

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПАКЕТНОЙ РАДИО- СВЯЗИ

к.т.н. В.И. Барсов, к.т.н. К.Ю. Дергачев  
(представил д.т.н., проф. В.И. Долгов)

*Рассматривается модель метеорного радиоканала с позиции теории массового обслуживания.*

Одним из перспективных решений задачи разработки и создания эффективной системы управления подвижными объектами, территориально распределенными на значительном удалении от управляющего центра, является выбор оптимальной организационно - технической структуры радиосети, обеспечивающей процесс управления. При этом не теряет актуальности поиск и применение для указанной цели специфических видов радиосвязи, не нашедших пока широкого применения в нашей стране. В первую очередь это относится к метеорным системам радиосвязи (МСРС), обладающим рядом существенных достоинств, таких, как обеспечение большой дальности УКВ радиосвязи, малая зависимость от ионосферных возмущений, высокая скрытность и помехозащищенность, малый расход рабочих частот, значительная экономическая эффективность и др. Однако, прерывистый характер метеорного радиоканала (МРК) накладывает некоторые ограничения на его пропускную способность и возможность обмена данными в реальном масштабе времени, что несколько сужает область применения МРК. Свести к минимуму негативное влияние прерывистости МРК на качество функционирования сети пакетной МСРС представляется возможным путем поиска перспективных вариантов построения и оптимизации организационно - технической структуры такой сети, которую можно представить как объединение абонентских станций и узлов коммутации, соединенных между собой определенным образом с помощью множества радиолиний.

Анализ работ [1 - 3] показывает, что с точки зрения построения МСРС наиболее приемлемым является асинхронно сбалансированный режим работы, позволяющий организовывать дуплексный канал связи и дающий возможность каждой станции в случае необходимости работать в режиме как первичной, так и вторичной. При этом все информационные и все управляющие кадры, требующие подтверждения, будут иметь статус отправляемых, как с первичной станции, а все управляющие кадры, исполняющие роль подтверждений или ответов, как со вторичной.

Перспективным, с точки зрения авторов, является применение в МСРС протокола управления каналом передачи данных HDCL и структуры пакета данных стандартного сетевого уровня X.25, что позволит организовать множественный доступ в локальной сети и сделать ее совместимой с другими сетями передачи данных, а также использовать в качестве подсистемы более мощных сетей аналогичного назначения.

Общее число бит данных, которое может быть передано с использованием протокола HDCL, определяется выражением [4]:

$$N = M + \lceil M / 4 \cdot K_{\max} \rceil V, \quad (1)$$

где  $\lceil x \rceil$  - наименьшее целое число, большее или равное  $x$ ;  $K_{\max}$  - максимальная длина пакета, без заголовка;  $M$  - длина сообщения, включая служебную информацию;  $V$  - число бит служебной информации.

Соблюдения баланса между средней задержкой пакета и пропускной способностью МРК можно добиться с помощью выбора оптимального алгоритма управления потоками данных. В частности, для МСРС наиболее характерно пузловое оконное управление потоками данных, что определяется основным принципом ведения связи через МРК. Выбор указанного способа управления в значительной степени определяется возможностью уменьшения взаимных помех при доступе нескольких периферийных станций к узловой. Кроме этого, специфика существования МРК позволяет устранить основной недостаток, присущий дейтаграммному способу передачи пакетов – неустойчивости, вызванной колебаниями при выборе оптимального маршрута.

В результате МСРС можно представить в виде системы массового обслуживания M/G/1 с перерывами смешанного типа [4], поскольку ограничения, наложенные на ожидание обслуживания, могут иметь различный характер и определяться, например, временем пребывания заявки в системе. Поступление сообщений, подлежащих передаче, подчинено пуассоновскому закону, а природа распределения вероятности длительности обслуживания носит произвольный характер, что определяется нестационарным характером МРК, зависящим от сезонного и суточного колебания числа метеорных вспышек и длительности существования метеорных следов. Перерывы на некоторые произвольные интервалы времени, которые делает обслуживающий прибор в конце каждого периода занятости, определяются также прерывистым характером МРК.

С учетом отмеченного, граф возможных состояний и переходов из состояния в состояние для наиболее простого случая (одного виртуального канала системы метеорной радиосвязи, имеющего один транзитный узел) может быть представлен следующим образом (рис. 1). На рис.1 приняты следующие обозначения:  $s_0$  - отсутствие сообщений в МСРС;  $s_1$  - характеризует передачу данных в случае поступления одного сообщения при наличии МРК;  $s_2$  - событие, определяющее наличие МРК;  $s_3$  - наличие очереди из одного сообщения;  $s_n$  - наличие очереди из  $n$  сообщений;  $\mu$  - интенсивность

поступления данных;  $\lambda$  - интенсивность появления МРК.

Анализ возможных вариантов функционирования предлагаемой модели канала МСРС позволяет сделать несколько обобщающих заключений.

Во - первых, основным фактором, обуславливающим протекающие в МРК процессы, является не поток заявок на обслуживание, а пуассоновский поток однородных событий, определяющий наличие этого канала. Этот вывод следует из ряда отличий рассматриваемой системы от классической СМО, описываемой с помощью марковских процессов.

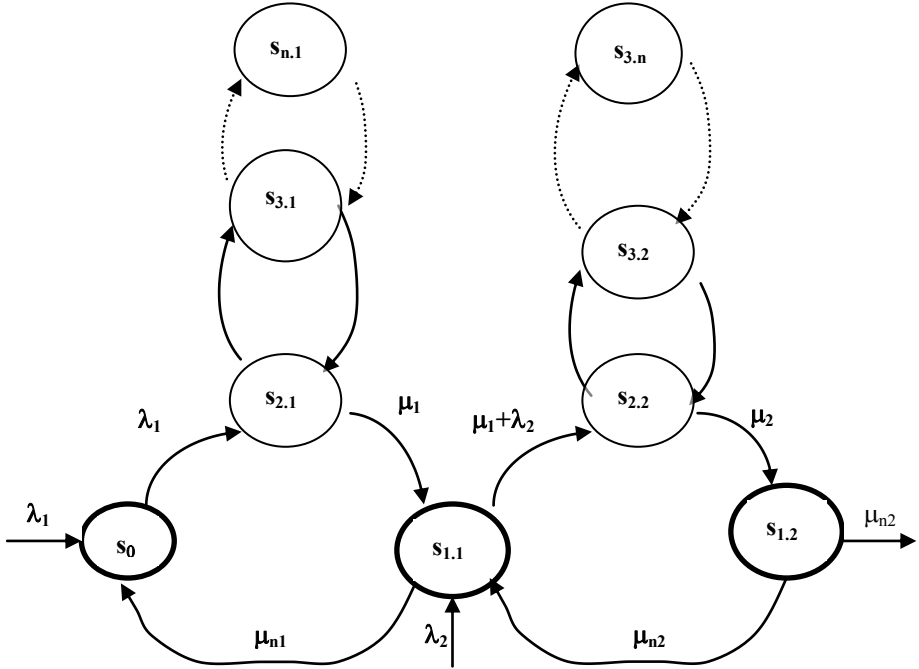


Рис. 1. Граф возможных состояний и переходов для виртуального канала МСРС

Во - вторых, поскольку общая скорость поступления пакетов в такой канал определяется как

$$\lambda_{ij} = \sum_{i=1}^j \chi_i, \quad (2)$$

где  $\chi_i$  – скорость поступления потоков по  $i$  - му пути, то даже если потоки пакетов, входящие в каждый узел МСРС, являются пуассоновскими с независимыми длинами пакетов, это свойство теряется после передачи на первый транзитный узел. Поэтому целесообразно сделать упрощающее предположение, основанное на использовании аппроксимации Клейнрока, сво-

дящейся к тому, что при объединении нескольких потоков пакетов данных в канале сохраняется независимость между интервалами поступления и длинами пакетов. Тогда для каждого канала связи можно приближенно принять модель системы М/М/1 независимо от взаимодействия потока в этом канале с потоками в других каналах. Тогда, согласно теореме Литтла, средняя задержка пакета в потоке данных, поступающих по пути  $q$ , состоящая из среднего времени ожидания в очереди, среднего времени передачи, средней задержки распространения и обработки в МРК  $d_{ij}$  и может составить величину, определяемую выражением

$$T_q = \sum_{\substack{\text{по всем} \\ (ij) \text{ на} \\ \text{пути } q}} \left( \frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij}(\mu_{ij} - \lambda_{ij})} + \frac{1}{\mu_{ij}} + d_{ij} \right). \quad (3)$$

В третьих, при построении МСРС с использованием дейтаграмного способа [4], точность аппроксимации системой М/М/1 может ухудшаться, поскольку постановка прибывающих пакетов в минимальную очередь нарушает пуассоновский характер процесса поступления в точке разделения потоков. Однако, в этом случае задержка, осуществляемая системой, значительно меньше, чем при использовании случайного распределения поступающих по всем очередям пакетов.

Таким образом, использование МСРС позволяет создать простую и экономичную архитектуру сети пакетной радиосвязи, способную компенсировать основной недостаток метеорного радиоканала за счет оптимизации организационно - технической структуры сети. Более точный способ вычисления временных соотношений между процессами, протекающими в МСРС, заключается в их математическом моделировании, проводимом с позиции теории совпадения импульсных потоков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В.В., Клецкий Н.В. Сеть пакетной радиосвязи с использованием метеорных каналов // *Электросвязь*. – 1992. – №5. – С. 9 - 11.
2. Сидоров В.В., Чернецкий Г.А. Асинхронно - синхронный способ передачи сообщений в импульсных метеорных системах связи // *Метеорные распространения радиоволн*. – Казань: КГУ. – 1975. – Вып. X - XI. – С. 8 - 14.
3. Демин Э.А., Чиненко Л.А., Макаров А.А. Аппаратуры передачи информации по метеорным каналам радиотелеграфной связи // *Электросвязь*. – 1976. – № 4. – С. 25 - 31.
4. Бертсекас Д., Галагер Р. Сети передачи данных. – М.: Мир, 1989. – 544 с.

Поступила 22.03.2002

**БАРСОВ Валерий Игоревич**, канд. техн. наук, зам. нач. отдела научного центра при ХВУ. В 1979 году окончил Харьковское ВВКИУ им. Крылова Н.И. Область научных интересов – системы связи и управления.

*ДЕРГАЧЕВ Константин Юрьевич, канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник научно-го центра при ХВУ. В 1995 году окончил ХВУ. Область научных интересов – оптимальное управление.*

---