

*Савельева О.А.*

*Студент магистратуры*

*1 курс, институт информатики и телекоммуникаций  
Сибирский государственный университет науки и технологий*

*им. М.Ф. Решетнева*

*Россия, г. Красноярск*

*Савельев И.С.*

*Инженер*

*АО «Информационные спутниковые системы»*

*Россия, Красноярский край, г. Железногорск*

## **ЦИФРОВАЯ ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА С ПРИМЕНЕНИЕМ DTP**

***Аннотация:** В данной работе рассматриваются принципы построения космических аппаратов с использованием цифрового прозрачного процессора DTP. Раскрыто понятие DTP и роль его применения на борту космического аппарата. Также перечислены преимущества использования DTP с подробным описанием функции гибкой коммутации каналов.*

***Ключевые слова:** полезная нагрузка, DTP, цифровой прозрачный процессор, маршрутизация сигналов, гибкое формирование каналов.*

***Annotation:** In this paper, the principles of constructing spacecraft using the digital transparent processor DTP are used. The concept of DTP and the role of its use on board a spacecraft are disclosed. The advantages of using DTP with a detailed description of the flexible circuit switching functions are also indicated.*

***Keywords:** payload, DTP, digital transparent processor, signal routing, flexible channel management.*

Конструкция полезной нагрузки (ПН) на геостационарных телекоммуникационных спутниках оставалась неизменной на протяжении

десятилетий. В традиционном спутнике реализована технология, в которой сигналы Ku или C-диапазона, восходящие от наземного источника, были получены КА, преобразованы по частоте, направлены через матрицу коммутации в выбранную усилительную цепь и направлены по соответствующей нисходящей линии антенны для достижения конечных потребителей. Фильтрация и усиление сигнала на борту имели полностью аналоговый характер.

В настоящее время наиболее динамично развивающимся сектором спутниковой связи является сектор систем спутниковой связи (ССС) с обработкой сигналов на борту. Такие ССС позволяют организовать прямую связь между пользователями в режиме «каждый с каждым», также обеспечивается большая гибкость в организации связи. При использовании же «прозрачного» ретранслятора такой режим требует значительных энергетических затрат.

Целесообразность реализации БРК с выполнением всех процедур и алгоритмов обработки сигналов на борту вытекает, прежде всего, из неизбежности использования многолучевых антенн с динамической маршрутизацией трафика, как основного направления эффективного использования частотноорбитального ресурса.

Внедрение многолучевых антенн ведет к необходимости включения в состав бортового ретрансляционного комплекса коммутатора информационных потоков с протоколами сигнализации и динамического перераспределения информации между станциями, обслуживаемыми, различными лучами.

В современных телекоммуникационных спутниках начинают применять цифровую полезную нагрузку после аналого-цифрового преобразователя для реализации гибкой маршрутизации фрагментов радиочастотного спектра. Производительность цифрового устройства обработки быстро растут и позволяют обрабатывать все большие и большие объемы пропускной способности.

Полностью оцифрованные полезные нагрузки позволят исключить огромное количество кабелей, преобразователей частоты, переключателей и фильтров, а также, за счет этого сэкономить огромные суммы денег.

Другими словами, производители КА могут использовать программную коммутацию для спутников «следующего поколения» и встроенную цифровую обработку для плавного преобразования частоты сигнала от одного диапазона к другому чрезвычайно гибким способом.

Гибкость и экономическая эффективность цифровой электроники ставят под сомнение дальнейшее использование «традиционной» модели построения телекоммуникационного спутника. Цифровая обработка сигнала на борту способствует уменьшению массы КА, обеспечивает возможность повторного использования частот и беспрецедентную гибкость в маршрутизации сигналов. Блок, в котором реализована вся цифровая обработка сигналов, называется Digital Transparent Processor (DTP).

Digital Transparent Processor (Цифровой прозрачный процессор) – часть аппаратного обеспечения подсистемы полезной нагрузки, отвечающая за маршрутизацию сигналов от приемных до передающих устройств на борту космического аппарата в соответствии с заданной конфигурацией. Маршрутизация выполняется после аналого-цифрового преобразования сигналов с помощью методов цифровой обработки сигналов[1].

DTP предназначен для обеспечения возможности гибкого формирования каналов и прозрачной маршрутизации для современных полезных нагрузок космических аппаратов[2].

Роль цифрового прозрачного процессора в таком контексте заключается в том, чтобы обеспечить гибкость с точки зрения подключения, распределения каналов и частотного плана.

Данная функция схематично продемонстрирована на рисунке 1.

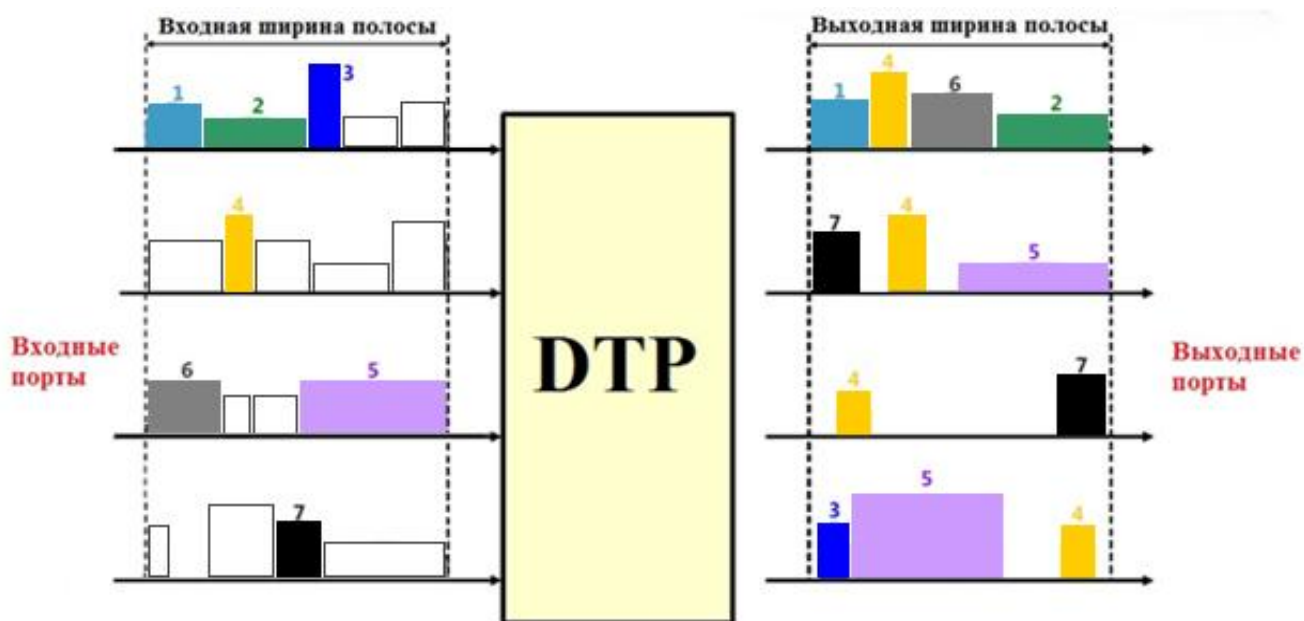


Рисунок 1. Схема обеспечения гибкости распределения каналов.

Бортовые цифровые прозрачные процессоры, как и любой маршрутизатор данных, используют оцифрованные сигналы и направляют сигналы клиента более динамичным образом. Цифровой процессор может быть подключен к нескольким лучам спутника, объединяя их в один канал, если это потребуется, и, таким образом, беспрепятственно и эффективно соединять конечных пользователей с потенциальным множеством шлюзов в любом месте в пределах зоны обслуживания спутника. По сути, DTP могут осуществлять разделение и перераспределение частот в зависимости от поставленной задачи[3].

Преимущества гибкой полезной нагрузки для управления довольно многочисленны. Одним из них является оптимизация управления ресурсами, т.е. способность адаптировать ресурсы спутника к реальным и изменяющимся условиям движения в данной зоне.

DTP также предлагает высокую гибкость с точки зрения модульности. Это достигается за счет адаптации нескольких узлов каждого типа в зависимости от потребностей клиентов (платформа, частота, количество входов или выходов, подлежащих обработке). Это позволяет адаптировать массовые и объемные бюджеты к точным потребностям каждого клиента.

Благодаря использованию ДТР, спутник, находящийся в космосе, можно легко «модифицировать», чтобы удовлетворять быстрорастущие и изменяющиеся требования и условия заказчика. Также, установка ДТР ведет к появлению универсальной полезной нагрузки, которую можно достаточно быстро «установить» на спутник и избавиться от многомесячной работы по созданию ПН с требуемыми параметрами.

Космический аппарат, на борту которого установлен ДТР, повышает гибкость полезной нагрузки в предоставлении пропускной способности и обеспечивает специальные пользовательские решения для клиентов.

#### **Использованные источники:**

1. Под ред. Уолта Кестера. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов. Москва: Техносфера, 2010. – 328 с.
2. D. Morelli, A. Mainguet, M.Eustace// Automated operations of large GEO telecom satellites with Digital Transparent Processors (DTP): Challenges and lessons learned// SpaceOps Conferences, 28May-1 June 2018.
3. Chris Forrester// SES Adopts Digital Satellite Payloads [Электронный ресурс]. URL: <https://advanced-television.com/2016/06/29/ses-adopts-digital-satellite-payloads> (дата обращения: 30.12.2019).