

МОДЕЛЬ НЕОДНОРОДНОЙ ГИБРИДНОЙ СЕТИ СВЯЗИ С ПРОТОКОЛОМ КОМБИНИРОВАННОГО ДОСТУПА С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Э.Б. Гезалов^{1*}

¹Азербайджанский технический университет
Баку, AZ 1073, Азербайджан

*Адрес для переписки: gelchin_63@mail.ru

Информация о статье

УДК 681.327.8

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Гезалов Э.Б. Модель неоднородной гибридной сети связи с протоколом комбинированного доступа с учетом показателей надежности каналов связи // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 4. С. 13–19. DOI:10.31854/1813-324X-2018-4-4-13-19

Аннотация: Рассмотрена неоднородная гибридная сеть связи с неоднородной по интенсивности входящего потока сообщений наземной подсетью с протоколом комбинированного доступа. Рассмотрены процессы выхода из строя и восстановление наземных и спутникового каналов связи. Показано, что при анализе процесса передачи межрегиональной информации в гибридной сети связи необходимо учитывать влияние этих процессов на характеристики сети. Разработана модель в дискретном времени неоднородной гибридной сети связи с протоколом комбинированного доступа с учетом показателей надежности наземных и спутникового каналов связи.

Ключевые слова: гибридная сеть связи, локальная сеть, протокол доступа, буфер, неоднородный трафик, пакет, временное окно, интервал обслуживания.

Введение

В настоящее время во многих странах мира ведутся работы по созданию Глобального информационного общества [1, 2]. Для решения этой проблемы необходимо обновление всей инфраструктуры связи на базе идеи создания Глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ), одной из основных элементов которой являются спутниковые сети связи (ССС). В таких сетях посредством спутника связи объединяются географически разбросанные и относительно удаленные друг от друга наземные сети связи, не имеющие между собой связи [3].

Объектом исследования в работе является СССР, где наземные локальные сети связи, использующие для обмена информацией протокол комбинированного доступа, объединены при помощи искусственного спутника земли в единую сеть связи. Рассматриваемая в работе сеть связи относится к классу гибридных, поскольку состоит из спутниковой и наземной подсетей связи. Кроме того, она является неоднородной по интенсивности входящего потока сообщений, поскольку состоит из ло-

кальных сетей связи, на входы которых поступают потоки сообщений различной интенсивности.

Протокол комбинированного доступа достаточно изучен в [4–7]. Он эффективен в широком диапазоне изменения трафика на сеть и адаптивен к его изменению.

Гибридные сети связи (ГСС) рассматриваются во многих работах, среди которых можно выделить [8–12]. В них рассматриваются различные задачи по определению анализа характера передаваемого трафика, разрабатываются модели обслуживания трафика в неоднородных гибридных сетях связи, вопросы технической реализации и т.д. При этом недостаточное внимание уделяется очень важной проблеме – оценке влияния процесса отказов и восстановлений наземных и спутникового каналов связи на характеристики ГСС – от решения которой зависит качество обслуживания пользователей. Поэтому несомненно представляет интерес разработка модели неоднородной ГСС с учетом показателей надежности наземных и спутникового каналов связи.

Модель сети

В работе рассматривается гибридная пакетная сеть связи, состоящая из спутниковой и наземной подсетей связи. Наземная подсеть состоит из локальных сетей связи (ЛСС) шинной структуры, каждая из которых содержит спутниковую интерфейсную станцию (СИС). СИС различных ЛСС связаны друг с другом звездообразно через спутниковый ретранслятор широковещательным радиоканалом с коллективным доступом. Для выхода на спутник СИС используют протокол синхронного временного доступа. Каждая коммуникационная станция (КС) каждой локальной сети состоит из трех подстанций (речи, видео и данных), различающихся по интенсивности входящего потока сообщений. Подстанции речи образуют подсеть речи, подстанции видеоинформации – подсеть видеоинформации, а подстанции данных – подсеть данных. Подстанции в пределах одноименной подсети однородны по своей активности. В каждой ЛСС подуровень управления доступом реализует протокол комбинированного доступа [4, 5].

В локальной сети связи с протоколом комбинированного доступа станции работают следующим образом. На каждой КС буфер разделен на три части: одна часть буфера – для хранения речевых пакетов (буфер-1), вторая часть (буфер-2) – для хранения пакетов видеоинформации и третья часть (буфер-3) для хранения пакетов данных. Каждая станция получает право доступа к общему каналу спустя одно временное окно для передачи пакета данных после получения маркера. Если в буфере-1 и буфере-2 станции, получившей управление на доступ, имеются, соответственно, речевой пакет и пакет видеоинформации, они передаются в множественно-вещательный канал. После чего станция передает маркер, в котором содержится информация о режиме работы станции по передаче пакета или пакетов данных в следующем за маркером временным окном. Если в буфере-3 станции имеется один или m пакетов данных, то она оповещает об этом другие станции. После передачи маркера станция занимает одно или m временных окон для передачи пакетов данных.

Таким образом, остальные станции оповещаются о занятости одного или m временных окон. В этом случае каждая станция получает право доступа к общему каналу спустя одно или m временных окон для передачи пакетов данных после получения маркера. Если же в буфере-3 станции нет пакетов данных, то после передачи маркера доступ к каналу получает станция, следующая в логическом кольце. Станция, получившая маркер, может выйти в канал спустя одно временное окно. Поскольку текущее временное окно свободно, то станции, имеющие пакеты данных, пытаются захватить моноканал в соответствии с протоколом синхронно-случайного доступа, то есть передают

пакеты данных с вероятностью $q_D < 1$. По окончании длительности текущего временного окна управление переходит к станции, удерживающей маркер, то есть к соседней в логическом расположении станции. При этом протоколе каждая станция, получив маркер, анализирует состояние канала связи в течение интервала безопасности для устранения различных конфликтных ситуаций, возникающих в сети из-за ошибок в канале связи или ошибок в станциях сети.

Таким образом, в каждом цикле доступа каждая станция, получив права доступа, может занять $m + 2$ временных окна. В течение остальных $N - 1$ (где N – количество КС) временных окон (чужих окон) станция имеет возможность передавать пакеты данных в режиме синхронно-случайного доступа при условии отсутствия у станции, владеющей окном, пакета данных. Задача состоит в разработке модели неоднородной ГСС, учитывающей показатели надежности каналов связи.

Обратимся к модели процесса передачи неоднородного межсетевоего трафика в ГСС с протоколом комбинированного доступа, разработанной в [13]. Процесс передачи межсетевой информации в гибридной пакетной сети является сложным и многоэтапным. Процесс передачи межсетевой информации в такой сети состоит из следующих фаз: станция-отправитель передает кадр СИС своей локальной сети связи; взаимодействие передающей СИС со спутником связи; взаимодействие спутника связи с приемной СИС через широковещательный радиоканал; приемная СИС передает кадр станции-адресату.

Для получения модели рассматриваемой сети связи воспользуемся подходом из [9, 10]. При биномиальных входящих потоках подстанции КС, спутниковые интерфейсные станции ЛСС и ретранслятор на спутнике связи моделируются стохастической системой: $M^D/G^D/1$. Моделью ГСС является система уравнений в Z -преобразованиях для рядов распределений дискретного времени задержки сообщений для подстанций речи, видео и данных КС i -ой ЛСС, СИС и спутникового ретранслятора:

$$\left\{ \begin{aligned} f_{iR}(Z) &= \frac{(1 - \theta_{iR})h_{iR}(Z)(1 - Z)}{1 - p_{iR}Z - q_{iR}Zg_{iR}(Z)}, \\ f_{iV}(Z) &= \frac{(1 - \theta_{iV})h_{iV}(Z)(1 - Z)}{1 - p_{iV}Z - q_{iV}Zg_{iV}(Z)}, \\ f_{iD}(Z) &= \frac{(1 - \theta_{iD})h_{iD}(Z)(1 - Z)}{1 - p_{iD}Z - q_{iD}Zg_{iD}(Z)}, \\ f_{uci}(Z) &= \frac{(1 - \theta_{uci})h_{uci}(Z)(1 - Z)}{1 - p_{uci}Z - q_{uci}Zg_{uci}(Z)}, \\ f_R(Z) &= \frac{(1 - \theta_R)h_R(Z)(1 - Z)}{1 - p_RZ - q_RZg_R(Z)}, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где $f_{iR}(Z)$, $f_{iV}(Z)$, $f_{iD}(Z)$, $f_{uci}(Z)$ и $f_R(Z)$ – Z -преобразование ряда распределения (Z -пр.р.р.) дискретного времени задержки соответственно для подстанций речи, видео и данных, СИС i -ой ЛСС, $i = \overline{1, M}$, и спутникового ретранслятора;

θ_{iR} , θ_{iV} , θ_{iD} , θ_{uci} и θ_R – вероятности занятого состояния буферов соответственно подстанций речи, видео и данных, СИС i -ой ЛСС, $i = \overline{1, M}$, и спутникового ретранслятора;

$h_{iR}(Z)$, $h_{iV}(Z)$, $h_{iD}(Z)$, $h_{uci}(Z)$, $h_R(Z)$ – Z -пр.р.р. интервала обслуживания сообщений в неидеальном канале соответственно для подстанций речи, видео и данных, СИС i -ой ЛСС, $i = \overline{1, M}$, и спутникового ретранслятора;

q_{iR} , q_{iV} , q_{iD} – вероятность поступления сообщения на такте T в буфер соответственно подстанции речи, видео и данных i -ой ЛСС, $p_{iR} = 1 - q_{iR}$, $p_{iV} = 1 - q_{iV}$, $p_{iD} = 1 - q_{iD}$;

q_{uci} – вероятность поступления сообщения на такте T в буфер СИС i -ой ЛСС;

p_{uci} – вероятность отсутствия сообщения на такте T для СИС, $p_{uci} = 1 - q_{uci}$;

q_R – вероятность поступления сообщения на такте T в буфер спутникового ретранслятора;

p_R – вероятность отсутствия сообщения на такте T для спутникового ретранслятора, $p_R = 1 - q_R$.

Определим компоненты, входящие в (1). Для получения модели обслуживания сообщений в неоднородной гибридной сети связи с учетом показателей надежности каналов связи воспользуемся подходом из [13]. Подход основан на использовании модели надежности системы, которая была предложена О.С. Чугреевым, Ю.А. Ариненко, Б.В. Шитовым. Модель надежности учитывает коэффициент готовности k_g и распределение времени восстановления T_v канала связи в виде отдельного параметра.

Тогда выражения для $h_{iR}(Z)$, $h_{iV}(Z)$, $h_{iD}(Z)$, $h_{uci}(Z)$, $h_R(Z)$ для гибридной сети связи запишутся соответственно в виде:

$$\begin{aligned} h_{iR}(Z) &= \frac{g_{iR}(Z)}{(\mu_i \overline{\varphi}_{vi}(Z) + \overline{\mu}_i)}, \\ h_{iV}(Z) &= \frac{g_{iV}(Z)}{(\mu_i \overline{\varphi}_{vi}(Z) + \overline{\mu}_i)}, \\ h_{iD}(Z) &= \frac{g_{iD}(Z)}{(\mu_i \overline{\varphi}_{vi}(Z) + \overline{\mu}_i)}, \\ h_{uci}(Z) &= \frac{g_{uci}(Z)}{(\mu_i \overline{\varphi}_{vi}(Z) + \overline{\mu}_i)}, \\ h_R(Z) &= \frac{g_R(Z)}{(\mu_R \overline{\varphi}_R(Z) + \overline{\mu}_R)}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\mu_i = 1 - \overline{\mu}_i$ и $\mu_R = 1 - \overline{\mu}_R$ – вероятности возникновения отказа соответственно в канале i -ой ЛСС и спутниковом канале связи на интервале T ;

$\overline{\mu}_i, \overline{\mu}_R$ – вероятности отсутствия отказа соответственно в канале i -ой ЛСС и спутниковом канале связи на интервале T ;

$\overline{\varphi}_{vi}(Z), \overline{\varphi}_R(Z)$ – Z -пр.р.р. дискретного времени восстановления в интервалах T соответственно канала i -ой ЛСС и спутникового канала связи.

Вероятности $\theta_{iR}, \theta_{iV}, \theta_{iD}, \theta_{uci}$ и θ_R определяются из уравнений интерференции:

$$\begin{cases} \theta_{iR} = q_{iR} \overline{n}_{siR}, \overline{n}_{siR} = \left(\frac{d}{dZ} \right) h_{iR}(Z) \Big|_{Z=1}, \\ \theta_{iV} = q_{iV} \overline{n}_{siV}, \overline{n}_{siV} = \left(\frac{d}{dZ} \right) h_{iV}(Z) \Big|_{Z=1}, \\ \theta_{iD} = q_{iD} \overline{n}_{siD}, \overline{n}_{siD} = \left(\frac{d}{dZ} \right) h_{iD}(Z) \Big|_{Z=1}, \\ \theta_{uci} = q_{uci} \overline{n}_{uci}, \overline{n}_{uci} = \left(\frac{d}{dZ} \right) h_{uci}(Z) \Big|_{Z=1}, \\ \theta_R = q_R \overline{n}_R, \overline{n}_R = \left(\frac{d}{dZ} \right) h_R(Z) \Big|_{Z=1}, \end{cases} \quad (3)$$

где $\overline{n}_{siR}, \overline{n}_{siV}, \overline{n}_{siD}, \overline{n}_{uci}, \overline{n}_R$ – среднее дискретное время обслуживания сообщений, передаваемых по ненадежному восстанавливаемому каналу соответственно для подстанций речи, видео и данных i -ой ЛСС и спутниковому ненадежному восстанавливаемому каналу.

Z -преобразование ряда распределения интервала обслуживания соответственно речевого кадра, кадра видео и кадра данных для КС i -ой ЛСС гибридной сети связи имеет вид [14]:

$$\begin{aligned} g_{iR}(Z) &= Q_{kR} \cdot g_{siR}(Z) \cdot (1 - P_{kR} \cdot g_{siR}(Z))^{-1}, \\ Q_{kR} + P_{kR} &= 1, \\ g_{iV}(Z) &= Q_{kV} \cdot g_{siV}(Z) \cdot (1 - P_{kV} \cdot g_{siV}(Z))^{-1}, \\ Q_{kV} + P_{kV} &= 1, \\ g_{iD}(Z) &= Q_{kD} \cdot g_{siD}(Z) \cdot (1 - P_{kD} \cdot g_{siD}(Z))^{-1}, \\ Q_{kD} + P_{kD} &= 1, \\ g_{siR}(Z) &= g_{Rs}(Z) (\theta_{uci} (\overline{\Psi}_i g_{Rнеп}(Z) + \Psi_i Z^{-noc}) + (1 - \theta_{uci})), \\ g_{siV}(Z) &= g_{Vs}(Z) (\theta_{uci} (\overline{\Psi}_i g_{Vнеп}(Z) + \Psi_i Z^{-noc}) + (1 - \theta_{uci})), \\ g_{siD}(Z) &= g_{Ds}(Z) (\theta_{uci} (\overline{\Psi}_i g_{Ds}(Z) + \Psi_i Z^{-noc}) + (1 - \theta_{uci})), \end{aligned} \quad (4)$$

где $g_{siR}(Z)$, $g_{siV}(Z)$, $g_{siD}(Z)$ – Z -пр.р. интервала обслуживания соответственно речевого кадра, кадра видео и кадра данных для станций i -ой ЛСС для режима однократной передачи с учетом работы СИС;

$g_{RS}(Z)$, $g_{VS}(Z)$, $g_{DS}(Z)$ – Z -пр.р. интервала обслуживания соответственно речевого кадра, кадра видео и кадра данных для станций i -ой ЛСС для режима однократной передачи без учета работы СИС;

Q_{kR} , Q_{kV} , Q_{kD} – вероятность безошибочной передачи соответственно речевого кадра длиной n_{kR} бит, кадра видео длиной n_{kV} бит, кадра данных длиной n_{kD} бит, $Q_{kR} = (1 - p)^{n_{kR}}$, $Q_{kV} = (1 - p)^{n_{kV}}$, $Q_{kD} = (1 - p)^{n_{kD}}$;

P_{kR} , P_{kV} , P_{kD} – вероятность обнаружения ошибки при передаче соответственно речевого кадра длиной n_{kR} бит, кадра видео длиной n_{kV} бит, кадра данных длиной n_{kD} бит;

p – вероятность ошибки в биномиальном дискретном канале;

ψ_i – вероятность того, что СИС i -ой ЛСС в цикле доступа взаимодействует со спутником связи.

В работах [4, 5] определены выражения для $g_{RS}(Z)$, $g_{VS}(Z)$, $g_{DS}(Z)$, имеющие следующий вид:

$$g_{RS}(Z) = g_{Rпер}(Z) \cdot g_{RD}(Z), g_{Rпер}(Z) = Z^{-n_{or}},$$

$$g_{RD}(Z) = (\theta_{R0} + (1 - \theta_{R0})Z^{-n_{or}})^{N-1} \times$$

$$\times (\theta_V Z^{-n_{om}} + (1 - \theta_V)Z^{-n_m})^N \times$$

$$\times (\theta_{D0} + \theta_{D1}Z^{-n_{od}} + \theta_{Dm}Z^{-mn_{od}})^N,$$

$$g_{VS}(Z) = g_{Vпер}(Z) \cdot g_{VD}(Z), g_{Vпер}(Z) = Z^{-n_{om}},$$

$$g_{VD}(Z) = (\theta_{R0} + (1 - \theta_{R0})Z^{-n_{or}})^N \times$$

$$\times (\theta_V Z^{-n_{om}} + (1 - \theta_V)Z^{-n_m})^{N-1} \times$$

$$\times (\theta_{D0} + \theta_{D1}Z^{-n_{od}} + \theta_{Dm}Z^{-mn_{od}})^N,$$

$$g_{DS}(Z) = \begin{cases} p_{сд}g_{сд}(Z) + p_{кд}g_D(Z), & 0 \leq q_D \leq q_{D1}, \\ g_D(Z), & q_{D1} < q_D \leq q_{D2}, \end{cases}$$

где $g_{Rпер}(Z)$ – Z -пр.р. интервала передачи подстанции речи;

$g_{RD}(Z)$ – Z -пр.р. интервала доступа подстанции речи;

$g_{Vпер}(Z)$ – Z -пр.р. интервала передачи подстанции видеoinформации рассматриваемой станции;

$g_{VD}(Z)$ – Z -пр.р. интервала доступа подстанции видеoinформации рассматриваемой станции;

θ_{R0} – вероятность пустого состояния буфера-1;

θ_V – вероятность занятого состояния буфера-2;

θ_{D0} – вероятность пустого состояния буфера-3;

θ_{D1} – вероятность того, что в буфере-3 имеется один пакет данных;

θ_{Dm} – вероятность того, что в буфере-3 имеется m пакетов данных;

n_{or} – длина в битах интервала занятости для передачи кадра речи;

n_{om} – длина в битах интервала занятости для передачи кадра видео;

n_m – длина в битах интервала занятости для передачи маркера;

n_{od} – длина в битах интервала занятости для передачи кадра данных;

$p_{сд}$ – вероятность передачи пакета данных в режиме синхронно-случайного доступа, $p_{сд} = (N - 1)/N$;

$p_{кд}$ – вероятность передачи пакета данных в режиме контролируемого доступа, $p_{кд} = 1/N$;

$g_{сд}(Z)$ – Z -пр.р. интервала обслуживания пакета данных в режиме синхронно-случайного доступа;

$g_D(Z)$ – Z -пр.р. интервала обслуживания кадра данных в режиме контролируемого доступа.

Z -пр.р. интервала обслуживания кадра данных в режиме синхронно-случайного доступа имеет следующий вид [15]:

$$g_{сд}(Z) = Q_c / (Z^{-n_{od}} - P_c),$$

$$Q_c = q_D \cdot (1 - q_D \theta_{D1})^{N-1}, Q_c + P_c = 1, \quad (6)$$

где Q_c – вероятность того, что остальные $N - 1$ станций не оказывают действие, которое мешает успешной передаче рассматриваемой станции.

Z -пр.р. интервала обслуживания кадра данных в режиме контролируемого доступа определяется в соответствии с [4, 5] так:

$$g_D(Z) = g_{Dпер}(Z) \cdot g_{Dд}(Z),$$

$$g_{Dпер}(Z) = (\theta_{D1}Z^{-n_{od}} + \theta_{Dm}Z^{-mn_{od}}) \times$$

$$\times (1 - \theta_{D0})^{-1},$$

$$g_{Dд}(Z) = (\theta_{R0} + (1 - \theta_{R0})Z^{-n_{or}})^N \times$$

$$\times (\theta_V Z^{-n_{om}} + (1 - \theta_V)Z^{-n_m})^N \times$$

$$\times (\theta_{D0} + \theta_{D1}Z^{-n_{od}} + \theta_{Dm}Z^{-mn_{od}})^{N-1},$$

где $g_{Dпер}(Z)$ – Z -пр.р. интервала передачи подстанции данных рассматриваемой станции;

$g_{Dд}(Z)$ – Z -пр.р. интервала доступа подстанции данных рассматриваемой станции.

Для реализации контролируемого доступа маркер, кроме традиционных семи полей (стандарт IEEE 802.4), в данном случае содержит еще одно поле – поле управления, которое в общей структуре кадра-маркера занимает место после однобайтного поля маркера – 00001000. Поле управления кадра-маркера содержит информацию о наличии пакета данных у станции и имеет значения:

- наличие пакета данных: ЗАНЯТО;
- отсутствие пакета данных: СВОБОДНО.

Поскольку в гибридной сети связи при взаимодействии СИС со спутником связи подтверждения на принятый кадр не передается, а обнаружение ошибок происходит сравнением переданного кадра спутнику и принятого того же кадра в широко-вещательном режиме, то для СИС i -ой ЛСС Z -пр.р.

интервала обслуживания речевого кадра, кадра видео и кадра данных запишется соответственно в виде выражений:

$$\begin{aligned}
 g_{uc_{iR}}(Z) &= \overline{\Psi_{si}} \cdot g_{RS}(Z) \cdot Q_{kR} \cdot (1 - P_{kR} \times \\
 &\times g_{RS}(Z))^{-1} + \Psi_{si} \cdot Z^{-M \cdot n_{oc}} \cdot Q_c \cdot (1 - P_c \times \\
 &\times Z^{-M \cdot n_{oc}})^{-1}, \\
 g_{uc_{iV}}(Z) &= \overline{\Psi_{si}} \cdot g_{VS}(Z) \cdot Q_{kV} \times \\
 &\times (1 - P_{VS} \cdot g_{VS}(Z))^{-1} + \Psi_{si} \cdot Z^{-M \cdot n_{oc}} \cdot Q_c \times \\
 &(1 - P_c \cdot Z^{-M \cdot n_{oc}})^{-1}, \\
 g_{uc_{iD}}(Z) &= \overline{\Psi_{si}} \cdot g_{DS}(Z) \cdot Q_{kD} \cdot (1 - P_{kD} \times \\
 &\times g_{DS}(Z))^{-1} + \Psi_{si} \cdot Z^{-M \cdot n_{oc}} \cdot Q_c \cdot (1 - P_c \times \\
 &\times Z^{-M \cdot n_{oc}})^{-1}, \\
 Q_c + P_c &= 1, Q_c = (1 - p_s)^{n_{km}}, \\
 \overline{\Psi}_i + \Psi_i &= 1, i = \overline{1, M},
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

где Q_c – вероятность безошибочной передачи мультикадра длиной n_{km} бит в спутниковом канале, P_c – вероятность обнаружения ошибки при передаче мультикадра длиной n_{km} бит в спутниковом канале, $n_{km} = n_{kR} + n_{kV} + mn_{kD}$; p_s – вероятность ошибки в спутниковом канале; n_{oc} – длина в битах временного окна СИС для передачи речевого кадра, кадра видео и кадров данных соответственно длиной n_{kR} , n_{kV} , mn_{kD} бит от СИС спутнику связи и от спутника связи СИС, $n_{oc} = 2(n_{kR} + n_{kV} + mn_{kD} + n_{pc}) + \tau_c$; n_{pc} – число бит, которое можно передать за время распространения сигнала от СИС к спутнику связи или от спутника связи к СИС; 2 – коэффициент, учитывающий фазы передачи сигнала от СИС к спутнику связи и от спутника связи к СИС в широкополосном режиме; τ_c – задержка, вносимая спутниковым ретранслятором при регенерации сигналов мультикадра.

Z-пр.р. интервала обслуживания речевого кадра, кадра видео и кадров данных на спутнике связи имеет соответственно вид [14]:

$$\begin{aligned}
 g_{STR}(Z) &= Z^{-M \cdot n_{ocR}}, g_{STV}(Z) = Z^{-M \cdot n_{ocV}}, \\
 g_{STD}(Z) &= Z^{-M \cdot n_{osD}},
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

где M – число СИС в гибридной сети связи; n_{ocR} – длина в битах временного окна СИС для передачи речевого кадра длиной n_{kR} бит от СИС спутнику связи и от спутника связи СИС, $n_{ocR} = 2(n_{kR} + a_1 n_{pc}) + \tau_{cR}$; n_{ocV} – длина в битах временного окна СИС для передачи кадра видео длиной n_{kV} бит от СИС спутнику связи и от спутника связи СИС, $n_{ocV} = 2(n_{kV} + a_2 n_{pc}) + \tau_{cV}$; n_{ocD} – длина в битах временного окна СИС для передачи кадров данных длиной mn_{kD} бит от СИС спутнику связи и от спутника связи СИС, $n_{ocD} = 2(mn_{kD} + a_3 n_{pc}) + \tau_{cD}$; τ_{cR} , τ_{cV} , τ_{cD} – задержка, вносимая спутниковым ретранслятором при регенерации сигналов соответственно речи, видео и данных:

$$a_1 = n_{kR} n_{km}^{-1}, a_2 = n_{kV} n_{km}^{-1}, a_3 = mn_{kD} n_{km}^{-1}.$$

Соотношения (1–9) представляют модель неоднородной ГСС с протоколом комбинированного доступа в дискретном времени.

Заключение

Разработанная модель позволяет определить вероятностно-временные характеристики неоднородной гибридной сети связи и учесть влияние на них процессов отказов и восстановлений наземных и спутниковых каналов связи, а также – решать различные системные задачи и проектные процедуры. Учет влияния процессов отказов и восстановлений наземных и спутниковых каналов связи на характеристики ГСС позволит решить проблему качества обслуживания пользователей. Так, при отказе канала связи какой-либо ЛСС нарушается процесс передачи информации как внутри этой сети, так и передача из этой сети межрегиональной информации. В случае выхода из строя спутникового канала связи нарушается связь между объединяемыми локальными сетями и, как следствие, процесс передачи межрегиональной информации в ГСС.

Список используемых источников

1. Арасланова В.А., Ахрамеева О.В., Борисов С.А., Бурмистрова Е.С., Жемерикина Ю.И., Захарова С.Г., Мельникова А.С., Михайлов А.К. Информационное общество и глобальная информационная телекоммуникационная инфраструктура: монография. Нижний Новгород: НОО «Профессиональная наука», 2018. 135 с. URL: <http://scipro.ru/conf/monog-graphIT.pdf> (дата обращения 05.12.2018)
2. Коротков А.В. Мировые информационные ресурсы. М.: МГИМО, 2012. 90 с.
3. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
4. Гезалов Э.Б. Модель локальной сети с неоднородным входящим трафиком и протоколом комбинированного доступа // Телекоммуникации. 2008. № 8. С. 7–12.
5. Gezalov E.B. The Model of a Local Network with a Nonhomogeneous Input Traffic and Combined Access Protocol // Telecommunications and Radio Engineering. 2011. Vol. 70. Iss. 5. PP. 461–470. DOI:10.1615/TelecomRadEng.v70.i5.70

6. Гезалов Э.Б. Повышение эффективности сетей абонентского доступа на базе технологии локальных сетей // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 10. С. 1–7.
7. Гезалов Э.Б. Условие адаптивности протокола комбинированного доступа для неоднородной локальной сети связи // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016. № 1. С. 11–16.
8. Гезалов Э.Б., Мамедов Э.Н. Моделирование гибридной пакетной сети // Спутниковая связь. 2-ая Международная конференция (Москва, 23–27 сентября 1996 г.): сборник докладов. М: Международный центр научной и технической информации. 1996. Т. 1. С. 213–219.
9. Гезалов Э.Б. Модель гибридной сети связи с неоднородной наземной подсетью и протоколом синхронного временного доступа // Известия АНАКА. 2009. Т. 12. № 1. С. 41–47.
10. Гезалов Э.Б. Модель гибридной сети связи с неоднородной наземной подсетью // Вестник Харьковского политехнического института. «Автоматика и приборостроение». 2010. № 20. С. 34–44.
11. Пастухов А.С. Анализ влияния параметров протокола ARQ на эффективность гибридной спутниковой сети связи // Научные труды. 2007. Т. 8. № 7. С. 61–71.
12. Пастухов А.С. Выбор соотношения между пропускной способностью прямого и обратного каналов в гибридных сетях спутниковой связи // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2008. Т. 4. № 1–2. С. 74–79.
13. Гезалов Э.Б. Модель неоднородной по протоколу доступа гибридной сети связи с учетом показателей надежности каналов связи // Научные труды Одесской национальной академии связи им. А.С. Попова. 2013. № 1. С. 140–145.
14. Гезалов Э.Б. Модель процесса передачи неоднородного межсетевых трафика в гибридной сети связи с протоколом комбинированного доступа // Электросвязь. 2013. № 12. С. 41–44.
15. Суздальев А.В., Чугреев О.С. Передача данных в локальных сетях связи. М.: Радио и связь, 1987. 168 с.

* * *

THE MODEL OF THE HETEROGENEOUS HYBRID COMMUNICATION NETWORK WITH COMBINED ACCESS PROTOCOL AND TAKING INTO ACCOUNT THE RELIABILITY OF COMMUNICATION CHANNELS

E. Gezalov¹

¹Azerbaijan Technical University
Baku, AZ 1073, Azerbaijan

Article info

Article in Russian

For citation: Gezalov E. The Model of the Heterogeneous Hybrid Communication Network with Combined Access Protocol and Taking into Account the Reliability of Communication Channels. *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2018;4(4):13–19. (in Russ.) Available from: <https://doi.org/10.31854/1813-324X-2018-4-4-13-19>

Abstract: *The hybrid communication network with heterogeneous on intensity of the incoming message flow and combined access protocol the ground subnetwork is considered. The process of failure and restoration of terrestrial and satellite channels is considered, and it is shown that the analysis of the inter-regional information transmission in a hybrid network, must be considered its influence on network characteristics. A model in a discrete-time of hybrid heterogeneous network with taking into account the reliability of terrestrial and satellite channels is carrying out.*

Keywords: *hybrid communication network, local network, combined access protocol, buffer, heterogeneous traffic, packet, time window, service interval.*

References

1. Araslanova V.A., Akhrameeva O.V., Borisov S.A., Burmistrova E.S., Zhemerikina Y.I., Zakharova S.G., Mel'nikova A.S., Mikhailov A.K. *Informatsionnoe obshchestvo i globalnaia informatsionnaia telekommunikatsionnaia infrastruktura* [Information Society and Global Information Telecommunications Infrastructure]. Nizhnii Novgorod: Professionalnaia nauka Publ.; 2018. 135 p. (in Russ.) Available from: <http://scipro.ru/conf/monographIT.pdf> [Accessed 5th December 2018]
2. Korotkov A.V. *Mirovye informatsionnye resursy* [Global Information Resources]. Moscow: MGIMO University Publ.; 2012. 90 p. (in Russ.)
3. Vishnevsky V.M., Lyakhov A.I., Portnoy S.L., Shakhnovich I.V. *Shirokopolosnye besprovodnye seti peredachi informatsii* [Broadband Wireless Information Networks]. Moscow: TECHNOSPHERA Publ.; 2005. 592 p. (in Russ.)
4. Gezalov E.B. Analysis of characteristics of a local network with a combined access protocol. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2008;67(8):729–138. (Russ., ed.: Gezalov E.B. Model lokalnoi seti s neodnorodnym vkhodiashchim trafikom i protokolom kombinirovannogo dostupa. *Telekommunikatsii (Telecommunications)*. 2008;8:7–12.). Available from: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v67.i8.60>
5. Gezalov E.B. The Model of a Local Network with a Nonhomogeneous Input Traffic and Combined Access Protocol. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2011;70(5):461–470. Available from: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v70.i5.70>
6. Gezalov E.B. Increase efficiency of subscriber access networks based on local networks technology. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*. 2013;10:1–7. (in Russ.)
7. Gezalov E.B. Condition of adaptability of combined access protocol for heterogeneous local network. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*. 2016;1:11–16. (in Russ.)
8. Gezalov E.B., Mamedov E.N. Modelirovanie gibridnoi paketnoi seti [Hybrid Packet Network Modeling]. *Satellite Communication. Proceedings of the 2nd International Conference, 23–27 September 1996, Moscow, Russia*. Moscow: International Centre for Scientific and Technical Information Publ.; 1996. Vol. 1. p.213–219. (in Russ.)
9. Gezalov E.B. Model gibridnoi seti svyazi s neodnorodnoi nazemnoi podsetiu i protokolom sinkhronnogo vremennogo dostupa [Model of Hybrid Communication Network with Heterogeneous Terrestrial Subnetwork and Synchronous Time Access Protocol]. *Izvestiia ANAKA*. 2009;12(1):41–47. (in Russ.)
10. Gezalov E.B. Model gibridnoi seti svyazi s neodnorodnoi nazemnoi podsetiu [Model of Hybrid Communication Network with Heterogeneous Terrestrial Subnetwork]. *Kharkiv Polytechnic Institute. Avtomatika i priborostroenie*. 2010;20:34–44. (in Russ.)
11. Pastuhov A.S. An Analysis of the ARQ Protocol Parameters Influence on the Hybrid Satellite Communication Network Performance. *Science Intensive Technologies*. 2007;8(7):61–71. (in Russ.)
12. Pastuhov A.S. The Choice of the correlation between reception capacity direct and inverse channel in hybrid set satel-lite relationship. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy*. 2008;4(1–2):74–79. (in Russ.)
13. Gezalov E.B. The Model of the Heterogeneous on Access Protocol Hybrid Telecommunication Network with Taking into Account the Reliability of Telecommunication Channels. *Proceedings of the O.S. Popov ONAT (Odessa National O.S. Popov Academy of Telecommunications)*. 2013;1:140–145. (in Russ.)
14. Gezalov E.B. Model of heterogeneous interconnect traffic transmission process in hybrid communication network with combined access protocol. *Electrosvyaz*. 2013;12:41–44. (in Russ.)
15. Suzdalev A.V., Chugreev O.S. *Peredacha dannykh v lokalnykh setiakh svyazi* [Data Transmission in Local Communication Networks]. Moscow: Radio i svyaz Publ.; 1987. 168 p. (in Russ.)