ш}}$ при $p_{\text{ош}}$ равном, 10^{-4}	9,8	12,8	17,8	9,8	12,8	17,8	9,8	12,8	17,8
10^{-5}	10,8	13,8	18,8	10,8	13,8	18,8	10,8	13,8	18,8
10^{-6}	11,8	14,8	19,5	11,8	14,8	19,5	11,8	14,8	19,5
$\Delta f = 1/T, \text{МГц}$	20	10	6,7	40	20	13,3	60	30	20
$P_c/P_{\text{ш}}$ при $p_{\text{ош}}$ равном, 10^{-4}	8,8	11,8	16,8	8,8	11,8	16,7	8,8	11,8	16,8
10^{-5}	9,8	12,8	17,8	9,8	12,8	17,8	9,8	12,8	17,8
10^{-6}	10,8	13,8	18,5	10,8	13,8	18,5	10,8	13,8	18,5
$\Delta f = 1,2/T, \text{МГц}$	24	12	8	48	24	16	72	36	24
$P_c/P_{\text{ш}}$ при $p_{\text{ош}}$ равном, 10^{-4}	8,0	11,0	16,0	8,0	11,0	16,0	8,0	11,0	16,0
10^{-5}	9,0	12,0	17,0	9,0	12,0	17,0	9,0	12,0	17,0
10^{-6}	10,0	13,0	17,7	10,0	13,0	17,7	10,0	13,0	17,7
$\Delta f = 1,35/T, \text{МГц}$	27	13,5	9,2	54	27	18	81	40,5	27
$P_c/P_{\text{ш}}$ при $p_{\text{ош}}$ равном, 10^{-4}	7,5	10,5	15,5	7,5	10,5	15,5	7,5	10,5	15,5
10^{-5}	8,5	11,5	16,5	8,5	11,5	16,5	8,5	11,5	16,5
10^{-6}	9,5	12,5	17,2	9,5	12,5	17,2	9,5	12,5	17,2

В таблице 1 для примера приведены требуемые отношения сигнал-шум при различных кратностях манипуляции, скоростях передачи информации и ширине полосы пропускания линейной части приёмного устройства [7].

Метод МДВР имеет следующие достоинства:

- более высокую пропускную способность, обусловленную эффективным использованием мощности передатчика ИСЗ и отсутствием комбинационных помех;
- возможность устранения влияния разброса уровней сигналов на входе ретранслятора на уровни сигналов в линиях «ИСЗ–Земля» за счёт выравнивания уровней сигналов ограничителем ретранслятора.

Метод МДВР имеет следующие недостатки:

- необходимость синхронизации работы земных станций, что трудно выполнить при движении ИСЗ и сменах используемых для связи спутников;
- высокие мгновенные скорости передачи в радиопереносах: они увеличивают чувствительность системы к помехам из-за многолучевого распространения при связи с летящими объектами;
- высокую пиковую мощность земных передатчиков, которая приводит к увеличению габаритов и стоимости земных станций.

Таким образом, в статье проанализированы принципы многостанционного доступа с временным разделением каналов в системах спутниковой связи. Приведены достоинства и недостатки метода МДВР. Анализ достоинств и недостатков временного многостанционного доступа позволяет считать его весьма привлекательным для многоканальной связи между небольшим числом стационарных станций и менее пригодным для связи подвижных станций с малым временем обмена.

Список литературы / References

1. Кук К.И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее. М.: Горячая линия – Телеком, 2015. 256 с.
2. Основы построения систем спутниковой связи: учебник / Под ред. М.С. Немировского. М.: Горячая линия - Телеком, 2017. 432 с.
3. Акмоллов А.Ф., Ковальский А.А., Ефимов С.Н. Предложения по созданию и функционированию многоспутниковой системы связи на основе разнорысотной орбитальной группировки // Труды учебных заведений связи, 2020. Т. 6. № 1. С. 22-31.
4. Daniel Minoli. Innovations in satellite communication and satellite technology: the industry implications of DVB-S2X, high throughput satellites, Ultra HD, M2M, and IP. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015. 423 p.
5. Кузовников А.В., Выгонский Ю.Г., Тестоедов Н.А. Анализ вариантов построения систем персональной спутниковой связи // Научные технологии, 2016. Т. 17. № 7. С. 5-8.
6. Cheng S., Gao Y., Cao J., Guo Y., Du Y., Hu S. (2020) Application of Neural Network in Performance Evaluation of Satellite Communication System: Review and Prospect. In: Liang Q., Wang W., Mu J., Liu X., Na Z., Chen B. (eds) Artificial Intelligence in China. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 572. Springer, Singapore.
7. Космические системы ретрансляции: монография / Н.А. Тестоедов и др. М.: Радиотехника, 2017. 448 с.