

Альтернативные варианты охлаждения: Охлаждение циркуляцией воды, использование пористых материалов для испарительного охлаждения или материалов с фазовым переходом (PCM). Интеграция таких систем повышает КПД солнечных элементов и продлевает срок их службы.

Ожидаемая энергоэффективность и технико-экономические показатели.

Внедрение комплекса описываемых технологий значительно повышает экономическую отдачу проекта.

Прирост мощности: Использование двухосевого трекера позволяет увеличить выработку энергии до 40–50% по сравнению с фиксированными панелями, тогда как одноосевые трекеры дают прирост в 20–35%. Дополнительный алгоритм Backtracking и программное ИИ-управление (например, подход TrueCapture) могут увеличить сбор энергии еще на 2–6% за счет улавливания рассеянного света в пасмурные дни и устранения затенения.

Окупаемость (ROI): Несмотря на дополнительные затраты на электромеханические компоненты и датчики, увеличенная генерация и минимизация простоев за счет предиктивного обслуживания позволяют окупить инвестиции в трекинг в среднем за 3,5 – 5 лет для систем двухосевого типа.

Энергопотребление системы: Расход энергии на работу самих двигателей минимизируется за счет настройки алгоритма (например, корректировка угла на 3 градуса каждые 12 минут, а не постоянное движение). Само энергопотребление датчиков и IoT модулей (например, по протоколу MQTT) составляет незначительную часть (менее 3%) от вырабатываемой энергии.

Список литературы

1. Бобылев В. Н. Фотоэлектрические системы: основы проектирования и применения. — М.: Энергоатомиздат, 2018. — 256 с.
2. Соловьев А. А. Возобновляемые источники энергии. — СПб.: Питер, 2020. — 320 с.
3. Patel M. R. Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2019. — 528 p.
4. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. — 2nd ed. — Chichester: Wiley, 2018. — 1160 p.
5. Zhang Y., Yang J. IoT-based smart energy monitoring systems: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — Vol. 145. — P. 111-125.
6. Zhang C., et al. Fault detection and diagnosis in photovoltaic systems using machine learning techniques // Energy Reports. — 2020. — Vol. 6. — P. 200–210.
7. Kalogirou S. A. Artificial intelligence for the modeling and control of photovoltaic systems // Solar Energy. — 2019. — Vol. 170. — P. 1–15.
8. Sharma V., et al. Performance analysis of solar tracking systems // Renewable Energy. — 2017. — Vol. 105. — P. 122–130.
9. Liu X., et al. IoT-based intelligent monitoring system for photovoltaic power plants // IEEE Access. — 2022. — Vol. 10. — P. 45000–45012.
10. Chen J., et al. Predictive maintenance for photovoltaic systems using data-driven approaches // Applied Energy. — 2021. — Vol. 295. — P. 117–130.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ QOS В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Б.М. Умирзаков

начальник IT-центра Ташкентского государственного экономического
университета bahodir-83@tsue.uz

Аннотация: В данной статье анализируются вопросы обеспечения качества обслуживания

(QoS) в интеллектуальных сетях связи. Проведен сравнительный анализ технологий IntServ, DiffServ и MPLS в условиях стремительного роста сетевого трафика и увеличения мультимедийных услуг. Обоснована эффективность интеграции технологий MPLS и RSVP-TE для рационального управления ресурсами в интеллектуальных сетях.

Ключевые слова: QoS, интеллектуальные сети, мультисервисный трафик, IntServ, DiffServ, MPLS, RSVP-TE, самоподобие трафика, интеллектуальное управление.

ANALYSIS OF QOS (QUALITY OF SERVICE) PROVISIONING TECHNOLOGIES IN INTELLIGENT COMMUNICATION NETWORKS

B.M. Umirzakov

Head of the IT Center at Tashkent State University of Economics

bahodir-83@tsue.uz

Abstract: This article analyzes the issues of ensuring Quality of Service (QoS) in intelligent communication networks. A comparative analysis of IntServ, DiffServ, and MPLS technologies was conducted in the context of rapid network traffic growth and the expansion of multimedia services. The integration of MPLS and RSVP-TE technologies is substantiated as an efficient approach for resource management in intelligent networks.

Keywords: QoS, intelligent networks, multiservice traffic, IntServ, DiffServ, MPLS, RSVP-TE, traffic self-similarity, intelligent management.

INTELLEKTUAL ALOQA TARMOQLARIDA XIZMAT KO'RSATISH SIFATINI (QoS) TA'MINLASH TEXNOLOGIYALARINING TAHLILI

B.M. Umirzakov

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti IT-markaz rahbari

bahodir-83@tsue.uz

Annotatsiya: Ushbu maqolada intellektual aloqa tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifatini (QoS) ta'minlash masalalari tahlil qilinadi. Tarmoq trafingining o'sishi va multimedia xizmatlarining ko'payishi sharoitida IntServ, DiffServ va MPLS texnologiyalarining qiyosiy tahlili o'tkazilgan. Intellektual tarmoqlarda resurslarni samarali boshqarish uchun MPLS va RSVP-TE texnologiyalarining integratsiyasi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: QoS, intellektual tarmoq, multiservis trafigi, IntServ, DiffServ, MPLS, RSVP-TE, o'ziga o'xshash trafik, intellektual boshqarish.

Введение. За последние десятилетия концепция сетей связи претерпела фундаментальные изменения. Переход от традиционных сетей с коммутацией каналов к конвергентным IP-сетям привел к возникновению интеллектуальных сетей (Intelligent Networks), способных гибко адаптироваться к потребностям пользователей. Однако взрывной рост объема мультимедийного трафика (голос, видео высокого разрешения, данные реального времени) создал серьезные вызовы для стабильного функционирования сетевой инфраструктуры.

Актуальность темы обусловлена тем, что различные виды трафика предъявляют диаметрально противоположные требования к сети. Если для передачи файлов критична целостность данных, то для IP-телефонии и видеоконференцсвязи ключевыми факторами являются минимальные задержки и отсутствие джиттера. Обеспечение качества обслуживания (Quality of Service, QoS) в таких условиях становится не просто опцией, а обязательным условием выживания современных телекоммуникационных операторов.

Параметры качества обслуживания

Для оценки эффективности работы интеллектуальной сети принято выделять четыре фундаментальных параметра QoS:

1. **Полоса пропускания (Bandwidth):** Определяет максимально возможную скорость передачи информации. В интеллектуальных сетях важно не только наличие широкого канала, но и возможность его динамического распределения.
2. **Задержка (Delay/Latency):** Время, необходимое для прохождения пакета от источника до получателя. Для интерактивных приложений задержка не должна превышать 150–200 мс.
3. **Джиттер (Jitter):** Колебание задержки. Неравномерность поступления пакетов критична для потокового видео и аудио, требуя использования буферизации.
4. **Потери пакетов (Packet Loss):** Процент пакетов, отброшенных сетью из-за перегрузок или ошибок. Даже 1% потерь может существенно снизить качество голосовой связи.

Анализ существующих моделей QoS

В современных мультисервисных сетях сложились три основные архитектурные модели обеспечения качества обслуживания.

1. Модель интегрированного обслуживания (IntServ)

Модель IntServ (RFC 1633) основана на принципе предварительного резервирования ресурсов для каждого конкретного потока данных. Основным инструментом здесь выступает протокол **RSVP (Resource Reservation Protocol)**.

- **Механизм работы:** Перед началом передачи приложение отправляет запрос на выделение определенной полосы пропускания. Каждый маршрутизатор на пути следования проверяет свои ресурсы и, если они свободны, «бронирует» их для данного сеанса.
- **Преимущества:** Гарантированное качество (Hard QoS), идеально подходит для критически важных приложений.
- **Критический недостаток:** Проблема масштабируемости. В крупных магистральных сетях, где одновременно проходят миллионы потоков, маршрутизаторы не справляются с хранением информации о каждом резервировании. Это делает IntServ практически неприменимым в ядре глобальных сетей.

2. Модель дифференцированного обслуживания (DiffServ)

В отличие от IntServ, модель DiffServ (RFC 2475) работает не с отдельными потоками, а с классами трафика.

- **Механизм работы:** Пакеты маркируются на границе сети (используется поле DSCP в заголовке IP). Внутри сети маршрутизаторы обрабатывают пакеты в соответствии с их метками, применяя различные алгоритмы очередей (например, Priority Queuing или Weighted Fair Queuing).
- **Преимущества:** Высокая масштабируемость, простота реализации, отсутствие необходимости поддерживать состояние каждого потока.
- **Недостатки:** Предоставляется лишь «относительное» преимущество (Soft QoS). Если сеть перегружена по всем классам, DiffServ не может гарантировать 100% соблюдение параметров для приоритетного трафика.

3. Технология многопротокольной коммутации по меткам (MPLS)

MPLS занимает промежуточное положение, предлагая механизмы управления трафиком на уровне транспортной сети.

- **Интеллектуальный аспект:** MPLS отделяет процесс передачи данных от анализа IP-маршрутов. Пакеты снабжаются короткими метками, что позволяет реализовать **Traffic Engineering (MPLS-TE)**.
- **RSVP-TE:** Использование протокола RSVP с расширениями для Traffic Engineering позволяет строить пути (LSP) с учетом заданных ограничений по полосе пропускания и задержкам. Это дает возможность обходить перегруженные участки сети, даже если кратчайший путь по метрике OSPF/IS-IS проходит через них.

Сравнительный анализ и перспективы развития

На основе проведенного анализа можно составить сравнительную таблицу применимости технологий в интеллектуальных сетях (таблица 1):

Таблица 1. Характеристики модели

QoS			
Характеристика	IntServ	DiffServ	MPLS + RSVP-TE
Масштабируемость	Низкая	Высокая	Высокая
Гарантии сервиса	Жесткие (Hard QoS)	Относительные (Soft QoS)	Жесткие для магистралей
Сложность внедрения	Высокая	Низкая	Средняя/Высокая
Область применения	Малые сети, видеостудии	Корпоративные сети, Edge	Ядро сети (Core), провайдеры

Для современных интеллектуальных сетей Узбекистана, где наблюдается активное внедрение технологий NGN и 5G, наиболее перспективным является гибридный подход. На уровне доступа (Edge) целесообразно использовать **DiffServ** для классификации абонентского трафика, а в магистральном ядре (Core) — **MPLS** для обеспечения скоростной коммутации и отказоустойчивости.

Заключение. Анализ технологий обеспечения QoS показал, что на современном этапе развития интеллектуальных сетей связи не существует единственной универсальной технологии. Оптимальное решение заключается в интеграции модели дифференцированного обслуживания с механизмами управления трафиком на базе MPLS. Использование связки **MPLS + RSVP-TE** позволяет достичь необходимого баланса между гибкостью управления ресурсами и масштабируемостью системы, что является критически важным для обеспечения высокого качества мультимедийных услуг в условиях постоянно растущей нагрузки на сети связи Ташкента и республики в целом.

Список литературы

- Северов Д. NGN сегодня и завтра: взгляд интегратора // ИнформКурьер-Связь. — 2004.
- Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2020.
- Б.М. Умирзаков, Р.Х. Джураев Анализ качества обслуживания мультимедийного трафика в сетях IP. Цифровая экономика и информационные технологии. №1. 2025 г. Ташкент
- Kurose J. F. and Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach, 7th Edition / Hoboken, New Jersey: Pearson, [2017]
- Шварцман В. О. Интеграция в электросвязи. — М.: Агентство ИРИАС, 2001.

NUTQQA INTELLEKTUAL ISHLOV BERISH TIZIMLARIDA PLDA MODEL ASOSIDA SO'ZLOVCHILARNI TANIB OLISH

Shukurov Kamoliddin Elbobo o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Toshkent, O'zbekiston, keshukurov@gmail.com

Xasanov Umidjon Komiljon o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Toshkent, O'zbekiston, umidjon0923@gmail.com