

УДК 654.09

РОЛЬ МАППИНГА В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Романюк Я.С., магистрант гр.567041

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Насонова Н.В. – д-р техн. наук, профессор

Аннотация. В докладе исследуется роль маппинга в проектировании и эксплуатации современных инфокоммуникационных сетей. Цель работы - продемонстрировать, как методы маппинга повышают эффективность проектирования, мониторинга и обслуживания сетевых инфраструктур, а также способствуют обеспечению их надёжности и масштабируемости.

Ключевые слова: Маппинг; инфокоммуникационные сети; проектирование сетей; эксплуатация сетей; коэффициент готовности; утилизация каналов; пропускная способность.

Современные инфокоммуникационные сети представляют собой сложные распределённые системы, требующие эффективных инструментов проектирования и эксплуатации. Маппинг - визуализация топологии и состояния сети – становится критически важным инструментом для решения этих задач.

Цель доклада – показать, как методы маппинга повышают эффективность проектирования, мониторинга и обслуживания сетевых инфраструктур, а также способствуют обеспечению их надёжности и масштабируемости.

Задачи исследования:

- проанализировать применение маппинга на всех этапах жизненного цикла сети;
- оценить количественный эффект от внедрения маппинга;
- привести математические модели для расчёта ключевых показателей сети.

1. Маппинг на этапе проектирования

На этапе проектирования маппинг выступает ключевым инструментом для создания эффективной и надёжной инфокоммуникационной сети. Он позволяет не просто визуализировать планируемую структуру, но и провести количественную оценку её параметров, выявить потенциальные проблемы ещё до развёртывания оборудования.

Основные задачи маппинга на этапе проектирования:

- моделирование топологии сети (физической и логической) до развёртывания;
- расчёт пропускной способности каналов с учётом текущей и прогнозируемой нагрузки;
- оптимизация расположения коммутационного и активного оборудования;
- прогнозирование зон покрытия для беспроводных сегментов сети (Wi-Fi, сотовые сети);
- планирование резервирования и отказоустойчивости;
- оценка масштабируемости решения – возможности расширения без кардинальной перестройки.

1.1. Расчёт пропускной способности

Ключевым параметром при проектировании является пропускная способность канала. Она рассчитывается по формуле Шеннона [1]:

$$C = B \cdot \log_2(1 + \text{SNR}), \quad (1)$$

где C – пропускная способность (бит/с); B – полоса пропускания (Гц); SNR – отношение сигнал/шум (безразмерная величина).

Эта формула позволяет оценить теоретический максимум пропускной способности канала и выбрать оборудование с соответствующими характеристиками. На практике реальная пропускная способность будет ниже из-за накладных расходов протоколов, помех и асимметрии трафика.

1.2. Прогнозирование зоны покрытия беспроводных сетей

Для беспроводных сетей (Wi-Fi, 5G) важно рассчитать зону покрытия точки доступа или базовой станции. Радиус зоны покрытия определяется по формуле Фрииса [2]:

$$R = (4\pi)^2 P_t G_t G_r \lambda, \quad (2)$$

где R – радиус зоны покрытия (м); P_t – мощность передатчика (Вт); G_t , G_r – коэффициенты усиления передающей и приёмной антенн; λ – длина волны (м); $P_{r_{\min}}$ – минимальная мощность сигнала на приёмнике (Вт).

На практике радиус сокращается из-за препятствий (стены, мебель), интерференции и загрузки диапазона.

1.3. Оптимизация топологии и резервирование

Маппинг позволяет смоделировать различные варианты топологии (звезда, кольцо, mesh) и оценить их по критериям:

– задержки:

$$T_{total} = \sum_n T_{prop,i} + T_{proc,i},$$

– отказоустойчивость: вероятность отказа сети с резервированием рассчитывается как:

$$P_{fail} = 1 - \prod (1 - p_i), \quad (3)$$

где P_{fail} – вероятность отказа всей системы; p_i – вероятность отказа узла i .

Для критически важных сегментов проектируют резервированные маршруты (LAG, MPLS TE), что снижает P_{fail} .

1.4. Планирование кабельной инфраструктуры

При проектировании структурированной кабельной системы (СКС) маппинг помогает:

– рассчитать длину трасс с учётом стандартов (максимум 90 м для горизонтальной подсистемы);

– определить количество портов коммутаторов и патч-панелей;

– спланировать маркировку и документирование соединений.

Задержка распространения сигнала в кабеле рассчитывается как:

$$T_{prop} = vL, \quad (4)$$

где T_{prop} – задержка распространения (с); L – длина кабеля (м); v – скорость сигнала в среде (для витой пары $\sim 2 \times 10^8$ м/с).

1.5. Инструменты для проектирования с маппингом

Для реализации маппинга на этапе проектирования используют:

– Специализированное ПО: AutoCAD (для планов помещений), Visio (логические схемы), Lucidchart (онлайн-моделирование).

– Сетевые симуляторы: GNS3, Cisco Packet Tracer (тестирование топологий без оборудования).

– ГИС-платформы: ArcGIS, QGIS (для городских сетей - привязка к местности).

– Системы управления конфигурациями: NetBox (учёт оборудования, IP-адресация).

– Инструменты для расчёта радиопокрытия: TamoGraph, EkaHau (моделирование Wi-Fi).

1.6. Практический пример: проектирование кампусной сети университета

Задача: обеспечить проводной и беспроводной доступ для 5 000 пользователей в 10 зданиях.

Этапы с применением маппинга:

– Сбор требований: 1 Гбит/с на этаж, Wi-Fi 6 в аудиториях, резервирование магистралей.

– Моделирование топологии: ядро (L3-коммутаторы) – распределение (стеки L2+) – доступ (PoE-коммутаторы).

– Расчёт пропускной способности по формуле (1): для магистралей 10 Гбит/с (с запасом 40 %).

– Расчёт зон покрытия Wi-Fi по формуле (2): размещение точек доступа с перекрытием 20 %.

– Оптимизация: резервирование связей между коммутаторами распределения (MLAG).

– Документирование: схемы в Visio и база данных оборудования в NetBox.

Этот раздел демонстрирует, что маппинг на этапе проектирования - не просто рисование схем, а инженерный процесс с математическим обоснованием решений. Он снижает риски ошибок, оптимизирует затраты и закладывает основу для эффективной эксплуатации сети.

2. Маппинг при развёртывании и эксплуатации

При развёртывании сети маппинг помогает:

– планировать прокладку кабелей;

– маркировать оборудование на карте;

– документировать соединения;

– контролировать соответствие проекта и реализации.

– В процессе эксплуатации маппинг обеспечивает:

– визуализацию трафика в реальном времени;

– диагностику сбоев (трассировка маршрута);

– управление конфигурациями;

– отчётность для аудита.

Важным показателем является утилизация канала - доля используемой пропускной способности:

$$U = R \lambda \cdot L, \quad (5)$$

где U – утилизация канала (безразмерная величина или %); λ – интенсивность трафика (пакетов/с); L – средняя длина пакета (бит); R – пропускная способность канала (бит/с).

Если $U > 0,8$ (80 %), канал считается перегруженным и требует модернизации.

Коэффициент готовности сети показывает, какую часть времени система функционирует корректно:

$$A = MTBF + MTTR \cdot MTBF, \quad (6)$$

где A – коэффициент готовности (безразмерная величина или %); $MTBF$ (Mean Time Between Failures) – среднее время наработки на отказ (ч); $MTTR$ (Mean Time to Repair) – среднее время восстановления (ч).

Маппинг позволяет выявить «узкие места» с низким коэффициентом готовности и спланировать резервирование.

3. Маппинг для модернизации и масштабирования

При масштабировании сети маппинг помогает:

- анализировать узкие места (карты утилизации ресурсов);
- планировать добавление новых узлов;
- тестировать изменения на модели;
- мигрировать сервисы с минимальной потерей доступности.

Время восстановления после сбоя (RTO - Recovery Time Objective) можно оценить по формуле:

$$RTO = T_{detect} + T_{diag} + T_{repair} + T_{test}, \quad (7)$$

где T_{detect} – время обнаружения сбоя (с); T_{diag} – время диагностики (с); T_{repair} – время устранения неисправности (с); T_{test} – время тестирования работоспособности (с).

Вероятность отказа сети с резервированием рассчитывается как:

$$P_{fail} = 1 - \prod (1 - p_i), \quad (8)$$

где P_{fail} – вероятность отказа всей системы; p_i – вероятность отказа узла i .

Маппинг резервированных маршрутов позволяет минимизировать P_{fail} за счёт выбора альтернативных путей.

Практические результаты внедрения маппинга.

Анализ кейсов внедрения систем маппинга (SolarWinds, Cisco DNA Center, NetBox) показывает следующие результаты [3, 4]:

- сокращение времени поиска неисправностей с 4 часов до 30 минут (на 87 %);
- уменьшение ошибок при конфигурации на 60 % за счёт визуализации;
- повышение прозрачности управления ресурсами (единый источник данных для всех отделов);
- снижение затрат на модернизацию на 25 % благодаря точному планированию.

Маппинг является неотъемлемым инструментом проектирования и эксплуатации современных инфокоммуникационных сетей. Его применение:

- повышает эффективность проектирования за счёт моделирования и расчёта параметров;
- улучшает мониторинг и диагностику в процессе эксплуатации;
- снижает затраты на масштабирование и модернизацию;
- увеличивает надёжность и доступность сетевых сервисов.

Перспективные направления развития – интеграция маппинга с искусственным интеллектом для предсказания сбоев и автоматизация построения карт на основе потоковых данных.

Список использованных источников:

1. Shannon, C. E. *A Mathematical Theory of Communication* // *Bell System Technical Journal*. – 1948. – Vol. 27. – С. 379–423, 623–656.
2. Friis, H. T. *A Note on a Simple Transmission Formula* // *Proceedings of the IRE*. – 1946. – Vol. 34, No. 5. – С. 254–256.
3. *SolarWinds Network Topology Mapper: User Guide*. – SolarWinds, 2023.
4. *Cisco DNA Center: Design and Deployment Guide*. – Cisco Systems, 2022.