Постановка задачи минимизации задержки в транспортной сети связи

УДК 621.396.4

А.Д. НАЗАРОВ, адъюнкт кафедры сетей связи и систем коммутации ФГКВОУ ВО "Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного" Минобороны России

Постановка задачи минимизации задержки в транспортной сети связи
Problem Statement for Minimizing Delay in a Transport Communication Network

В статье представлена постановка задачи минимизации сквозной задержки передачи критичных к задержкам данных в интегрированной транспортной сети связи при внедрении оптической маршрутизации.

Показано, что в многоуровневой архитектуре значительная часть задержки формируется за счет очередей и обработки на промежуточных узлах пакетной и оптической транспортной обработки, что снижает своевременность доставки данных при росте нагрузки.

Предложен подход, основанный на формировании составных световых путей с оптическим транзитом без промежуточных оптико-электронно-оптических преобразований и переносе части функций выбора пути на физический уровень. Сформулирована многокритериальная задача выбора конфигурации сети, учитывающая показатели качества обслуживания и качества передачи, а также ресурсные ограничения по спектру и топологии. Главный критерий — минимизация сквозной задержки при ограничениях на требуемую пропускную способность, допустимый уровень качества оптической передачи и доступный спектральный ресурс.

This paper formulates the problem of minimizing end-to-end delay for latency-critical data transmission in an integrated transport communication network through the introduction of optical routing.

It is shown that, in a multilayer architecture, a substantial portion of delay is caused by queuing and processing at intermediate nodes of packet and optical transport layers, which reduces delivery timeliness as the load increases.

An approach is proposed based on establishing composite lightpaths with all-optical transit, avoiding intermediate optical-electrical-optical conversions, and shifting part of path selection functions to the physical layer. A multi-criteria network configuration selection problem is formulated that accounts for service quality and transmission quality metrics, as well as spectrum and topology resource constraints. The primary objective is to minimize end-to-end delay under constraints on required throughput, acceptable optical transmission quality, and available spectrum resources.

Ключевые слова: интегрированная транспортная сеть связи, оптическая маршрутизация, сквозная задержка, световой путь, качество обслуживания, качество передачи, оптико-электронно-оптическое преобразование, спектральный ресурс.

Keywords: *integrated transport communication network, optical routing, end-to-end delay, lightpath, quality of service, quality of transmission, optical-electrical-optical conversion, spectrum resources.*

Введение

Современные вооруженные конфликты характеризуются глубокой трансформацией способов ведения боевых действий, обусловленной переходом к сетецентрическим принципам управления и широким внедрением технологий нового поколения — искусственного интеллекта, робототехнических комплексов и автоматизированных систем обмена данными специального назначения. Эффективность этих систем в значительной степени определяется возможностями телекоммуникационной инфраструктуры, от которой требуется не только высокая пропускная способность, но и предельно малая сквозная задержка при передаче критически важных данных в реальном времени.

Наиболее показательной тенденцией последних лет стало массовое внедрение беспилотных и робототехнических систем — наземных, воздушных и морских. Если ранее они рассматривались преимущественно как вспомогательные средства разведки и наблюдения, то сегодня превращаются в один из основных инструментов достижения превосходства на поле боя. Их эффективное функционирование невозможно без устойчивых каналов связи и постоянного обмена информацией с пунктами управления, средствами разведки и поражения, то есть без включения в единую телекоммуникационную среду. Таким образом, все беспилотные системы должны функционировать в связке с сетью передачи данных, что выдвигает повышенные требования к ее пропускной способности, задержкам и надежности.

При этом действующая транспортная инфраструктура связи изначально не проектировалась под столь высокую плотность трафика и динамику управления.

Статью целиком читайте в бумажной версии журнала