

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 654.026

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДИФИКАЦИИ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО РЕСУРСА СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

© 2023 г. Е. С. Абазина^{1,*}, С. Х. Зиннуров¹, А. С. Севостьянов¹

¹Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: e.s.abazina@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.10.2023 г.

После доработки 09.10.2023 г.

Принята к публикации 30.10.2023 г.

Предложена методика распределения частотно-временного ресурса сети спутниковой связи, заключающаяся в разделении каналов спутниковой связи на основные, планируемые в соответствии со схемой организации связи, и дополнительные, предоставляемые в случае увеличения интенсивности нагрузки по средствам использования канала управления. Предложенная методика позволяет повысить эффективность использования ограниченного радиоресурса сети спутниковой связи в ситуациях, когда происходит увеличение интенсивности передаваемого трафика или количества абонентов.

DOI: 10.56304/S2782375X23030026

ВВЕДЕНИЕ

Распределение частотно-временного ресурса (ЧВР) между земными станциями сети спутниковой связи (ССС) в настоящее время осуществляется в рамках суточного планирования по заявкам в центр управления связью (ЦУС), который осуществляет распределение частотно-временного ресурса равномерно между всеми земными станциями (ЗС) с профицитом, необходимым для обеспечения гарантированной передачи данных в случае увеличения числа абонентов и обеспечения требуемого качества передачи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Статистические данные показывают, что частотно-временной ресурс между земными станциями СССР выделяется под пиковые (максимальные) значения информационной нагрузки с запасом в 15–20% [1, 2]. Анализ загрузки типовой спутниковой радиолинии с общей пропускной способностью 2 Мбит/с свидетельствует о том, что 80% времени ЧВР используется не более чем на 15–20%. Это приводит к недоиспользованию ЧВР при его общем дефиците.

В интересах повышения эффективности использования частотно-временного ресурса СССР предлагается планировать его предоставление без профицита. Распределяемый ресурс СССР условно классифицируется на основной и резервный. Под основным ЧВР понимаются частотный диапазон и время сеансов связи, планируемые для

каждой ЗС в соответствии с усредненной потребностью абонентов – источников трафика по заявкам на предстоящие сутки. Резервный ресурс – частотный диапазон и время сеансов связи, предоставляемые дополнительно в случае пиковых нагрузок. Резервный ресурс предоставляется за время, равное времени двух прохождений сигнала через космический аппарат связи (КАС), до начала действительной передачи данных с использованием постоянного канала управления. Причины возникновения пиковых нагрузок в СССР могут быть вызваны необходимостью внеплановой видеоконференции, необходимостью получения видеоизображения от беспилотных летательных аппаратов и (или) космических аппаратов дистанционного зондирования Земли в режиме реального времени или увеличением числа подключаемых абонентов. В случае если для передачи трафика в СССР достаточно спланированного основного частотно-временного ресурса СССР, резервный ресурс может быть использован для передачи фоновой трафика, не критичного к требованиям по качеству передачи (передача телеметрической информации), или находиться в оперативном резерве.

Количественный состав ЗС в сети связи, прикреплённых (обслуживаемых) к одной центральной ЗС, определяется соотношением

$$A = \{A_v, v = \overline{1, n}\}, \quad (1)$$

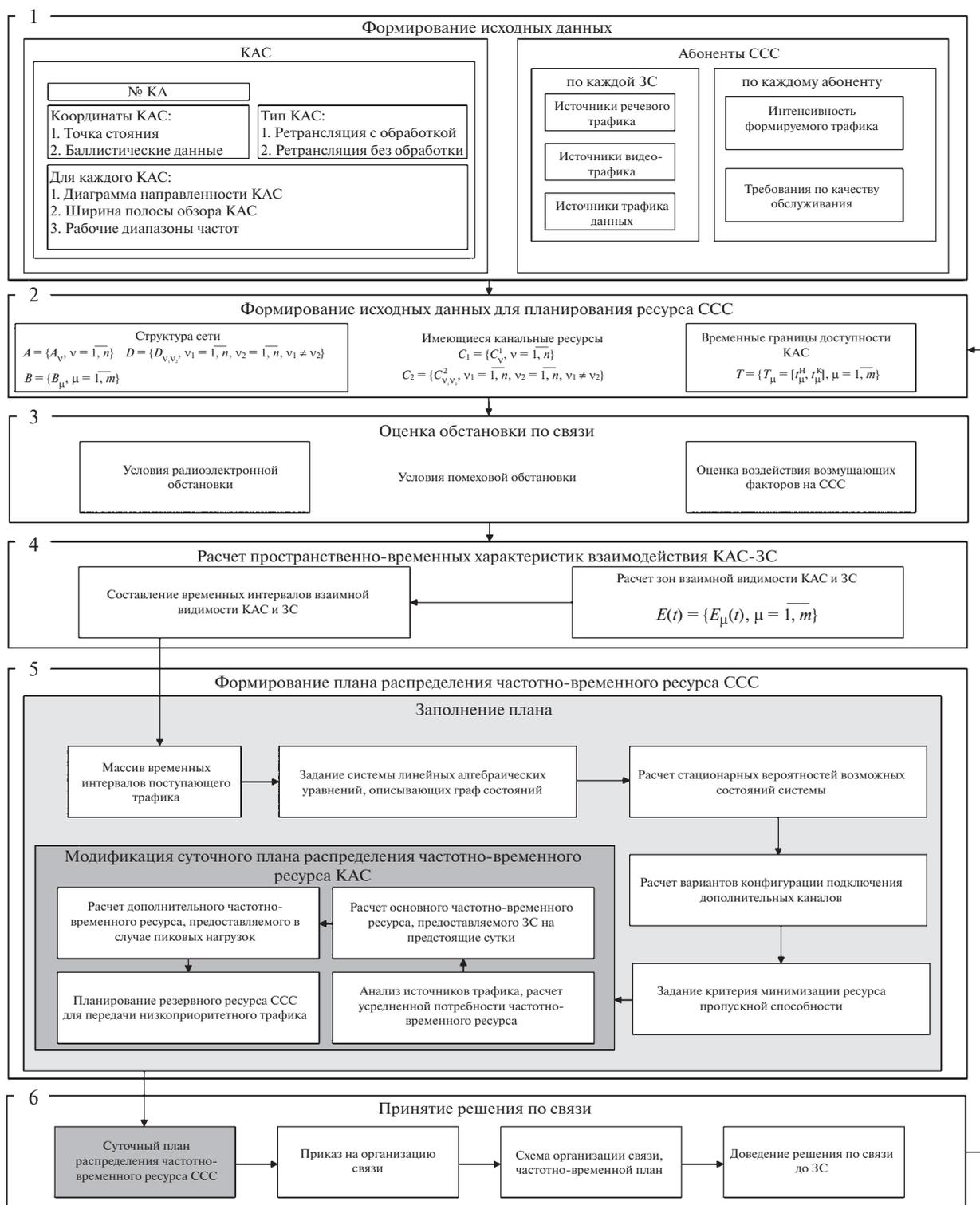


Рис. 1. Методика планирования частотно-временного ресурса сети спутниковой связи.

где $v = \overline{1, n}$ – порядковый номер земной станции в сети, n – общее количество земных станций в сети.

Методика планирования и распределения ЧВР центральным узлом связи позволяет определить необходимое и достаточное количество ос-

новых ($K_{\text{осн}}$) и дополнительных ($K_{\text{рез}}$) каналов в результате выполнения операций, представленных на рис. 1.

В первом блоке задаются исходные данные о составе, структуре и параметрах КАС (в том числе сведения об их пространственном положении), параметры ЗС, включая информацию о подключенных абонентах и видах передаваемого трафика с предъявляемыми требованиями к качеству обслуживания, а также системе технических и технологических ограничений.

Во втором блоке методики формируются исходные данные для планирования ЧВР ССС:

- множество ЗС $A = \{A_v, v = \overline{1, n}\}$.
- множество $B = \{B_\mu, \mu = \overline{1, m}\}$ сеансов связи;
- множество объемов ЧВР ССС $C_1 = \{C_v^1, v_1 = \overline{1, n}\}$;
- множество ограничений $C_2 = \{C_{v_1 v_2}^2, v_1 = \overline{1, n}, v_2 = \overline{1, n}, v_1 \neq v_2\}$ на скорость передачи информации между соседними v_1 и v_2 элементами ССС;
- потенциал доступности $D = \{D_{v_1 v_2}, v_1 = \overline{1, n}, v_2 = \overline{1, n}, v_1 \neq v_2\}$, определяющий наличие ребра между v_1 и v_2 узлами ССС;
- множество интервалов доступности КАС $T = \{T_\mu = t_\mu^h, t_\mu^k, \mu = \overline{1, m}\}$.

В третьем блоке методики проводится оценка обстановки по связи: оценка условий радиоэлектронной обстановки, условий помеховой обстановки, воздействия возмущающих факторов на ССС.

В четвертом блоке методики проводится расчет пространственно-временных характеристик КАС–ЗС, а именно: расчет зон взаимной видимости КАС и ЗС, составление временных интервалов взаимной видимости КАС и ЗС.

В пятом блоке методики проводится формирование плана распределения частотно-временного ресурса ССС. Для каждой ЗС с учетом прогнозируемой нагрузки проводится расчет минимально необходимой потребности в пропускной способности, данная оптимизационная задача решается с использованием итерационного алгоритма оптимизации на основе метода возможных направ-

лений [3–5]. Далее в соответствии с частотно-временным планом каждой ЗС предоставляются основные каналы связи ($K_{\text{осн}}$). Далее ЦУС формирует так называемый резерв ЧВР (дополнительные каналы связи $K_{\text{рез}}$), который предоставляется по запросу от ЗС.

Результатом методики является решение по связи (суточный план распределения ЧВР, приказ на организацию связи, схема организации связи), которое включает в себя информацию по представляемому частотно-временному ресурсу для каждой ЗС. Решение по связи доводится до каждой ЗС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная модифицированная методика распределения частотно-временного ресурса ССС позволяет более гибко учитывать ожидаемую нагрузку на сеть связи, топологическую структуру сети, величину задержек при предоставлении дополнительного канального ресурса. Использование методики распределения частотно-временного ресурса сети спутниковой связи позволяет уменьшить число основных каналов, предоставляемых ЗС, на 10–38% по сравнению с подходом предоставления фиксированной пропускной способности, а использование дополнительных каналов позволяет оперативно варьировать частотно-временной ресурс ССС для обеспечения требуемого качества передачи трафика. Так, при наиболее жестких требованиях к качеству обслуживания выигрыш составит до 5%, при менее жестких – до 40%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шелухин О.И., Лукьянцев Н.Ф. Цифровая обработка речи. М.: Радио и связь, 2000. 256 с.
2. Ferreira J.C.V., Contreras M.F., Sierra J.E. // Indian J. Sci. Technol. 2018. V. 11. № 42. P. 1. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i42/131033>
3. Коган А.В. // Технологии и средства связи. 2001. № 1. С. 78.
4. Алиев Р.Т., Король В.В. // Имитационное моделирование. Теория и практика. 2003. Т. 1. С. 45.
5. Новиков Е.А. // Информационно-управляющие системы. 2014. № 2 (69). С. 79.