

УДК 691.396.946

МОДЕЛЬ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ СМЕШАННОГО ТРАФИКА РЕЧИ И ДАННЫХ В РАЗНОВЫСОТНОЙ СИСТЕМЕ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

К. Ю. Цветков,

доктор техн. наук, профессор

А. Ф. Акмолов,

канд. техн. наук, доцент

Е. А. Викторов,

адъюнкт

Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Предложено обобщение математической модели протокола случайного множественного доступа при использовании коммутируемого спутникового моноканала с обнаружением активности приемных лучей и конфликтов пакетов. На основе данного протокола предлагается организовать канал управления передачей смешанного трафика речи и данных в разнорысотной системе спутниковой связи.

Ключевые слова — протокол, трафик, случайный множественный доступ, коммутируемый спутниковый моноканал.

Введение

В настоящее время системы спутниковой связи (ССС) являются одним из основных средств, способных с учетом современных технологий обеспечить оперативную связь, практически не зависящую ни от географического положения и рельефа местности, ни от расстояния находящихся в зоне радиовидимости спутников-ретрансляторов (СР) мобильных абонентов наземного, морского и воздушного базирования [1]. Данное обстоятельство привлекает все возрастающее внимание к СССР, обеспечивающим возможность персональной связи с использованием носимого терминала, со стороны ведущих разработчиков систем связи как в нашей стране, так и за рубежом. Особую актуальность для России разработка такого рода СССР приобретает в условиях большой географической протяженности и низкой плотности населения страны, отсутствия развитой инфраструктуры наземной связи и труднодоступности большинства регионов.

Анализ существующих подходов к построению орбитальной группировки (ОГ) космических аппаратов (КА) ретрансляторов показывает ограниченность известных решений, основанных на применении геостационарных и высоковытяну-

тых эллиптических орбит размещения ретрансляторов связи. Так, применение СССР с использованием геостационарных КА-ретрансляторов не обеспечивает покрытие северных (южных) приполярных районов; высоковытянутые эллиптические орбиты, в свою очередь, не обеспечивают покрытие экваториальных областей и областей южного полушария Земли [2]. Возможным выходом является использование низкоорбитальных группировок КА-ретрансляторов связи. Однако существующие технические решения их построения ограничиваются одноуровневой иерархией, обеспечивают зоны покрытия до 70° с. ш. (ю. ш.) и не включают в себя приполярные районы. К дополнительному недостатку можно отнести необходимость тщательно планировать места размещения шлюзовых наземных станций спутниковой связи, обеспечивающих привязку СССР к наземным сетям связи на всех континентах.

Одним из перспективных направлений построения орбитальной группировки СССР является использование разнорысотных СР. Специфика таких разнорысотных многоспутниковых систем связи (РМСС) объясняется, во-первых, наличием большого количества КА, требующих управления (корректируемая ОГ), а также малой продолжительностью сеанса связи через один КА. По-

следнее влечет за собой неоднократный переход наземных абонентов с одного КА на следующий за ним КА. В случае отсутствия глобального покрытия высока вероятность перерывов связи, связанных с ожиданием КА (временем подлета КА). При этом основным предназначением РМСС является обеспечение непрерывного и глобального обмена всеми видами информации между мобильными абонентами системы наземного, воздушного и морского базирования как между собой, так и с абонентами других стационарных и мобильных сетей связи, использующих различные телекоммуникационные технологии.

Принципы построения РМСС

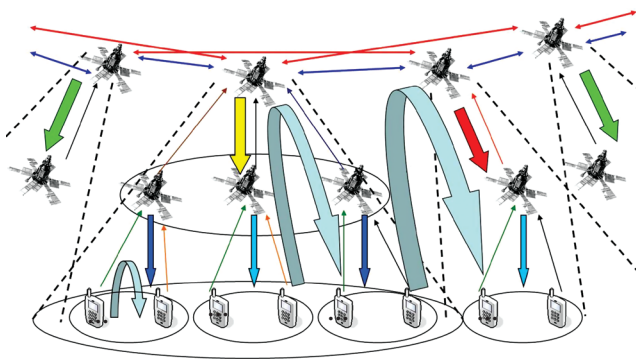
Создание РМСС с комбинированной структурой построения ОГ КА связи позволяет сочетать преимущества различных типовых вариантов построения ССС и за счет этого компенсировать их отдельные слабые стороны. При этом базовыми принципами построения РМСС, схема организации связи в которой представлена на рис. 1, являются [3]:

- баллистическое построение на основе разновысотных спутниковых кластеров 1-го и 2-го уровня (в состав космического сегмента РМСС входят 24 КА на низких и 8 КА на средних околополярных круговых орбитах, причем в зоне покрытия КА 2-го уровня постоянно находятся 3 КА 1-го уровня);

- клонирование технологий протоколов информационного обмена и управления трафиком связи между орбитальными уровнями сетевого взаимодействия РМСС, мобильными терминалами и шлюзовыми станциями;

- реализация сетевых технологий высокоскоростной маршрутизации и коммутации в космическом сегменте двухуровневой РМСС;

- унифицированность бортовой, шлюзовой, терминальной приемопередающей и телекоммуникационной аппаратуры на основе модульных технических решений;



■ Рис. 1. Принцип организации связи в разновысотной РМСС

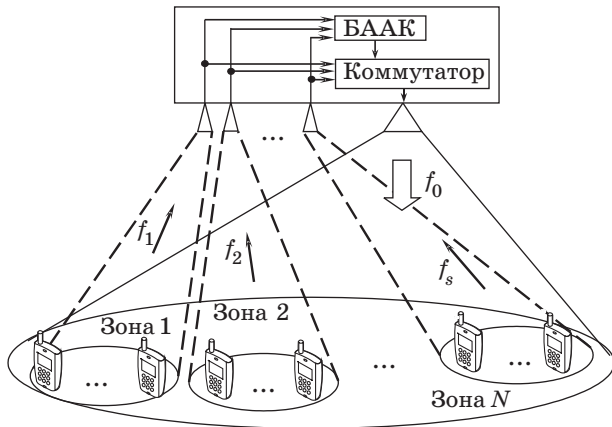
- распределенная структура взаимосвязанных наземных шлюзовых станций с выносными пулами одноканальных терминалов спутниковой связи для повышения пропускной способности и расширения зоны обслуживания абонентов СР 1-го уровня (шлюзовые станции с помощью проводных линий связи обеспечивают соединение РМСС с наземными сетями общего пользования);

- использование широкополосного режима передачи пакетов канала управления (ПКУ) зоны покрытия каждого СР РМСС. При этом канал управления обеспечивает передачу всей управляющей информации, связанной с работой системы управления связными ресурсами, системы управления группировкой КА и биллинговой системы.

Последний принцип предполагает для организации канала управления в РМСС использование одного из известных протоколов случайного множественного доступа (СМД), которые широко применяются в этих целях в мобильных сетях наземной и спутниковой связи. Использование протокола СМД существенным образом влияет на облик рассматриваемой разновысотной РМСС и требует анализа эффективности данного протокола в конкретных условиях их применения, поскольку зачастую применяемые в ССС протоколы не позволяют достаточно эффективно использовать пропускную способность выделенного диапазона частот. В частности, известный протокол СМД «простая» АЛОНА (P-АЛОНА) характеризуется наличием взаимоисключающих конфликтов пакетов, вследствие чего предельный коэффициент использования пропускной способности (КИПС) ρ спутникового моноканала имеет достаточно низкое значение ($\rho = 0,18$).

Предлагается осуществить модернизацию данного протокола для организации канала управления в РМСС применительно к коммутируемому спутниковому моноканалу на основе приемной многолучевой антенны (МЛА) СР и одной передающей антенны с широким лучом, обеспечивающим покрытие всех приемных зон СР (рис. 2). При этом блок анализа активности и конфликтов БААК приемных лучей, входящий в состав СР, осуществляет формирование управляющего воздействия на коммутатор. В результате реализации алгоритма работы предлагаемого СР доступ к передающему лучу получает ПКУ, поступивший первым по одному из лучей МЛА. Последнее обеспечивает исключение взаимоисключающих конфликтов между ПКУ, поступившими из различных лучей МЛА.

При наличии взаимоисключающего конфликта между пакетами, передаваемыми в одном луче, БААК осуществляет блокировку данного луча, что освобождает моноканал для передачи

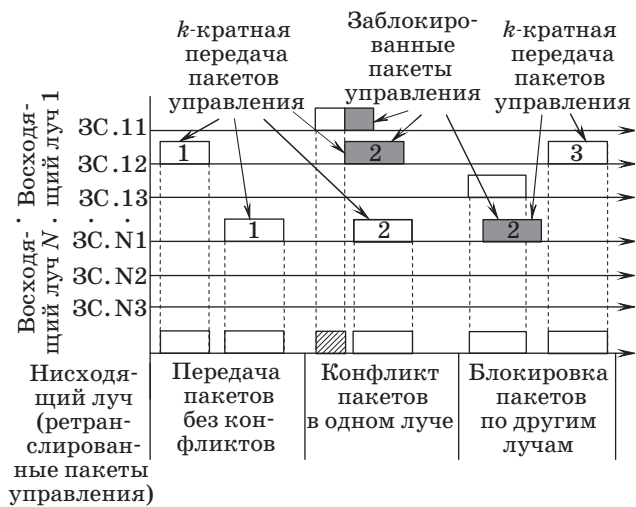


■ Рис. 2. Принцип организации канала управления на основе коммутируемого спутникового моноканала в кластере 1-го уровня РМСС

пакетов, поступивших по другим лучам. Активность луча и состояние конфликта пакетов в одном луче идентифицируются на основе детектирования радиосигналов и последующего использования двух пороговых устройств в структуре СР.

Важным отличием от традиционной схемы реализации протокола P-ALOHA является также использование различных рабочих частот $f_1 - f_N$ в восходящих радиоприемах и одной общей частоты f_0 , используемой для передачи всех ретранслированных ПКУ в широком луче нисходящей радиоприема. Последнее достигается использованием различных частотных подставок для переноса принимаемых разночастотных сигналов на общую частоту передачи f_0 моноканала.

Дополнительным отличием предложенной модернизации является использование данного



■ Рис. 3. Временные диаграммы передачи ПКУ речевого трафика: ЗС — земная станция

протокола для передачи ПКУ как трафика данных, так и речевого трафика (далее — смешанного трафика). При этом каждый ПКУ имеет свой идентификационный признак, показывающий, какое соединение требуется установить — речевое или канал передачи данных. Будем полагать, что трафик данных имеет больший приоритет по сравнению с трафиком речи. В таком случае при конфликтах пакетов и блокировках лучей приемной МЛА ПКУ трафика данных подлежат обязательной повторной передаче, а ПКУ речевым трафиком повторно не передаются. При этом в целях обеспечения требуемой достоверности доставки пакетов и с учетом реальных ограничений на допустимый уровень потерь ПКУ речевым трафиком осуществляется их k -кратная передача (рис. 3).

Математическая модель протокола P-ALOHA для организации ПКУ передачей смешанного трафика

В работе [4] представлена математическая модель протокола СМД P-ALOHA применительно к коммутируемому спутниковому моноканалу. Целесообразно провести обобщение математической модели протокола P-ALOHA для организации канала управления передачей смешанного трафика в РМСС. Учтем сделанное ранее высказывание о необходимости повторной передачи проконфликтовавших и заблокированных ПКУ трафика данных.

Для описания математической модели приняты следующие допущения:

- поток поступающих ПКУ является простейшим с интенсивностью $\lambda_\Sigma = \lambda_0 N$, где λ_0 — интенсивность пакетов в одном луче;

- проконфликтовавшие или заблокированные ПКУ трафика данных передаются повторно, при этом $\Lambda_\Sigma = \Lambda_0 N$ — интенсивность пакетов в N лучах с учетом повторных передач, где Λ_0 — интенсивность пакетов в одном луче с учетом повторных передач;

- фактическая загрузка моноканала $a = \Lambda_\Sigma \tau$, где τ — длительность передачи пакета;

- на борту ретранслятора реализованы функции коммутации сигнала активного луча на вход спутникового моноканала при превышении уровня сигнала порога 1 и обнаружения конфликта ПКУ при превышении уровня сигналов активного луча порога 2.

Вероятность ретрансляции сигнала (передачи пакета) активного луча в моноканале определим как вероятность того, что на интервале 2τ в том же луче приемной МЛА не поступит еще один пакет [5]:

$$P = e^{-2\tau\Lambda_0}. \quad (1)$$

Тогда вероятность конфликта двух и более пакетов в луче

$$P_K = 1 - e^{-2\tau\Lambda_0}. \quad (2)$$

При передаче пакета длительностью τ в активном луче остальные $N - 1$ лучей блокируются на это время с вероятностью [4]

$$P_\tau = 1 - e^{-(N-1)\tau\Lambda_0}. \quad (3)$$

Второе пороговое устройство в составе ретранслятора обеспечивает обнаружение конфликтов пакетов в активном луче. В этом случае вероятность блокировки $N - 1$ лучей с учетом возникновения конфликта в активном луче выражается как

$$P_{\text{бл}} = (1 - P_K)P_\tau, \quad (4)$$

где $(1 - P_K)$ характеризует вероятность сохранения блокировки лучей, т. е. отсутствие конфликта в активном луче [4].

В этом случае вероятность повторной передачи выражается как вероятность двух совместных событий — конфликта P_K и блокировки $P_{\text{бл}}$ [4]:

$$R = P_K + P_{\text{бл}} - P_K P_{\text{бл}}. \quad (5)$$

Конфликты и блокировки пакетов приводят к возникновению повторных передач, среднее число которых [5]

$$K = \frac{1}{1 - R}. \quad (6)$$

Учтем, что суммарная интенсивность поступления пакетов (повторных и первичных) на вход антенны определяется как $\Lambda_\Sigma = \lambda_\Sigma K$. Тогда выражение для значения КИПС спутникового моноканала $\rho = \lambda_\Sigma \tau$ с учетом $a = \Lambda_\Sigma \tau$ и формул (1)–(6) выражается в общем виде как

$$\rho = a(1 - R). \quad (7)$$

Введем следующие обозначения:

— вероятность поступления ПКУ трафика данных

$$P_d = \frac{\lambda_d}{\lambda_\Sigma}; \quad (8)$$

— вероятность поступления ПКУ речевого трафика

$$P_p = \frac{\lambda_p}{\lambda_\Sigma}. \quad (9)$$

В общем случае возможны четыре ситуации конфликтов и блокировок ПКУ между собой: пакет данных — пакет данных $P_d P_d$; пакет данных — пакет речи $P_d P_p$; пакет речи — пакет данных $P_p P_d$; пакет речи — пакет речи $P_p P_p$. Ввиду сделанных ранее допущений стоит отметить, что только конфликт двух ПКУ речевого трафика в одном луче или блокировка при одновременной

передаче в разных лучах приемной МЛА не приводят к их повторной передаче. Тогда вероятность повторной передачи ПКУ трафика данных можно выразить как совместное событие вероятностей конфликтов и блокировок ПКУ передачей речи и данных (5) с учетом доли конфликтов и блокировок пакетов, обуславливающих повторную передачу:

$$R_{\text{см}} = R(1 - P_p^2). \quad (10)$$

Выражение для КИПС при передаче ПКУ смешанного трафика с учетом (7), (9) и (10) приобретает вид

$$\rho_{\text{см}} = a(1 - R_{\text{см}}). \quad (11)$$

Расчитанные с помощью выражения (11) зависимости приведены на рис. 4. С увеличением доли ПКУ речевого трафика число повторно передаваемых ПКУ трафика данных уменьшается (см. рис. 4, а). Это обстоятельство обуславливает

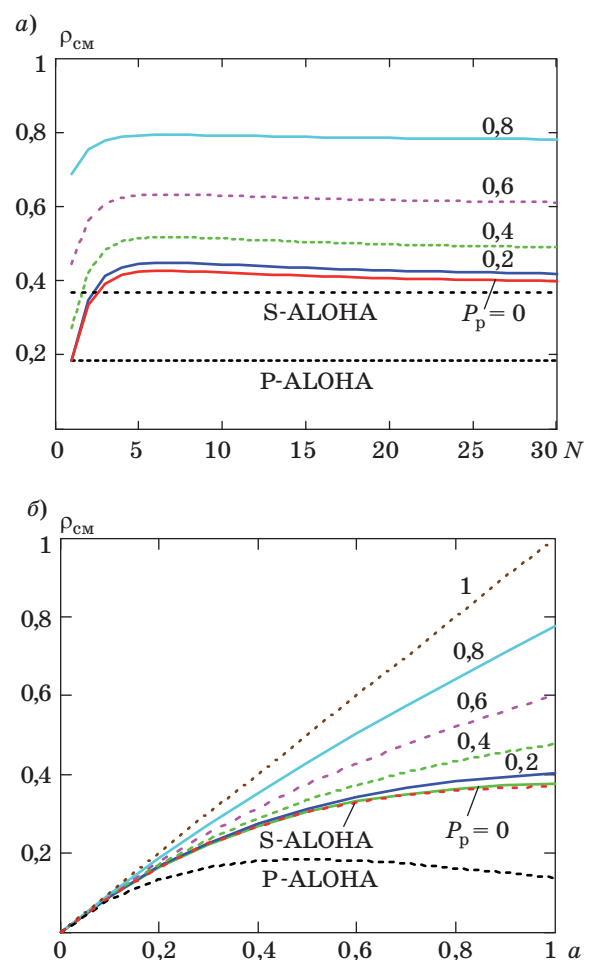


Рис. 4. Зависимость КИПС при передаче ПКУ смешанного трафика: а — от числа лучей N приемной МЛА; б — от величины загрузки моноканала

большее значение КИПС спутникового моноканала, наибольшая величина которого наблюдается при $N = 7$.

При передаче ПКУ смешанного трафика без учета потерь пакетов при увеличении загрузки моноканала и доли ПКУ речевого трафика модифицированный протокол обеспечивает более высокие значения коэффициента ρ , чем известные протоколы P- и S-ALOHA (см. рис. 4, б).

Анализ функционирования модифицированного протокола P-ALOHA с учетом потерь ПКУ речевого трафика

В реальных условиях при передаче ПКУ смешанного трафика неизбежны потери ПКУ речевого трафика вследствие конфликтов и блокировок. Как было отмечено выше, при конфликте и блокировке двух ПКУ трафика данными потерь ПКУ речевого трафика не происходит. Ввиду этого вероятность потерь ПКУ речью при передаче смешанного трафика уменьшается на долю блокировок и конфликтов ПКУ данными и с учетом выражений (5) и (8) определяется как

$$P_{\Pi} = (1 - (1 - P_d)^2)R. \quad (12)$$

Анализ зависимостей, представленных на рис. 5, позволяет сделать вывод о том, что увеличение доли ПКУ речевого трафика P_p при полной загрузке моноканала $a = 1$ приводит к значительному росту вероятности потерь ПКУ речевого трафика P_{Π} . Данное обстоятельство не позволяет увеличивать загрузку моноканала при реальных ограничениях на допустимый уровень потерь ПКУ речевого трафика $P_{у.п.доп} = 0,05$. Таким образом, требуемый уровень потерь передачи ПКУ речевого трафика в случае однократной передачи пакетов может быть достигнут лишь в условиях крайне низких значений ρ коммутируемого моноканала.

Величина потерь ПКУ речевого трафика с учетом формулы (12) выражается в виде

$$\Delta\rho_{\Pi} = \rho_p P_{\Pi}, \quad (13)$$

где пропускная способность речевого трафика

$$\rho_p = \rho_{\Sigma} P_p. \quad (14)$$

Зная величину потерь ПКУ речевого трафика (13), можно определить значение КИПС при разных значениях доли ПКУ речевого трафика с учетом потерь пакетов при той или иной допустимой вероятности потерь:

$$\rho_{у.п} = \rho_{\Sigma} - \Delta\rho_{\Pi} \quad (15)$$

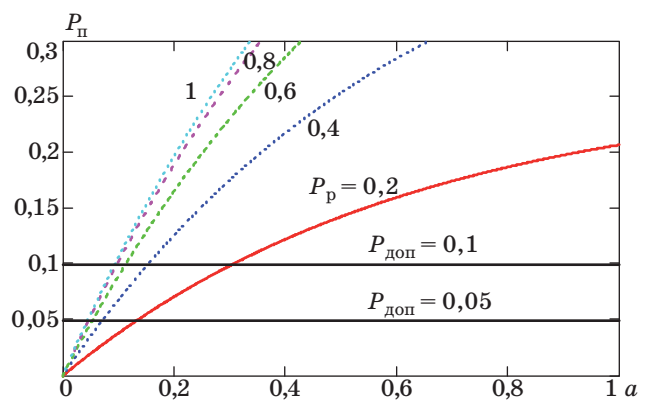
или в общем виде

$$\rho_{у.п} = \rho_{\Sigma}(1 - P_p P_{\Pi}). \quad (16)$$

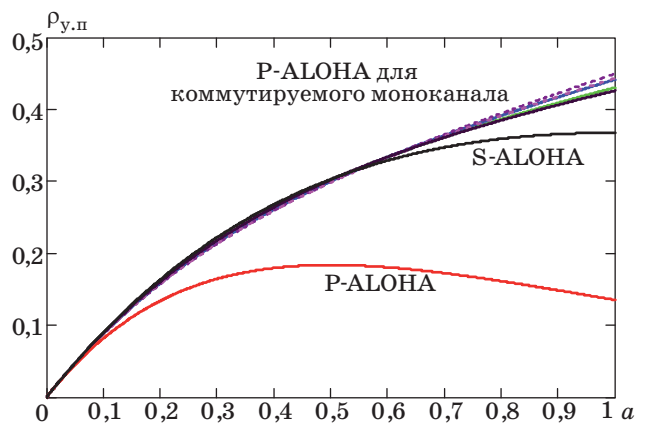
Зависимости значений КИПС при разных значениях доли ПКУ речевого трафика с учетом потерь пакетов показаны на рис. 6.

Результаты анализа зависимостей рис. 5 и 6 сведены в табл. 1, из которой следует, что с увеличением доли ПКУ речевого трафика P_p падает значение допустимой загрузки моноканала a при соблюдении допустимого уровня потерь ПКУ $P_{у.п.доп}$ и, соответственно, уменьшается значение $\rho_{у.п}$.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в случае однократной передачи ПКУ речевого трафика применение протокола СМД



■ Рис. 5. Вероятности потерь ПКУ от фактической загрузки коммутируемого моноканала для разной доли речевого трафика



■ Рис. 6. Значения КИПС при однократной передаче ПКУ речевого трафика

■ Таблица 1. Загрузка коммутируемого моноканала

P_p	a при $P_{у.п.доп} = 0,05$	$P_{у.п}$	a при $P_{у.п.доп} = 0,1$	$P_{у.п}$
0,2	0,135	0,116	0,307	0,22
0,4	0,073	0,067	0,154	0,129
0,6	0,055	0,051	0,114	0,100
0,8	0,048	0,045	0,099	0,088
1	0,046	0,043	0,095	0,085

P-ALOHA в РМСС с коммутируемым спутниковым моноканалом для передачи ПКУ смешанного трафика представляется нецелесообразным.

Этот вывод обусловлен наличием большой вероятности потерь ПКУ речевого трафика даже в условиях низких значений загрузки (величины КИПС) коммутируемого моноканала. В целях снижения данной вероятности потерь пакетов предлагается использовать k -кратную передачу ПКУ речевого трафика применительно к коммутируемому спутниковому моноканалу.

Анализ модифицированного протокола P-ALOHA при k -кратной передаче ПКУ речевого трафика

Как отмечалось выше, при передаче ПКУ смешанного трафика в случае возникновения конфликтов и блокировок ПКУ речевого трафика повторно не передаются. Однако при использовании коммутируемого моноканала для передачи ПКУ уже при небольшой загрузке спутникового моноканала происходит превышение допустимого уровня потерь ПКУ речевого трафика, что, соответственно, не позволяет увеличить значение КИПС моноканала.

Предлагается модифицировать протокол P-ALOHA путем перехода к k -кратной передаче ПКУ речевого трафика. При этом в зависимости от доли ПКУ речевого трафика в общем балансе нагрузки между речью и данными необходимо осуществить рациональный выбор числа k -кратности передачи данных пакетов. С одной стороны, с увеличением k (ПКУ речевого трафика) повышается уровень фактической загрузки a моноканала, что приводит к некоторому возрастанию вероятности конфликта и блокировки пакетов. Однако, с другой стороны, повышается вероятность приема хотя бы одного из k переданных ПКУ, т. е. k -кратная передача пакетов позволяет при требуемом уровне их потерь увеличить значение КИПС коммутируемого моноканала при передаче ПКУ смешанного трафика.

Вероятность потери ПКУ речевого трафика при k -кратной передаче с учетом вышесказанного и выражений (5), (9) и (12) имеет вид

$$P_{п k} = ((1 - (1 - kP_p)^2)R)^k. \quad (17)$$

Анализ представленных на рис. 7 зависимостей (доля ПКУ речевого трафика $P_p = 0,2$) показывает, что с увеличением k можно достичь полной загрузки моноканала при $P_{доп} = 0,05$.

Зная величину a фактической загрузки моноканала, можно найти значение $\rho_{у.п k}$ — КИПС с учетом потерь ПКУ и их k -кратной передачи, которое определяется разницей между исходным значением коэффициента ρ_{Σ} и величиной поте-

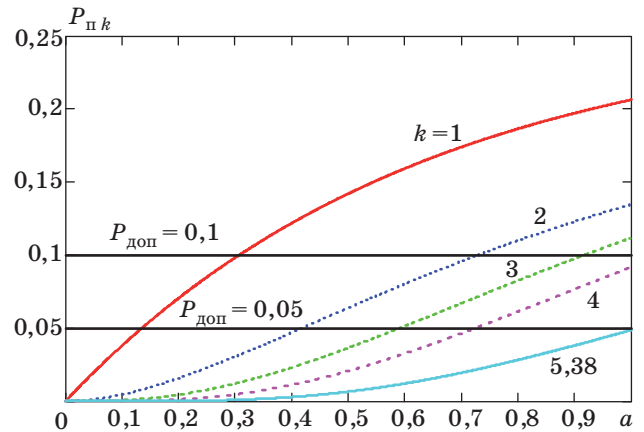


Рис. 7. Вероятности потерь ПКУ речевого трафика при их k -кратной передаче

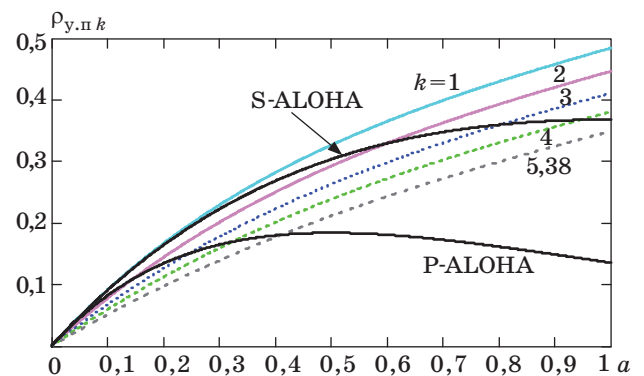


Рис. 8. Влияние k -кратной передачи ПКУ речевого трафика на величину КИПС с учетом потерь пакетов

рянных ПКУ речевого трафика при k -кратной передаче:

$$\rho_{у.п k} = \rho_{\Sigma}(1 - P_p P_{п k}), \quad (18)$$

где $\rho_{\Sigma} = \frac{a}{kP_p + K(1 - P_p)}$.

Зависимости значений $\rho_{у.п k}$ при доле речевого трафика $P_p = 0,2$ приведены на рис. 8.

Значения $\rho_{у.п k}$ представлены в табл. 2, из которой следует, что при увеличении кратности передачи k ПКУ речевого трафика и загрузки моно-

Таблица 2. Загрузка моноканала при $P_p = 0,2$ и k -кратной передаче ПКУ

k	a при $P_{п} = 0,05$	$\rho_{у.п k}$
1	0,135	0,117
2	0,418	0,253
3	0,591	0,288
4	0,724	0,301
5,38	1	0,347

■ Таблица 3. Значения КИПС при k -кратной передаче ПКУ

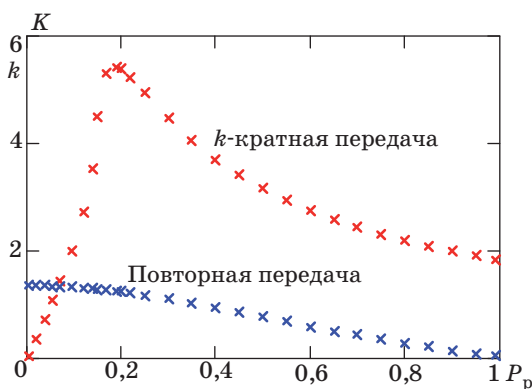
P_p	$k, a = 1$	K	$\rho_{y,п k}$
0	—	2,345	0,426
0,2	5,38	2,225	0,347
0,4	3,69	1,93	0,372
0,6	2,74	1,58	0,426
0,8	2,184	1,26	0,480
1	1,816	—	0,523

канала увеличивается значение КИПС коммутируемого моноканала. Это связано с тем, что при увеличении k доля ПКУ речи соответствующим образом увеличивается, а доля передаваемых ПКУ данными падает, что снижает общую нагрузку на сеть и приводит к большему значению КИПС $\rho_{y,п k}$.

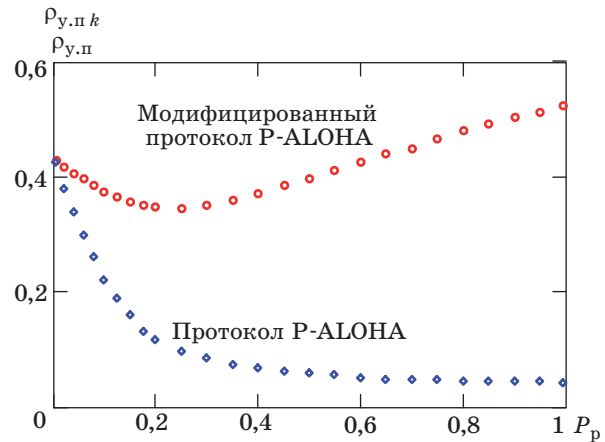
Анализ значений коэффициента использования $\rho_{y,п k}$ для различных соотношений ПКУ смешанного трафика (табл. 3) позволяет сделать вывод о том, что с увеличением доли ПКУ речевого трафика P_p и соответствующей кратности передачи k можно получить ощутимый выигрыш в значении КИПС по сравнению с протоколом P-ALOHA. Так, например, при передаче только ПКУ речевого трафика $\rho_{y,п k} = 0,523$, что обеспечивает почти трехкратное превышение над значением P-ALOHA ($\rho = 0,184$).

На рис. 9 представлены зависимости k -кратности передач ПКУ речевого трафика и среднего числа повторных передач ПКУ данных от соотношения смешанного трафика, а на рис. 10 — сравнение значений КИПС традиционного и модифицированного протокола P-ALOHA для коммутируемого моноканала.

Анализ данных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что минимум КИПС $\rho_{y,п k}$ в диапазоне $P_p = 0,15-0,4$ обусловлен максимумом крат-



■ Рис. 9. Сравнение значений повторной передачи ПКУ данными и k -кратной передачи ПКУ речью



■ Рис. 10. Сравнение значений КИПС протоколов множественного доступа для коммутируемого моноканала

ности передач ПКУ k и большим значением среднего числа повторных передач K ПКУ при учете ограничения $P_{п} = 0,05$.

При этом традиционный протокол P-ALOHA в условиях передачи ПКУ смешанного трафика и ограничения $P_{п} = 0,05$ характеризуется низкой величиной КИПС $\rho_{y,п} \approx 0,1-0,06$ в области $P_p > 0,1$, в то время как предлагаемый модифицированный протокол СМД обеспечивает величину КИПС $0,35 < \rho_{y,п k} < 0,52$ во всем диапазоне соотношения трафика речи и данных.

Заключение

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Одним из перспективных способов построения ССС с мобильными абонентами является размещение ОГ СР на низких и средних орбитах в два яруса для обеспечения непрерывного и глобального обмена всеми видами информации между потребителями системы.

2. Для организации канала управления передачей смешанного трафика в РМСС использование протокола СМД P-ALOHA в явном виде представляется нецелесообразным.

3. Проведено обобщение математической модели протокола P-ALOHA применительно к коммутируемому спутниковому моноканалу на основе приемной МЛА СР и одной передающей антенны с широким лучом, обеспечивающим покрытие всех приемных зон СР. Причем на СР возложены функции по обнаружению активности и конфликтов ПКУ в приемных лучах, а также коммутация активного приемного луча к моноканалу с одновременной блокировкой всех остальных лучей до момента завершения передачи пакета в моноканале.

4. Предложено использовать модифицированный протокол R-ALOHA путем применения k -кратной передачи ПКУ речевого трафика в зависимо-

сти от соотношения трафика речи и данных, что обеспечит значение КИПС спутникового моноканала $\rho = 0,35-0,52$.

Литература

1. Камнев В. Е., Черкасов В. В., Чечин Г. В. Спутниковые сети связи: учеб. пособие. — М.: Альпина Паблишер, 2004. — 536 с.
2. Невдяев Л. М., Смирнов А. А. Персональная спутниковая связь. — М.: Эко-Трендз, 1998. — 167 с.
3. Концепция построения разновысотной многоспутниковой системы связи с мобильными абонентами / Г. Н. Мальцев, К. Ю. Цветков, А. В. Родионов, А. Ф. Акмолов, С. Н. Ефимов, Д. В. Косаревич, Е. А. Викторов // Тр. ВКА им. А. Ф. Можайского / Под ред. М. М. Пенькова. СПб., 2011. Вып. № 630. С. 5–10.
4. Цветков К. Ю., Родионов А. В., Акмолов А. Ф. Динамическое перераспределение пропускной способности коммутируемого спутникового моноканала при использовании протоколов множественного доступа // Информационно-управляющие системы. 2006. № 5. С. 47–50.
5. Иносе Х. Интегральные цифровые сети связи: пер. с англ. / Под ред. В. И. Неймана. — М.: Мир, 1982. — 320 с.

Уважаемые подписчики!

Полнотекстовые версии журнала за 2002–2009 гг. в свободном доступе на сайте журнала (<http://www.i-us.ru>) и на сайте РУНЭБ (<http://www.elibrary.ru>). Печатную версию архивных выпусков журнала за 2003–2009 гг. Вы можете заказать в редакции по льготной цене.

Журнал «Информационно-управляющие системы» выходит каждые два месяца. Стоимость годовой подписки (6 номеров) для подписчиков России — 3600 рублей, для подписчиков стран СНГ — 4200 рублей, включая НДС 18 % и почтовые расходы.

На электронную версию нашего журнала (все выпуски, годовая подписка, один выпуск, одна статья) вы можете подписаться на сайте РУНЭБ (<http://www.elibrary.ru>).

Подписку на печатную версию журнала можно оформить в любом отделении связи по каталогу:

«Роспечать»: № 48060 — годовой индекс, № 15385 — полугодовой индекс,

а также через посредство подписных агентств:

«Северо-Западное агентство „Прессинформ“»

Санкт-Петербург, тел.: (812) 335-97-51, 337-23-05, эл. почта: press@crp.spb.ru, zajavka@crp.spb.ru,

сайт: <http://www.pinform.spb.ru>

«МК-Периодика» (РФ + 90 стран)

Москва, тел.: (495) 681-91-37, 681-87-47, эл. почта: export@periodicals.ru, сайт: <http://www.periodicals.ru>

«Информнаука» (РФ + ближнее и дальнее зарубежье)

Москва, тел.: (495) 787-38-73, эл. почта: Alfimov@viniti.ru, сайт: <http://www.informnauka.com>

«Гал»

Москва, тел.: (495) 603-27-28, 603-27-33, 603-27-34, сайт: <http://www.artos-gal.mpi.ru/index.html>

«ИНТЕР-ПОЧТА-2003»

Москва, тел.: (495) 500-00-60, 580-95-80, эл. почта: interpochta@interpochta.ru, сайт: <http://www.interpochta.ru>

Краснодар, тел.: (861) 210-90-00, 210-90-01, 210-90-55, 210-90-56, эл. почта: krasnodar@interpochta.ru

Новороссийск, тел.: (8617) 670-474

«Деловая пресса»

Москва, тел.: (495) 962-11-11, эл. почта: podpiska@delpress.ru, сайт: <http://delpress.ru/contacts.html>

«Коммерсант-Курьер»

Казань, тел.: (843) 291-09-99, 291-09-47, эл. почта: kazan@komcur.ru, сайт: <http://www.komcur.ru/contacts/kazan/>

«Урал-Пресс» (филиалы в 40 городах РФ)

Сайт: <http://www.ural-press.ru>

«Идея» (Украина)

Сайт: <http://idea.com.ua>

«BTL» (Узбекистан)

Сайт: <http://btl.sk.uz/ru/cat17.html>

и др.