

О ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АРХИТЕКТУРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к поддержке принятия решений при разработке архитектуры современных телекоммуникационных систем. Показано, что переход от традиционной телефонии к программно-определяемым и конвергентным инфокоммуникационным системам приводит к необходимости совместного учета структурных, ресурсных, временных, стоимостных и эксплуатационных характеристик проектируемого решения. Обоснована целесообразность применения системного и модельно-ориентированного подходов, позволяющих рассматривать архитектуру автоматической телефонной станции (АТС) как множество взаимосвязанных функциональных компонентов и формировать альтернативные варианты их размещения. Предложена модель проектируемой АТС, включающая подсистемы управления вызовами, обработки медиаданных, взаимодействия с внешними сетями и хранения конфигурационных данных. Сформулирован критерий выбора архитектурного решения и система ограничений по абонентской емкости, производительности, пропускной способности, задержке, надежности и стоимости.

Ключевые слова: Система поддержки принятия решений, архитектура телекоммуникационной системы, автоматическая телефонная станция, инфокоммуникационная система, системный анализ, математическое моделирование, многокритериальная оптимизация, качество обслуживания.

Введение

Развитие инфокоммуникационных технологий сопровождается усложнением архитектуры телекоммуникационных систем и расширением состава предоставляемых пользователям услуг. Современная автоматическая телефонная станция (АТС) перестает быть специализированным средством обработки исключительно речевых соединений и рассматривается как программно-аппаратная платформа, обеспечивающая взаимодействие абонентов, обработку сигнальной информации, передачу медиаданных и интеграцию с внешними сетями. Расширение спектра сервисов приводит к изменению характера нагрузки на вычислительные и сетевые ресурсы и, как следствие, повышает требования к процедурам разработки архитектуры [1].

При проектировании телекоммуникационной системы необходимо одновременно учитывать большое количество взаимосвязанных параметров. К ним относятся абонентская емкость, интенсивность сигнального обмена, число одновременно обслуживаемых соединений, пропускная способность сетевых интерфейсов, вычислительная нагрузка, задержки обработки и передачи данных, требования к отказоустойчивости и стоимость реализации. При этом изменение одного параметра архитектуры может приводить к изменению сразу нескольких характеристик системы. Например, увеличение количества вычислительных узлов способно повысить доступную производительность и отказоустойчивость, но увеличивает стоимость оборудования и объем межузловое взаимодействия.

В связи с этим возникает задача разработки методов поддержки принятия решений, обеспечивающих выбор архитектуры телекоммуникационной системы. При этом система



поддержки принятия решений должна учитывать не только технические характеристики отдельных компонентов, но и их взаимодействие в составе целостной архитектуры.

Целью рассматриваемого подхода является формирование математически обоснованной процедуры выбора архитектуры АТС, обеспечивающей выполнение заданных требований к емкости, производительности, качеству обслуживания, надежности и стоимости.

Подходы к проектированию архитектуры телекоммуникационных систем

Проектирование архитектуры телекоммуникационной системы может осуществляться на основе различных подходов, различающихся уровнем детализации объекта и способом принятия проектных решений. При структурно-функциональном подходе система представляется как совокупность функциональных компонентов, между которыми устанавливаются информационные и управляющие взаимодействия. Для АТС такими компонентами являются подсистема управления вызовами, подсистема обработки медиаданных, средства взаимодействия с внешними сетями, абонентские интерфейсы и средства хранения конфигурационной информации.

Другой подход основан на ресурсном проектировании, при котором архитектура определяется исходя из соответствия требуемой нагрузки доступным вычислительным и сетевым ресурсам. В этом случае учитываются количество абонентов, интенсивность установления соединений, количество одновременно обслуживаемых сеансов, объем медиатрафика и сигнального обмена. Данный подход особенно важен для распределенных IP-систем, поскольку характеристики маршрутизации и передачи данных непосредственно влияют на результирующие задержки и загрузку сетевых элементов [3].

Особое значение приобретает учет характеристик качества обслуживания. Для голосовых и мультимедийных сервисов результат функционирования системы определяется не только количеством обслуженных запросов, но и временем установления соединения, задержкой передачи медиаданных, потерями пакетов и устойчивостью характеристик при увеличении нагрузки. Для мультимедийных сервисов параметры сетевого обслуживания непосредственно связаны с субъективно воспринимаемым качеством услуги [5].

Таким образом, разработка архитектуры телекоммуникационной системы должна основываться на совокупности взаимосвязанных представлений об объекте. Структурно-функциональная модель определяет состав и связи компонентов, ресурсная модель характеризует соответствие нагрузки возможностям оборудования, математическая или имитационная модель позволяет оценить динамику функционирования, а анализ надежности и качества обслуживания определяет допустимые эксплуатационные характеристики.

Для автоматизации выбора архитектурных решений целесообразно объединить указанные подходы в рамках системы поддержки принятия решений. В этом случае СППР должна обеспечивать формирование множества архитектурных альтернатив, расчет их характеристик, проверку ограничений и последующее сравнение допустимых решений.

Модель проектируемой автоматической телефонной станции

В качестве объекта проектирования рассматривается программно-аппаратная автоматическая телефонная станция, предназначенная для обслуживания IP-абонентов и взаимодействия с внешними сетями связи. При этом АТС представляется не как единый физический объект, а как совокупность функциональных подсистем, распределение которых по вычислительным узлам является одним из основных архитектурных решений [2].

Функциональная структура проектируемой АТС включает подсистему управления вызовами, осуществляющую регистрацию абонентов, обработку сигнальных сообщений и управление состоянием соединений; медиаподсистему, обеспечивающую обработку и передачу аудио- и видеопотоков; подсистему взаимодействия с внешними сетями; а также подсистему хранения конфигурационных и эксплуатационных данных. В зависимости от



требований технического задания указанные функции могут быть сосредоточены на одном вычислительном узле либо распределены между несколькими узлами.

Пусть архитектура АТС определяется вектором

$$X = (n, r), \quad (1)$$

где n_s – число вычислительных узлов, r – коэффициент резервирования.

Множество всех возможных конфигураций обозначим Ω .

Для каждой конфигурации рассчитываются: абонентская ёмкость $N(X)$, стоимость $C(X)$, средняя задержка обработки вызова $T(X)$.

При этом система должна обслуживать требуемое число абонентов N_{req} :

$$N(X) \geq N_{req}, \quad (2)$$

а затраты не должны превышать бюджет C_{max} :

$$C(X) \leq C_{max}. \quad (3)$$

Конфигурации, не удовлетворяющие этим условиям, исключаются.

Множество допустимых решений:

$$\Omega_D = \{X \in \Omega | N(X) \geq N_{req}, C(X) \leq C_{max}\}. \quad (4)$$

Для сравнения допустимых конфигураций используем нормированные показатели стоимости и задержки:

$$\bar{C}(X) = \frac{C(X)}{C_{max}}, \bar{T}(X) = \frac{T(X)}{T_{max}}, \quad (5)$$

где T_{max} – допустимая максимальная задержка.

Обобщённый критерий:

$$F(X) = w_C \bar{C}(X) + w_T \bar{T}(X), \quad (6)$$

с весами $w_C + w_T = 1$, $w_i \geq 0$.

Тогда оптимальная конфигурация:

$$X^* = \arg \min_{X \in \Omega_D} F(X). \quad (7)$$

Таким образом, архитектура СППР может быть концептуально представлена как взаимодействие четырех основных функций: формирование требований, генерация архитектурных альтернатив, расчет характеристик (проверка ограничений и отсев недопустимых) и выбор рационального решения.

Заключение

Разработка архитектуры современной телекоммуникационной системы представляет собой задачу, в которой необходимо одновременно учитывать структурные, ресурсные, временные, эксплуатационные и экономические характеристики.

Анализ существующих подходов показывает, что использование только структурного или ресурсного проектирования не позволяет в полной мере оценить поведение сложной телекоммуникационной системы при изменении нагрузки и отказах отдельных компонентов.

Для решения данной проблемы предложено рассматривать АТС как программно-аппаратную систему, состоящую из взаимосвязанных функциональных подсистем, распределение которых между вычислительными узлами является переменной проектирования.

Предложенный подход формирует математическую основу для разработки СППР, предназначенной для автоматизированного синтеза и модернизации архитектуры телекоммуникационных систем. Дальнейшее развитие исследования связано с разработкой алгоритма формирования множества архитектурных альтернатив, построением расчетной модели производительности компонентов АТС и определением процедуры выбора рациональной конфигурации при различных профилях нагрузки.



Список литературы:

1. Замятина О. М. Инфокоммуникационные системы и сети. Основы моделирования : учебное пособие для среднего профессионального образования. – Москва : Юрайт, 2023. – 167 с.
2. Кочкин Д. В., Горбунов В. А. Моделирование информационно-телекоммуникационной системы предприятия раскрашенными сетями Петри // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2024. – № 1 (118). – С. 29–39. – DOI: 10.23859/1994-0637-2024-1-118-3.
3. Дибров М. В. Сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях : в 2 ч. Ч. 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата. – Москва : Юрайт, 2019. – 333 с.
4. Самуйлов К. Е., Шалимов И. А., Кулябов Д. С. и др. Сети и телекоммуникации : учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. К. Е. Самуйлова, И. А. Шалимова, Д. С. Кулябова. – Москва : Юрайт, 2019. – 363 с.
5. Елагин В. С., Белозерцев И. А., Онуфриенко А. В. Модели обеспечения QoE для OTT сервисов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2019. – Т. 13, № 4. – С. 9-14. – DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10255.

