

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Бречко А.А., Стародубцев Ю.И.

Военная академия связи им. С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия
sashabreck27@gmail.com, prof.starodubtsev@gmail.com

Аннотация. Исследованы фундаментальные особенности информационно-телекоммуникационных систем, определены их недостатки, выявлены направления устранения выявленных недостатков, сформулирована и декомпозирована на ряд частных задач проблема управления развитием систем.

Ключевые слова: киберпространство, информационно-телекоммуникационный ресурс, архитектура системы, трансформация системы.

Введение

Крупномасштабные системы – это класс сложных (больших) систем, характеризующихся комплексным (межрегиональным, межотраслевым) взаимодействием элементов, распределенных на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурсов и времени [1].

Информационно-телекоммуникационные системы (ИТКС) – яркий представитель класса крупномасштабных систем. При этом ИТКС в своем организационном и техническом аспектах обладают специфическими свойствами, усложняющими процессы их исследования и управления.

В настоящее время ИТКС играют огромную роль в жизни людей, экономике и национальной безопасности. Они позволяют обмениваться информацией между людьми и организациями, управлять производством и оказанием услуг.

Сложность таких систем, с одной стороны, и их вклад в экономику и безопасность государства, с другой, актуализирует не только исследование процессов их развития, но и процессов управления этим развитием.

1. Анализ фундаментальных особенностей существующих информационно-телекоммуникационных систем

Традиционный подход к обеспечению систем управления (потребителей) услугами связи и автоматизации состоял в создании и эксплуатации уникальных изолированных систем (ИТКС) индивидуального (ограниченного) пользования.

Результатом подхода явилось множество практически независимых или слабо связанных систем связи и автоматизации, построенных с использованием разнотипных, зачастую, уникальных оборудования и алгоритмов.

Реализация традиционного подхода характеризовалась значительными экономическими затратами, обусловленными дублированием систем, сходных по функционалу и территориальному расположению, а также высокой степенью их простоя.

Решение проблемы экономической неэффективности основано на одном из базовых (традиционных) принципов экономической оптимизации – коллективном (совместном) использовании общих ресурсов [2, 3].

Ресурс ИТКС (или информационно-телекоммуникационный ресурс) – способность системы по генерации, передаче, хранению, обработке и потреблению информации.

Количество и качество ресурса в системе зависит от количества элементов системы и их параметров, иными словами – от того, насколько развита ИТКС в инфраструктурном отношении.

Ресурсообразующие процессы в системе реализуются в ее коммуникационных и информационных элементах.

Коммуникационные элементы обеспечивают процессы передачи информации между информационными элементами и могут быть линейными (линии связи) и узловыми (маршрутизаторы).

Информационные элементы могут быть вычислительными (ЦОД, сервер) и потребительскими (ПЭВМ, датчик). Вычислительные элементы обеспечивают процессы генерации, хранения и обработки информации, а потребительские – процессы ее потребления.

Базовым свойством любого ресурса является его конечность (исчерпаемость). Применяя этот критерий к известным свойствам (показателям) ИТКС, в качестве ресурса возможно указать пропускную способность, память и вычислительную способность.

Остальные свойства и соответствующие показатели системы и ее элементов (достоверность, точность, скорость чтения/записи и др.) неисчерпаемы и, фактически, являются параметрами ресурса.

Учитывая, что существующие ИТКС проектируются, строятся и управляются отдельными субъектами (ISP, операторы связи), то вопрос объединения систем (соединения сетей связи), в первую очередь, состоит в согласовании юридических, организационных и экономических вопросов, а во вторую очередь – вопросов технических.

Систему, образованную глобальным объединением разнородных ИТКС – автономных систем (AS), называют киберпространством или меньшим по объему понятием – сеть Интернет.

Исходя из чего, понятие киберпространства (глобальной ИТКС) можно определить как масштабируемую, неоднородную искусственную систему коллективного использования с сетевым управлением, обеспечивающую распределенные в пространстве процессы генерации, передачи, хранения, обработки и потребления информации.

Совместное (коллективное) использование общего ресурса предполагает наличие некоторой системы (способа, решения) его распределения между потребителями (участниками).

Существующая система объединения и распределения ресурсов киберпространства является его неотъемлемой и системообразующей частью, которая определяется его архитектурой.

Архитектура киберпространства – взаимосогласованная совокупность способов (протоколов, правил, алгоритмов) объединения и распределения информационно-телекоммуникационных ресурсов, реализованных, по крайней мере, в ключевых активных элементах ИТКС (граничные маршрутизаторы, оконечное оборудование) [4, 5].

Киберпространство работает по технологии коммутации пакетов (дейтаграммный способ передачи), что обусловлено технологией работы первых объединяемых систем.

Мультипликация и распределение ресурсов осуществляется за счет использования общей уникальной адресации элементов киберпространства (IP-адреса и DNS-имена) и следования заданным алгоритмам обработки дейтаграмм каждым элементом системы (маршрутизатором и оконечным оборудованием).

Требование (запрос) оконечного устройства (потребителя) на предоставление (выделение) ему ресурса осуществляется направлением дейтаграмм ближайшему маршрутизатору с указанием адреса назначения. При этом для маршрутизатора и для всей системы входящий поток дейтаграмм обладает стохастичностью как по интенсивности, так и по адресу назначения.

Архитектура системы не ограничивает возможность отправки дейтаграмм в любое время в любом количестве любым оконечным устройством.

Распределение ресурсов между потребителями осуществляется маршрутизаторами путем периодического вычисления маршрутов (процесс маршрутизации) между элементами системы (оконечными устройствами), как правило, оптимальных по какому-либо параметру.

Поскольку в глобальной ИТКС (киберпространство) количество элементов, и, соответственно, маршрутов велико и продолжает расти, то для повышения масштабируемости существующая архитектура предполагает два независимых уровня маршрутизации: внутри домена (автономная система или отдельная ИТКС) и между доменами.

В киберпространстве выделение ресурса информационным элементам состоит в неявном обязательстве передать требуемый поток дейтаграмм наилучшим образом без предоставления каких-либо гарантий.

Выделение ресурсов осуществляется маршрутизаторами, составляющими путь между двумя информационными элементами. При этом используется часть ресурсов системы (пропускная способность каналов связи, память и вычислительные способности маршрутизаторов).

От того, по какому маршруту пройдет дейтаграмма зависит сколько ресурса будет задействовано, в каком месте системы ресурс будет задействован и каковы будут его параметры (его качество).

Как известно, глобальная система (киберпространство) обладает рядом недостатков, связанных с устойчивостью, безопасностью, пропускной способностью, доступностью и управляемостью, которые следуют из ее нижеперечисленных фундаментальных характеристик [4, 6].

1. Недостаточный уровень развития информационной инфраструктуры в заданном регионе, обусловленный следующими факторами:

- стремлением предприятий связи к экономической эффективности (развертывание инфраструктуры, обеспечивающей минимально необходимое количество ресурса для обслуживания заданного на территории количества потребителей с учетом прогноза развития);
- стохастичным изменением мест расположения значительного количества потребителей;
- стохастичным изменением количества и качества запрашиваемого потребителями ресурса.

2. Не оптимальное использование ресурсов системы, обусловленное следующими архитектурными особенностями:

- однопутевой маршрутизацией, не позволяющей использовать свободный ресурс;
- низкой скоростью адаптации маршрутов к изменениям в сети;
- локальной оптимизацией маршрутов, обусловленной независимой двухуровневой маршрутизацией (IGP + BGP).

3. Слабые возможности по управлению ресурсами системы, что обусловлено следующими архитектурными особенностями:

- отсутствием возможности контроля количества и качества остаточного ресурса для стохастического по протяженности маршрута;
- отсутствием возможности контроля количества и качества выделяемого ресурса;
- отсутствием возможности выделения пользователю ресурса требуемого количества и качества.

2. Постановка проблемы управления развитием информационно-телекоммуникационных систем

Возможно выделить два взаимодополняющих подхода к устранению выявленных недостатков:

1. Увеличение ресурса путем наращивания информационной инфраструктуры в обоснованных местах и объемах.

2. Изменение способов распределения ресурса (изменение архитектуры системы).

Реализация первого подхода предполагает обоснование количественного, качественного, структурного и геопространственного развития инфраструктуры системы.

Реализация второго подхода предполагает не только обоснование новой архитектуры системы (способов объединения и распределения ресурсов), но и программы (методики, плана) трансформации существующей системы.

Указанные подходы, не только не противоречат друг другу, но и должны реализовываться в совокупности, поскольку:

- только лишь увеличение ресурса системы, без изменения ее архитектуры не гарантирует возможность выделения даже формально избыточного ресурса в интересах пользователей;
- только лишь изменение архитектуры системы, без увеличения ее ресурса не позволит выделять потребителям ресурс, который в системе отсутствует.

Существующие решения, не входящие в указанные два подхода (приоритезация обслуживания, резервирование каналов и т.д.), направленные на повышение качества обслуживания потребителей, не способны устранить проблему, поскольку направлены на борьбу со следствиями, а не причинами.

Для анализа применимости выделенных подходов важно выделить некоторые черты системы. Так существующие ИТКС характеризуются:

- постоянно возрастающей сложностью структуры;
- неопределенностью территориального размаха на протяжении ограниченного интервала времени;
- экспоненциальным ростом стоимости;
- принадлежностью различным, в том числе антагонистическим, субъектам владения;
- зависимостью обеспечения процесса функционирования от большого числа факторов для количественного учета которых отсутствует методическое обеспечение;
- зависимостью цикла производства элементов системы от большого числа факторов от постоянно изменяющейся структуры международной кооперации;
- принципиальным отсутствием этапа утилизации;
- непрерывным функционированием, в силу системообразующего влияния на экономику государства;
- производством информационных услуг в интересах антагонистических потребителей;
- отсутствием методического обеспечения для корректного выделения фрагмента из единого киберпространства.

Следовательно, реализация указанных подходов возможна только в процессе целенаправленного развития информационной инфраструктуры.

Целенаправленность развития сложной системы предполагает реализацию соответствующего процесса (процессов) в ее системе управления.

Традиционные системы управления системами связи и автоматизации характеризовались иерархической структурой с централизованным управлением. Эти системы осуществляли как процессы оперативного управления, так и процессы их развития.

В противоположность этому, управление киберпространством характеризуется децентрализацией и участием многих заинтересованных сторон, с различными, в том числе антагонистическими, целями управления, с разными возможностями и степенью допуска (доступа) к управлению [7, 8].

Например, некоторые задачи выполняются частной промышленностью, действующей в рамках рынков, некоторые задачи контролируются общественными институтами, а некоторые административные полномочия принадлежат суверенным государствам. В таблицах 1, 2 представлены характеристики процесса управления киберпространством.

Таблица 1. Характеристики процесса управления киберпространством (часть 1)

Глобальные институты управления (IEEE, ITU, ISOC, IAB, IETF)	Функциональные институты управления (ICANN, IANA, RIR)	Операторы связи (владелец автономных систем)	Крупнейшие производители оборудования
Уровень управления			
Глобальный	Стратегический	Оперативный	Глобальный, стратегический
Цель управления			
Поддержание работоспособности	Поддержание работоспособности	Обеспечение услугами потребителей	Техническое обеспечение операторов связи
Тип управляемых параметров			
Концептуальные	Технические	Технические	Технические
Периодичность управления			
Редко	Редко	Часто	Редко
Сила воздействия			
Маленькая	Маленькая	Большая	Большая
Длительность эффекта			
Очень высокая	Высокая	Низкая	Высокая
Масштаб воздействия			
Киберпространство	Киберпространство, национальные ИТКС	ИТКС (автономная система)	Киберпространство
Скорость воздействия			
Низкая	Средняя	Высокая	Низкая

Таблица 2. Характеристики процесса управления киберпространством (часть 2)

Национальные регуляторы	Антагонистические системы управления	Множество пользователей (абонентов)	Природные воздействия
Уровень управления			
Стратегический, оперативный	Тактический	Тактический	Тактический
Цель управления			
Обеспечение функционирования национальных ИТКС	Нарушение функционирования, хищение, модификация информации	Стохастическая	Стохастическая
Тип управляемых параметров			
Концептуальные	Технические	Технические	Физические
Периодичность управления			
Редко	Постоянно	Постоянно	Редко
Сила воздействия			
Средняя	Большая	Средняя	Большая
Длительность эффекта			
Высокая	Низкая	Средняя	Низкая
Масштаб воздействия			
Национальные ИТКС	ИТКС (автономная систем), элемент ИТКС	Киберпространство	Узел, линия
Скорость воздействия			
Низкая	Очень высокая	Высокая	Высокая

Отсюда возникает проблема управления развитием ИТКС, суть которой состоит в изменении фундаментальных характеристик системы при сохранении текущих эксплуатационных показателей системы в допустимых пределах и сохранении доступного уровня разграничения реализуемой в системе процессов антагонистических систем управления в условиях существующей системы управления.

Учитывая, существующий уровень науки в области управления развитием крупномасштабных систем [9, 10], решение сформулированной проблемы декомпозировано на следующие частные задачи.

1. Прогнозирование потребностей в количестве, качестве и местах потребления информационных услуг.

2. Прогнозирование темпов и направлений развития элементов ИТКС и логики их объединения в систему.

3. Обоснование структурных и параметрических изменений системы с учетом не только узлов и линий связи, но и элементов, формирующих услуги.

4. Разработка программы (планы, методы, методики, способы, алгоритмы) развития системы.

3. Заключение

Проведенное исследование выявило ряд недостатков, присущих как киберпространству, так и отдельным ИТКС, его составляющим. Важной особенностью является то, что выявленные недостатки следуют из фундаментальных особенностей киберпространства. Учитывая, что киберпространство – уникальная система, его развитие в части изменения фундаментальных особенностей требует реализации обоснованных целенаправленных действий в долгосрочном периоде.

Исходя из чего сформулирована научная проблема управления развитием ИТКС, также актуальная для киберпространства в целом. Проблема декомпозирована на ряд частных задач, являющихся направлениями дальнейших исследований.

Литература

1. Цвиркун А.Д. Управление развитием крупномасштабных систем в новых условиях // *Control Sciences*, 2003. – N 1. – С. 34–43.
2. Стародубцев Ю.И. Управление качеством информационных услуг / Ю.И. Стародубцев, А.Н. Бегаев, М.А. Давлятова; под общ. ред. Ю.И. Стародубцева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 454 с.
3. Стародубцев Ю.И. Экономика цифровых информационных услуг / Ю.И. Стародубцев, М.А. Давлятова; под общ. ред. Ю.И. Стародубцева. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 452 с.
4. Clark D. Designs for an Internet. pre-release, 2017. – 186 с.
5. Clark D. The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols // *SIGCOMM '88, Computer Communication Review*, 1988. – N 4. – С. 106–114.
6. Keshav S. Paradoxes of Internet Architecture // *IEEE Internet Computing*, 2018. – 22(1). – С. 96–102.
7. Raymond M. Who Runs the Internet? The Global Multi-stakeholder Model of Internet Governance / M. Raymond, L. DeNardis. – Waterloo.: CIGI, 2016. – 115 с.
8. Бречко А.А., Сазыкин А.М. Проблема управления параметрами киберпространства в интересах субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации // *Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму*, 2022. – N 5-6 (167-168). – С. 36–43.
9. Савищенко Н.В., Остроумов О.А. Расчет оптимального и рационального числа ветвей разнесения в каналах связи с аддитивным белым гауссовским шумом и общими замираниями // *Информационно-управляющие системы*, 2015. – 6(79). – С. 71-80.
10. Васильев С.Н., Цвиркун А.Д. Труды Четырнадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD 2021)». – М.: ИПУ РАН, 2021. – 1960 с.