

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ МНОГОУРОВНЕВОЙ ТОПОЛОГИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

С.П. Воробьев

*ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)»,
г. Новочеркасск*

Ключевые слова и фразы: корпоративная информационная система; математическая модель; топологическая структура.

Аннотация: Рассмотрены основные варианты подхода к оптимизации архитектуры распределенных корпоративных систем на базе использования математических моделей представления многоуровневой топологической структуры, обеспечивающего комплексное отображение различных технических, протокольных и программных аспектов.

Современная корпоративная информационная система строится на базе распределенного комплекса программно-аппаратных средств, который включает множество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой подсистем, решающих разнообразные функциональные задачи в рамках единого подхода по достижению общей цели и отвечающих набору общесистемных и функциональных требований, которые, в частности, определяют показатели производительности, пропускной способности, надежности и др. Учет всех характеристик при проектировании таких систем сводится к достаточно сложной многокритериальной задаче оптимизации, не имеющей в общем случае эффективного алгоритма решения, и часто процесс создания распределенной информационной системы представляет собой многоэтапную итерационную процедуру, которая в общем случае предполагает раздельное проектирование технических, программных, информационных и административно-организационных аспектов и не учитывает необходимость единства технических и политических решений [1].

Кроме этого возникают впоследствии задачи распределения вычислительных, информационных, функциональных и других ресурсов, которые решаются уже на основе предложенной архитектуры системы и рассматривают варианты улучшения структуры с целью повышения производительности, надежности и т.д. в условиях достаточно жестких существующих структурных ограничений, что не всегда дает оптимальное решение. Перспективным комплексным инструментом построения архитектурных решений распределенных корпоративных информационных систем может стать подход на основе многоуровневой иерархической модели управления в производственных и специализированных структурах, которая достаточно тесно связана с современным многоуровневым представлением перекрывающейся распределенной сетевой инфраструктуры.

Корпоративная информационная система с точки зрения многоуровневого подхода может быть рассмотрена следующим образом:

– Многоуровневость представления с точки зрения модели OSI или ATM. В связи с этим возможны следующие направления оптимизации и проектирования системы:

- 1) многоуровневая топология в «чистом» виде;
- 2) распределение функциональности (QoS, механизмов безопасности) по уровням сети.

– Многоуровневость с точки зрения представления уровней вычислительной сети (уровень доступа, распределения, ядра) в плане концепции компании Cisco. В рамках этого возможно рассмотрение следующих задач:

3) распределение функциональности (QoS, механизмов безопасности) по уровням доступа, распределения, ядра сети;

4) распределение серверов, сервисов и информационных ресурсов по уровням вычислительной сети.

– Многоуровневость с точки зрения распределения подсистем в корпоративной информационной системе (КИС), которая позволит решить следующие аспекты:

5) распределение функциональности подсистем по уровням КИС;

6) распределение информационных ресурсов подсистем по уровням КИС.

В качестве критерия оптимизации системы в каждом конкретном случае целесообразно использовать либо стоимостной, либо временной, либо интегрированный (составной), что в рамках генетического алгоритма может быть также представлено на основе многоуровневой архитектуры. Рассмотрим более подробно перечисленные основные направления оптимизации.

1) Многоуровневая топологическая структура – это представление структуры сети с полным описанием связей между объектами сети на различных уровнях модели, которое связывает в единое целое аспекты управления передачи данных с поддержкой протоколов QoS, технической и программной реализации, информационного пространства и менеджмента.

Рассмотрим использование многоуровневой топологии описания структуры современной распределенной корпоративной информационной системы, которая представляет собой сложную совокупность распределенных взаимосвязанных информационных, программных, технических объектов, взаимодействующих во времени и пространстве по управлению и данным. С точки зрения функциональной реализации выполняется объединение систем, реализующих основные задачи КИС в различной степени интеграции, в единый комплекс, который может быть описан топологической структурой на верхнем уровне модели взаимодействия типа модели АТМ, т.к. она ориентирована на идею перекрывающихся сетей и поддержку протоколов качества обслуживания различных типов информационного трафика, что адекватно современным требованиям к построению информационных систем.

При описании распределенной корпоративной информационной системы S с точки зрения многоуровневой топологии целесообразно ввести пару $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящую из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают топологическую структуру системы S на l -ом уровне:

$$x_i \in T^{(l)} \quad i = \overline{1, k}, \quad \text{где } k = |X|, \quad \emptyset \notin T^{(l)}.$$

Процесс проектирования распределенной системы S тогда заключается в определении подмножеств $T^{(l)}$, где $l = \{fiz, atm, aal, pril\}$ и нахождении отображений

$$f^{(l)}: T^{(l-1)} \rightarrow T^{(l)}.$$

На физическом уровне множество $X^{(fiz)}$ включает элементы, описывающие размещение рабочих мест операторов, серверов, активного и пассивного сетевого оборудования различных типов. Необходимо определить такое множество $T_i^{(fiz)}$ из семейства $T^{(fiz)}$, которое будет оптимальным с точки зрения выбранного критерия

$$g^{(fiz)}(T_i^{(fiz)}) \rightarrow \min, \\ T_i^{(fiz)} = \{ T^{(fiz)} \},$$

при соблюдении ограничений $h_j^{(fiz)}(T_i^{(fiz)}) \leq H_j^{(fiz)}$, $j = \overline{1, m^{(fiz)}}$, где $m^{(fiz)}$ количество ограничений, накладываемых на топологическую структуру вычислительной сети на физическом уровне выбранной модели взаимодействия. Подмножество $T_i^{(fiz)}$ описывает вариант

соединения рабочих станций, серверов и сетевого оборудования каналами связи с учетом технических особенностей и характеристик реализуемого соответствующего сетевого стандарта.

На уровне ATM (канальной модели OSI) множество $X^{(atm)}$ включает элементы, задающие рабочие станции, серверы, сетевое оборудование и требуется определить такое подмножество $T_{i_{\text{atm}}}^{(atm)}$ из семейства $T^{(atm)}$, которое будет описывать вхождение элементов $X^{(atm)}$ в определенные подмножества доменов коллизий, их соединение с сетевыми коммутаторами $2-d Layer$, а также организацию виртуальных LAN и каналов связи при

$$g^{(atm)} (T_{i_{\text{atm}}}^{(atm)}) \xrightarrow{i} min,$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(atm)} (T_{i_{\text{atm}}}^{(atm)}) \leq H_j^{(atm)}, j = \overline{1, m^{(atm)}}.$$

Отображение $f^{(atm)} : T^{(atm)} \rightarrow T^{(atm)}$ задает наложение на реальную физическую топологию сети распределенной корпоративной информационной системы S и перераспределение элементов $X^{(atm)}$ в рамках подмножеств доменов коллизий и виртуальных сетей.

На уровне адаптации (сетевом уровне модели OSI) множество $X^{(adp)}$ включает элементы, задающие сетевые объекты, а также технологию и протоколы маршрутизации, протоколы QoS, и требуется определить такое подмножество $T_{i_{\text{adp}}}^{(adp)}$ из семейства $T^{(adp)}$, которое будет описывать вхождение и соответствие элементов $X^{(adp)}$ в конкретные подмножества подсетей, их соединение с коммутаторами $3-d Layer$ и маршрутизаторами, наложение используемых протоколов на существующую инфраструктуру сетевых соединений $T^{(atm)}$ и $T^{(atm)}$ при оптимальном значении критерия

$$g^{(adp)} (T_{i_{\text{adp}}}^{(adp)}) \xrightarrow{i} min$$

и соблюдении соответствующих функциональных ограничений, в том числе и по качеству обслуживания

$$h_j^{(adp)} (T_{i_{\text{adp}}}^{(adp)}) \leq H_j^{(adp)}, j = \overline{1, m^{(adp)}}.$$

Отображение $f^{(adp)} : T^{(adp)} \rightarrow T^{(adp)}$ в этом случае определяет выделение подсетей, перераспределение элементов физической и канальной структур и порядок применения протоколов маршрутизации и QoS.

На верхнем уровне (уровень приложения модели OSI) множество $X^{(app)}$ включает элементы, задающие функциональные подсистемы, сетевые приложения и информационные объекты. При построении топологии $T_{i_{\text{app}}}^{(app)}$ требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(app)}$ на элементы сетевой инфраструктуры при $g^{(app)} (T_{i_{\text{app}}}^{(app)}) \xrightarrow{i} min$ с учетом существующих ограничений программных средств и систем $h_j^{(app)} (T_{i_{\text{app}}}^{(app)}) \leq H_j^{(app)}, j = \overline{1, m^{(app)}}.$

Отображение $f^{(app)} : T^{(app)} \rightarrow T^{(app)}$ позволяет получить логическую структуру подсистем и информационных потоков.

В результате процесс проектирования распределенной корпоративной информационной системы состоит в выполнении последовательных отображений $f^{(fiz)}$; $f^{(atm)}$; $f^{(aal)}$ к $T^{(fiz)}$ с целью получения единой оптимальной системы S , представленной совокупностью наложенных друг на друга $T_{atm}^{(fiz)}$, $l=\{fiz, atm, aal, pril\}$ топологических структур.

2) С другой стороны, в современных сетях корпоративных информационных систем наблюдается достаточно четкая тенденция перехода к интегрированным в активное сетевое оборудование комплексным службам и, прежде всего, к конвергенции передачи аудио и видео данных в рамках единой инфраструктуры. В связи с этим встает вопрос о необходимости, количестве и качестве оснащения используемых коммутаторов не только базовыми функциями, но и дополнительными, что, в свою очередь, сказывается на производительности, надежности, масштабируемости и безопасности системы. Фактически на сегодняшний день коммутатор с фиксированной конфигурацией, используемый для построения корпоративной информационной системы на уровнях распределения или доступа, совмещает в себе простоту и производительность switch 2 Layer с расширенными возможностями управления трафиком, обеспечения поддержки различных протоколов и средств защиты информации, а также необходимого качества услуг. Кроме этого обеспечивается поддержка коммутации на 2/3/4/7 уровнях, виртуальных локальных сетей на базе IEEE 802.1, виртуальных частных сетей, агрегирование каналов и балансирование нагрузки в транковом соединении, алгоритмов Spanning Tree, Rapid&Multiple STA, функции классификации трафика и QoS, DiffServ, механизмов защиты и аутентификации, управления по SNMP, RMON через Web или Telnet интерфейс, механизмов контроля аномального поведения, ограничения трафика по портам и числу одновременных сеансов, аппаратной реализации IPv6 и т.д. Поэтому на повестку дня ставится задача выбора конкретного варианта продукта в конкретном месте корпоративной сети, его функциональности в рамках определенного варианта построения сетевой инфраструктуры (а при использовании отдельного решения – варианта интеграции в сетевую инфраструктуру), способа решения поставленной задачи и определение требований к пропускной способности, масштабируемости, готовности и надежности сети, мобильности пользователей и поддержке необходимых им приложений и сервисов в зависимости от прикладной области.

Аналогично реализация отдельных механизмов информационной безопасности в рамках существующих стандартов допускается на различных уровнях модели OSI, поэтому возникает проблема нахождения оптимальной реализации состава функций и механизмов безопасности. В этом случае для описания распределенной корпоративной информационной системы S с точки зрения многоуровневой топологии также вводится пара $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящая из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают топологическую структуру системы S на l -ом уровне $l=\{fiz, atm, aal, pril\}$. Дополнительно вводится множество Q , элементы которого описывают необходимую функциональность (механизмы поддержания необходимого уровня качества обслуживания или обеспечения информационной безопасности), реализуемую в $X^{(l)}$. Функция FQ задает наличие элемента функциональности Q в X .

На физическом уровне необходимо определить такое множество $T_{fiz}^{(fiz)}$, которое будет учитывать наличие элементов обеспечения качества обслуживания или механизмов информационной безопасности оптимальным образом с точки зрения выбранного критерия

$$g^{(fiz)}(T_{fiz}^{(fiz)}, FQ^{(fiz)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

$$T_{fiz}^{(fiz)} = \{ T^{(fiz)} \}$$

при соблюдении ограничений $h_j^{(fiz)}(T_{fiz}^{(fiz)}, FQ^{(fiz)}) \leq H_j^{(fiz)}$, $j = \overline{1, m^{(fiz)}}$, где $m^{(fiz)}$ количество ограничений, накладываемых на топологическую структуру вычислительной сети на

физическом уровне выбранной модели взаимодействия, а для обеспечения единства требований QoS или политики безопасности в системе S требуется выполнение $Q1^{(fiz)}(T_{i_{\text{физ}}}^{(fiz)}, FQ^{(fiz)}) \longrightarrow opt.$

Тогда подмножество $T_{i_{\text{физ}}}^{(fiz)}$ описывает вариант элементов сети каналами связи с учетом технических особенностей и характеристик реализуемого соответствующего сетевого стандарта с учетом требуемых механизмов функциональности.

На уровне ATM (канальной модели OSI) аналогичным образом требуется определить такое подмножество $T_{i_{\text{атм}}}^{(атм)}$ из семейства $T^{(атм)}$, которое будет описывать вхождение элементов $X^{(атм)}$ в определенные подмножества доменов коллизий, их соединение с сетевыми коммутаторами 2-d Layer, которые реализуют необходимые механизмы качества обслуживания или информационной безопасности, а также организацию виртуальных LAN и каналов связи при

$$g^{(атм)}(T_{i_{\text{атм}}}^{(атм)}, FQ^{(атм)}) \xrightarrow{i} minmax$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(атм)}(T_{i_{\text{атм}}}^{(атм)}, FQ^{(атм)}) \leq H_j^{(атм)}, j = \overline{1, m^{(атм)}} \quad \text{и} \quad Q1^{(атм)}(T_{i_{\text{атм}}}^{(атм)}, FQ^{(атм)}) \longrightarrow opt.$$

На уровне адаптации (сетевом уровне модели OSI) множество $X^{(сет)}$ включает элементы, задающие сетевые объекты, а также технологию и протоколы маршрутизации с учетом протоколов QoS или информационной безопасности и требуется определить подмножество $T_{i_{\text{сет}}}^{(сет)}$ наложенное на существующую инфраструктуру сетевых соединений $T^{(атм)}$ и $T^{(fiz)}$ при оптимальном значении критерия

$$g^{(сет)}(T_{i_{\text{сет}}}^{(сет)}, FQ^{(сет)}) \xrightarrow{i} minmax$$

при соблюдении соответствующих функциональных ограничений, в том числе и по качеству обслуживания

$$h_j^{(сет)}(T_{i_{\text{сет}}}^{(сет)}, FQ^{(сет)}) \leq H_j^{(сет)}, j = \overline{1, m^{(сет)}} \quad \text{и} \quad Q1^{(сет)}(T_{i_{\text{сет}}}^{(сет)}, FQ^{(сет)}) \longrightarrow opt.$$

На верхнем уровне (уровень приложения модели OSI) множество $X^{(прил)}$ включает элементы, задающие функциональные подсистемы, сетевые приложения и информационные объекты. При построении топологии $T_{i_{\text{прил}}}^{(прил)}$ требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(прил)}$ на элементы сетевой инфраструктуры при

$$g^{(прил)}(T_{i_{\text{прил}}}^{(прил)}, FQ^{(прил)}) \xrightarrow{i} minmax$$

с учетом существующих ограничений программных средств и систем

$$h_j^{(прил)}(T_{i_{\text{прил}}}^{(прил)}, FQ^{(прил)}) \leq H_j^{(прил)}, j = \overline{1, m^{(прил)}} \quad \text{и} \quad Q1^{(прил)}(T_{i_{\text{прил}}}^{(прил)}, FQ^{(прил)}) \longrightarrow opt.$$

3) В качестве основной реализации инфраструктуры корпоративных информационных систем в данный момент используется многоуровневое архитектурное решение в соответствии с концепцией компании Cisco, которая включает уровни доступа, распределения и ядра, локальные серверы и серверную ферму, а также систему хранения или сеть хранения данных. В результате формируется гибкая, масштабируемая, надежная и устойчивая система, которая

состоит из типовых блоков и обеспечивает необходимую функциональность. Уровень доступа обеспечивает подключение рабочих станций пользователей к сети. Уровень распределения обеспечивает связь на основе использования политик доступа и определяет границы участков и сегментов. Уровень ядра обеспечивает оптимальную транспортировку данных между участками распределенной сети. Серверная ферма обеспечивает хранение общих корпоративных информационных ресурсов и обработку запросов, а также может строиться на базе технологии центров обработки данных, включать систему хранения или SAN. Проектирование такой корпоративной системы требует кардинально нового подхода, который позволит учесть большое количество показателей типа производительности, пропускной способности, надежности, стоимости, характеристики современного сетевого оборудования, а также современные и перспективные сетевые и информационные технологии.

В этом случае аналогично для описания распределенной корпоративной информационной системы S с точки зрения многоуровневого подхода также вводится пара $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящая из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают топологическую структуру системы S на l -ом уровне $l=\{al, dl, cl, sl\}$, соответственно для уровней доступа, распределения, ядра и серверной фермы. Дополнительно также вводится множество Q , элементы которого описывают необходимую функциональность (механизмы поддержания необходимого уровня качества обслуживания или обеспечения информационной безопасности), реализуемую в $X^{(l)}$. Функция $FQ(X^{(l)}, T^{(l)})$ задает наличие элемента функциональности Q в X на l -уровне.

На уровне доступа необходимо определить такое множество $T_{i_{\text{acc}}}^{(al)}$, которое будет учитывать наличие элементов обеспечения качества обслуживания или механизмов информационной безопасности оптимальным образом с точки зрения выбранного критерия

$$g^{(al)}(T_{i_{\text{acc}}}^{(al)}, FQ^{(al)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

$$T_{i_{\text{acc}}}^{(al)} = \{ T^{(al)} \}$$

при соблюдении ограничений $h_j^{(al)}(T_{i_{\text{acc}}}^{(al)}, FQ^{(al)}) \leq H_j^{(al)}$, $j = \overline{1, m^{(al)}}$, где $m^{(al)}$ количество ограничений, накладываемых на топологическую структуру вычислительной сети на уровне доступа выбранной модели взаимодействия, а для обеспечения единства требований QoS или политики безопасности в системе S требуется выполнение $Q1^{(al)}(T_{i_{\text{acc}}}^{(al)}, FQ^{(al)}) \xrightarrow{} opt$. Тогда подмножество $T_i^{(al)}$ описывает вариант элементов сети уровня доступа с учетом технических особенностей и характеристик реализуемого соответствующего сетевого стандарта с учетом требуемых механизмов функциональности.

На уровне распределения аналогичным образом требуется определить такое подмножество $T_{i_{\text{dis}}}^{(dl)}$ из семейства $T^{(dl)}$, которое будет описывать вхождение элементов активного сетевого оборудования $X^{(dl)}$ в распределенную структуру на основе коммутаторов и реализовывать необходимые механизмы качества обслуживания или информационной безопасности, а также организацию виртуальных LAN и каналов связи при

$$g^{(dl)}(T_{i_{\text{dis}}}^{(dl)}, FQ^{(dl)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(dl)}(T_{i_{\text{dis}}}^{(dl)}, FQ^{(dl)}) \leq H_j^{(dl)}, j = \overline{1, m^{(dl)}} \text{ и } Q1^{(dl)}(T_{i_{\text{dis}}}^{(dl)}, FQ^{(dl)}) \xrightarrow{} opt.$$

На уровне ядра множество $X^{(cl)}$ включает элементы активного сетевого оборудования с учетом протоколов QoS или информационной безопасности и требуется определить подмножество $T_{i_{\text{ядр}}}^{(cl)}$ при оптимальном значении критерия

$$g^{(cl)}(T_{i_{\text{ядр}}}^{(cl)}, FQ^{(cl)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

и соблюдении соответствующих функциональных ограничений, в том числе и по качеству обслуживания

$$h_j^{(cl)}(T_{i_{\text{ядр}}}^{(cl)}, FQ^{(cl)}) \leq H_j^{(cl)}, j = \overline{1, m^{(cl)}} \text{ и } Ql^{(cl)}(T_{i_{\text{ядр}}}^{(cl)}, FQ^{(cl)}) \longrightarrow opt.$$

На уровне серверной фермы множество $X^{(sf)}$ включает элементы, задающие необходимое активное сетевое оборудование, серверы, системы хранения данных и т.д. При построении топологии $T_{i_{\text{сер}}}^{(sf)}$ требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(sf)}$ на элементы сетевой инфраструктуры при

$$g^{(sf)}(T_{i_{\text{сер}}}^{(sf)}, FQ^{(sf)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с учетом существующих ограничений программных средств и систем

$$h_j^{(sf)}(T_{i_{\text{сер}}}^{(sf)}, FQ^{(sf)}) \leq H_j^{(sf)}, j = \overline{1, m^{(sf)}} \text{ и } Ql^{(sf)}(T_{i_{\text{сер}}}^{(sf)}, FQ^{(sf)}) \longrightarrow opt.$$

4) Наряду с этим возникает задача распределения серверов, сервисов и функциональных подсистем, а также соответствующих информационных ресурсов по уровням доступа, распределения и ядра, по локальным серверам или в серверной ферме, а также при наличии в системе хранения или сети хранения данных.

В этом случае аналогично для описания распределенной корпоративной информационной системы S с точки зрения многоуровневого подхода также вводится пара $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящая из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают топологическую структуру системы S на l -ом уровне $l = \{al, dl, cl, sl\}$, соответственно для уровней доступа, распределения, ядра и серверной фермы. Дополнительно также вводятся множество функциональных подсистем $FSS = \{FSS_i, i = \overline{1, m}\}$; множество информационных ресурсов функциональной подсистемы FSS_i ; $IM^i = \{IM_j^i, j = \overline{1, ktr}\}$, $i = \overline{1, m}$; множество серверов корпоративной информационной системы $SR = \{SR_j, j = \overline{1, ks}\}$. Функция $FTR(X^{(l)}, T^{(l)})$ задает объем транзитного трафика на l -уровне.

На уровне доступа необходимо определить такое множество $T_{i_{\text{дос}}}^{(al)}$, которое будет включать местонахождение серверов и сервисов, функциональных подсистем и их информационных ресурсов оптимальным образом с точки зрения выбранного критерия

$$g^{(al)}(T_{i_{\text{дос}}}^{(al)}, SR^{(al)}, FSS^{(al)}, IM^{(al)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

$$T_{i_{\text{дос}}}^{(al)} = \{T^{(al)}\}$$

при соблюдении ограничений $h_j^{(al)}(T_{i_{\text{дос}}}^{(al)}, SR^{(al)}, FSS^{(al)}, IM^{(al)}) \leq H_j^{(al)}, j = \overline{1, m^{(al)}}$, где $m^{(al)}$ количество ограничений, накладываемых на топологическую структуру вычислительной сети на уровне доступа выбранной модели взаимодействия.

На уровне распределения аналогичным образом требуется определить такое подмножество $T_{i,m}^{(dl)}$ из семейства $T^{(dl)}$, которое будет описывать вхождение элементов активного сетевого оборудования $X^{(dl)}$ в распределенную структуру на основе коммутаторов, а также необходимых серверов и сервисов и информационных ресурсов функциональных подсистем при

$$g^{(dl)}(T_{i,m}^{(dl)}, SR^{(dl)}, FSS^{(dl)}, IM^{(dl)}) \xrightarrow{i} \minmax$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(dl)}(T_{i,m}^{(dl)}, SR^{(dl)}, FSS^{(dl)}, IM^{(dl)}) \leq H_j^{(dl)}, j = \overline{1, m^{(dl)}}.$$

На уровне ядра множество $X^{(cl)}$ включает элементы активного сетевого оборудования, а также необходимых серверов и сервисов и информационных ресурсов функциональных подсистем и требуется определить подмножество $T_{i,m}^{(cl)}$ при оптимальном значении критерия

$$g^{(cl)}(T_{i,m}^{(cl)}, SR^{(cl)}, FSS^{(cl)}, IM^{(cl)}) \xrightarrow{i} \minmax$$

и соблюдении соответствующих функциональных ограничений, в том числе и по качеству обслуживания

$$h_j^{(cl)}(T_{i,m}^{(cl)}, SR^{(cl)}, FSS^{(cl)}, IM^{(cl)}) \leq H_j^{(cl)}, j = \overline{1, m^{(cl)}}.$$

На уровне серверной фермы множество $X^{(st)}$ включает элементы, задающие необходимое активное сетевое оборудование, серверы, системы хранения данных и т.д. При построении топологии $T_{i,m}^{(st)}$ требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(st)}$ на элементы сетевой инфраструктуры при

$$g^{(st)}(T_{i,m}^{(st)}, SR^{(st)}, FSS^{(st)}, IM^{(st)}) \xrightarrow{i} \minmax$$

с учетом существующих ограничений программных средств и систем

$$h_j^{(st)}(T_{i,m}^{(st)}, SR^{(st)}, FSS^{(st)}, IM^{(st)}) \leq H_j^{(st)}, j = \overline{1, m^{(st)}}.$$

5) Перспективным комплексным инструментом построения архитектурных решений распределенных корпоративных информационных систем может стать подход на основе многоуровневой иерархической модели управления в производственных и специализированных структурах, которая достаточно тесно связана с современным многоуровневым представлением перекрывающейся распределенной сетевой инфраструктуры. Так производственная структура в принципе любого типа будет включать:

- уровень стратегического планирования и управления, который для поддержки соответствующих процедур использует различные классы информационных систем: бизнес-аналитика, оперативный анализ данных, поддержка принятия решений и т.д.;
- уровень производственного и финансового управления, который использует системы управления информацией о жизненном цикле изделия, планирования ресурсов предприятия и т.д., и реализуемых средствами OLTP-архитектуры;
- уровень оперативного планирования и управления на основе системы оперативного управления производством;

– уровень управления производственными зонами и технологическим оборудованием, реализуемый средствами промышленной автоматизации.

Все уровни объединены трафиком систем управления потоком работ и управления документооборотом на основе сетевой инфраструктуры. Все системы имеют свои информационные ресурсы и средства обработки и хранения, а объединенным интегрированным ресурсом является корпоративное хранилище данных на основе системы хранения либо SAN.

Если рассмотреть специализированную информационную систему на примере тренажерно-моделирующего комплекса, то здесь также можно выделить:

– уровень управления системами тренажера, который для поддержки планирования процесса подготовки, анализа результатов тренировки и т.д. включает соответствующие элементы аналитики, оперативного анализа данных, поддержки принятия решений и т.д.;

– уровень контроля и управления тренировкой, который используется для оперативного управления тренировкой, физического моделирования условий деятельности оператора и т.д.;

– уровень оперативного управления тренировкой на основе математических моделей системы, объекта и среды;

– уровень управления тренажером, реализующий систему связи с объектом, тестирование, диагностику и т.д.

Таким образом, математическая модель многоуровневого представления архитектуры распределенных корпоративных информационных систем S с точки зрения многоуровневого подхода также вводится пара $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящую из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают состав и структуру системы S на l -ом уровне $l = \{sp, pm, op, tm\}$, соответственно для уровней стратегического планирования и управления, производственного и финансово-хозяйственного управления, оперативного планирования и управления, а также управления производственными зонами и технологическим оборудованием. Дополнительно также вводится множество функциональных подсистем $FSS = \{FSS_i, i = \overline{1, m}\}$. Функция $FF(X^{(l)}, T^{(l)})$ задает наличие элемента подсистем FSS в X на l -уровне.

На уровне стратегического планирования и управления необходимо определить такое множество $T_{i_{\text{оп}}}^{(sp)}$, которое будет учитывать наличие элементов соответствующих элементов подсистем оптимальным образом с точки зрения выбранного критерия

$$g^{(sp)}(T_{i_{\text{оп}}}^{(sp)}, FF^{(sp)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

$$T_{i_{\text{оп}}}^{(sp)} = \{ T^{(sp)} \}$$

при соблюдении ограничений $h_j^{(sp)}(T_{i_{\text{оп}}}^{(sp)}, FF^{(sp)}) \leq H_j^{(sp)}$, $j = \overline{1, m^{(sp)}}$, где $m^{(sp)}$ количество ограничений, накладываемых на топологическую структуру вычислительной системы на данном уровне выбранной модели взаимодействия.

На уровне производственного и финансово-хозяйственного управления аналогичным образом требуется определить такое подмножество $T_{i_{\text{оп}}}^{(pm)}$ из семейства $T^{(pm)}$, которое будет описывать вхождение элементов функциональных подсистем в распределенную структуру при

$$g^{(pm)}(T_{i_{\text{оп}}}^{(pm)}, FF^{(pm)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(pm)}(T_{i_{\text{оп}}}^{(pm)}, FF^{(pm)}) \leq H_j^{(pm)}, j = \overline{1, m^{(pm)}}$$

На уровне оперативного планирования и управления множество $X^{(op)}$ включает элементы соответствующих функциональных подсистем и требуется определить подмножество $T_{i_{\text{оп}}}^{(op)}$ при

оптимальном значении критерия $g^{(op)}(T_{i_{\square}}^{(op)}, FF^{(op)}) \xrightarrow{i} \min \max$ и соблюдении соответствующих функциональных ограничений $h_j^{(op)}(T_{i_{\square}}^{(op)}, FF^{(op)}) \leq H_j^{(op)}, j = \overline{1, m^{(op)}}$. На уровне производственными зонами и технологическим оборудованием множество требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(tm)}$ при

$$g^{(tm)}(T_{i_{\square}}^{(tm)}, FF^{(tm)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с учетом существующих ограничений программных средств и систем

$$h_j^{(tm)}(T_{i_{\square}}^{(tm)}, FF^{(tm)}) \leq H_j^{(tm)}, j = \overline{1, m^{(tm)}}$$

б) Наряду с этим возникает задача распределения серверов, сервисов и функциональных подсистем, а также соответствующих информационных ресурсов по уровням доступа, распределения и ядра, по локальным серверам или в серверной ферме, а также при наличии в системе хранения или сети хранения данных.

В этом случае аналогично для описания распределенной корпоративной информационной системы S с точки зрения многоуровневого подхода также вводится пара $(X^{(l)}, T^{(l)})$, состоящую из множества $X^{(l)}$, которое содержит все необходимые объекты S , а $T^{(l)}$ – семейство подмножеств множества X , которые задают топологическую структуру системы S на l -ом уровне $l = \{sp, pm, op, tm\}$. Дополнительно также вводятся множество функциональных подсистем

$FSS = \{FSS_i, i = \overline{1, m}\}$; множество информационных ресурсов функциональной подсистемы FSS ;

$IM^i = \{IM_j^i, j = \overline{1, kir}\}, i = \overline{1, m}$; множество серверов корпоративной информационной системы SR

$= \{SR_j, j = \overline{1, ks}\}$. Функция $FTR(X^{(l)}, T^{(l)})$ задает объем транзитного трафика на l -уровне.

На уровне стратегического планирования и управления необходимо определить такое

множество $T_{i_{\square}}^{(sp)}$, которое будет включать местонахождение серверов и сервисов, функциональных подсистем и их информационных ресурсов оптимальным образом с точки

зрения выбранного критерия $g^{(sp)}(T_{i_{\square}}^{(sp)}, SR^{(sp)}, FSS^{(sp)}, IM^{(sp)}) \xrightarrow{i} \min \max$ при соблюдении

ограничений $h_j^{(sp)}(T_{i_{\square}}^{(sp)}, SR^{(sp)}, FSS^{(sp)}, IM^{(sp)}) \leq H_j^{(sp)}, j = \overline{1, m^{(sp)}}$, где $m^{(sp)}$ количество

ограничений, накладываемых на структуру вычислительной системы на уровне стратегического планирования и управления выбранной модели взаимодействия.

На уровне производственного и финансово-хозяйственного управления аналогичным образом

требуется определить такое подмножество $T_{i_{\square}}^{(pm)}$ из семейства $T^{(pm)}$, которое будет описывать вхождение соответствующих элементов в распределенную структуру, а также необходимых серверов и сервисов и информационных ресурсов функциональных подсистем при

$$g^{(pm)}(T_{i_{\square}}^{(pm)}, SR^{(pm)}, FSS^{(pm)}, IM^{(pm)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с соблюдением функциональных ограничений, а также ограничений сетевого стандарта

$$h_j^{(pm)}(T_{i_{\square}}^{(pm)}, SR^{(pm)}, FSS^{(pm)}, IM^{(pm)}) \leq H_j^{(pm)}, j = \overline{1, m^{(pm)}}$$

На уровне оперативного планирования и управления множество $X^{(op)}$ включает элементы оборудования, а также необходимых серверов и сервисов и информационных ресурсов

функциональных подсистем и требуется определить подмножество $T_{i_{\square}}^{(op)}$ при оптимальном

значении критерия $g^{(op)}(T_{i_{\square}}^{(op)}, SR^{(op)}, FSS^{(op)}, IM^{(op)}) \xrightarrow{i} \min \max$ и соблюдении

соответствующих функциональных ограничений, в том числе и по качеству обслуживания $h_j^{(op)}$
 $(T_{i_{\text{св}}}^{(op)}, SR^{(op)}, FSS^{(op)}, IM^{(op)}) \leq H_j^{(op)}, j = \overline{1, m^{(op)}}$.

На уровне производственными зонами и технологическим оборудованием множество $X^{(m)}$ включает элементы, задающие необходимое активное сетевое оборудование, серверы и т.д.

При построении топологии $T_{i_{\text{св}}}^{(m)}$ требуется определить оптимальное распределение элементов множества $X^{(m)}$ на элементы сетевой инфраструктуры при

$$g^{(m)}(T_{i_{\text{св}}}^{(m)}, SR^{(m)}, FSS^{(m)}, IM^{(m)}) \xrightarrow{i} \min \max$$

с учетом существующих ограничений программных средств и систем

$$h_j^{(m)}(T_{i_{\text{св}}}^{(m)}, SR^{(m)}, FSS^{(m)}, IM^{(m)}) \leq H_j^{(m)}, j = \overline{1, m^{(m)}}.$$

В результате корпоративная система может быть представлена как совокупность топологических структур различного уровня, наложенных друг на друга, и совместно описывающих комплексную задачу функционирования и распределение компонентов инфраструктуры системы со всех точек зрения, что позволит при проектировании найти сбалансированное оптимальное решение. Таким образом, возможно учесть все аспекты построения распределенной автоматизированной системы управления, что позволяет получать сбалансированное с различных точек зрения оптимальное решение. Дальнейшая работа предполагает детализацию математических моделей и разработку технологии и алгоритмов оптимизации, в частности на основе теории генетического подхода.

Список литературы

1. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневский. – М. : Техносфера, 2003.

Possible Directions of Application of Multi-Layer Topology Concept in Designing and Optimization of Distributed Corporate Systems

S.P. Vorobyov

South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute), Novocherkassk

Key words and phrases: corporate information system; mathematical model; topological structure.

Abstract: The main options of the approach to the optimization of the distributed corporate systems architecture on the basis of mathematical models for representation of multi-layer topological structure are studied; this approach ensures complex presentation of various technical, protocol and program aspects.