

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Государственный университет информационно-коммуникационных технологий

*Исследуются основные задачи системы динамического управления ресурсами и функциональные характеристики платформы управления. Рассматриваются возникающие проблемы при эксплуатации сети. Приводятся решения в области управления неисправностями.*

### Введение

Управление сетью выполняет не только функцию передачи сведений от элементов сети на уровень управления услугами. Управление сетью имеет важные собственные задачи, такие как планирование сети, обеспечение сети, управление техническим учетом, эксплуатация.

Планирование и развития сетей связи означает полное обеспечение существующей инфраструктуры сетей. В украинских стандартах эти процессы заключаются в разработке генеральных схем развития сетей связи. Обеспечение сетей означает создание инфраструктуры, т.е. капитальное строительство сооружений связи, проведение реконструкции, технического перевооружения и расширения оборудования и систем связи [1].

Управление техническим учетом предусматривает ввод в работу элементов сети, администрирование элементами физической сети и учет характеристик элементов. Эксплуатация сети и восстановление предусматривает проведение работ по обеспечению доступности сети и эксплуатации инфраструктуры. Управление данными сети предусматривает сбор данных для управления сетью и предоставление записей для расчетов с использованием за услуги связи (данные для биллинга). Важно отметить, что возможности по управлению сетями сосредоточены именно на том уровне, где существует возможность получения данных непосредственно от элементов сети вместо того, чтобы передать функции сетевого управления на уровень управления услугами.

### Постановка задачи

Основная задача, которую решают платформы сетевого управления и отдельные продукты, – обеспечение автома-

тизированного управления «сверху – вниз» и «из конца в конец», управление уровнем услуг по заданным правилам. Управление «сверху – вниз» подразумевает наличие контроля и мониторинга над всеми элементами управления – от бизнес-процесса до элемента сети, включая программное обеспечение управления, операционную систему, базу данных информации управления, инфраструктуру управления, ПО управления элементов сети [2]. Управление «из конца в конец» подразумевает наличие контроля всего тракта передачи речи сообщений (речь, данные, видео) от абонента А через узлы коммутации и передачи до абонента Б. Сюда же относится контроль отдельных участков, фрагментов сети, связи между пользователями и серверами приложений. Основная задача представленного анализа состоит в предложенных решениях в области управления неисправностями

Актуальность, практическое и научное значение управления и качества сети мобильной связи поставлена как основная задача анализа в предложенной статье.

### Анализ последних исследований и публикаций

Достаточно широкий круг вопросов, связанных с вопросами качества сети мобильной связи, а именно управление трафиком и управление сетью, управление при отказах и неисправностях сети, локализация отказов, тестирование оборудования и участков, рассматриваются в работах [2, 3, 4, 7, 8].

Однако в данных публикациях остается неосвещенным вопрос исследования функциональных характеристик платформы управления. Не отображается объективная необходимость базового набора управляемых объектов и операций над

объектами, удовлетворяющих стандартам ВОС (*OSI management framework*). Поэтому в предлагаемой статье исследуются основные задачи системы динамического управления ресурсами, где оптимальные решения в общем случае зависят от времени, что существенным образом затрудняет решение соответствующих оптимизационных задач математического программирования (называемых при этом задачами оптимального управления).

Процесс управления в предлагаемой статье представлен в виде многократного решения упрощенных задач математического программирования. Конкретные целевые функции и функции ограничений напрямую определяются выбираемым алгоритмом управления ресурсами, характером сети, набором ее структурных параметров, принятым методом маршрутизации.

### **Структура сети управление и ее основные функции**

Сеть управления связью обеспечивает исполнение функций, которые делятся на две категории: прикладные и общее.

К *прикладным функциям*, которые характеризуют возможности управления объектом (или его частями), относятся необходимые для технического и административного управления, эксплуатации и материального обеспечения такие группы функций:

А. Управление качеством (*Performance Management – PM*):

1. контроль эксплуатационных характеристик;
2. управление трафиком и управление сетью;
3. контроль качества обслуживания пользователей.

Б. Управление при отказах и неисправностях сети (*Fault Management – FM*):

1. аварийная сигнализация;
2. локализация отказов;
3. тестирование оборудования и участков.

В. Управление конфигурацией сети (*Configuration Management – CM*):

1. внедрение в действие для предоставления услуг;
2. контроль и управление состоянием и функционированием сетевых элементов;

3. обеспечение ввода в эксплуатацию оборудования, включая организацию проведения необходимых переключений и изменений структуры сети.

Г. Управление расчетами (*Accounting Management – AM*).

К общим функциям относятся: функция памяти, которая обеспечивает сохранение информации на протяжении контрольных.

### **Управление уровнем сервиса**

Способ выражения ожиданий пользователем посредством формального описания качества предоставляемых услуг. Эти ожидания и формальное описание уровня сервиса выражаются в соглашениях об уровне обслуживания *Service Level Agreement (SLA)* [3]. В идеале платформа управления должна обладать способностью автоматически определять технические характеристики элементов сети для оценки применимости *SLA*. Если возможности выполнить *SLA* с использованием данного парка технических средств отсутствуют, то платформа управления должна либо известить пользователя о снижении уровня обслуживания, либо предоставить альтернативные способы достижения требуемого уровня обслуживания (например, поиск альтернативного пути установления соединений). В любом случае необходимо, по возможности, освободить персонал, управляющий сетью и услугами, от рутинной и ручной работы.

С точки зрения информационной модели сети, платформа управления должна предоставлять базовый набор управляемых объектов и операций над объектами, удовлетворяющих стандартам ВОС (*OSI management framework*) и обеспечивающих выполнение следующих функций:

- управление неисправностями элементов сети, в том числе функций фильтрации и ранжирования сообщений о неисправностях от различных объектов с помощью разных протоколов;

- сбор данных от элементов сети в различных форматах и преобразование их в единый входной формат данных для системы управления;

- генерация управляющих команд со стороны *OS* (управляющая система) управления элементами по отношению к нижестоящим уровням управления;

- сбор данных об оказанных услугах связи для автоматизированных систем расчета;

- функции измерения, тестирования и мониторинга технических характеристик элементов сети и сети связи в целом (измерение нагрузки, уровня загрузки портов, статистических отказов и т.п.);

- наличие графического интерфейса пользователя, позволяющего легко интегрировать получаемую информацию.

### **Постановка проблемы эксплуатации сети**

Одной из проблем при эксплуатации сети является оптимизация управления потоками информации, осуществляемого в системе динамического управления ресурсами (СДУ). Основными задачами СДУ являются оптимизация маршрутизации, обеспечивающей распределение потоков информации, и управления потоками, направленного на ограничение входящей и транзитной нагрузки в сети. Оптимальные решения в общем случае зависят от времени, что существенно образом затрудняет решение соответствующих оптимизационных задач математического программирования (называемых при этом задачами оптимального управления) [5, 6]. Характерным, однако, для управляемых сетей связи является относительно медленное изменение состояний сетей во времени. Это понятие так называемого интервала управления  $T_{\alpha}$ , на протяжении которого состояние сети практически не меняется, считается стационарным [4]. Остается неизменным решение упрощенной задачи математического программирования, в формулировку которой не входит явным образом время. Процесс управления можно представить в виде многократного (с периодом  $T_{\alpha}$ ) решение упрощенных задач математического программирования.

Конкретные формулировки задач математического программирования (конкретные целевые функции и функции ограничений) напрямую определяются выбираемым алгоритмом управления ресурсами, характером сети, набором ее структурных параметров, принятым методом маршрутизации и т.п. Определение целевой функции в данном случае пред-

ставляет собой сложную самостоятельную задачу, которая предшествует решению задачи оптимизации управления вообще и маршрутизации в частности.

### **Оптимизационные задачи управления нагрузкой в сети**

С наименьшими трудностями связано решение оптимизационных задач управления нагрузкой. Известно, что увеличение нагрузки выше определенной величины может привести к потере работоспособности сети. Маршрутизация снижает в определенной степени потери в сети при перегрузках, однако во избежание потери работоспособности сети необходимо управлять входящей и транзитной нагрузками.

Отправной точкой, с которой многие компании начинали (и начинают сегодня) серьезно рассматривать вопросы построения систем управления, является управление неисправностями (*Fault Management*) [6]. Какие же требования к решениям в области управления неисправностями? Приведем наиболее важные из них:

- 1) простота инсталляции и быстрота внедрения ПО управления,

- 2) интуитивно понятный графический интерфейс, быстрая локализация событий и неисправностей,

- 3) сбор информации о событиях и неисправностях от любых элементов сети в режиме реального времени,

- 4) гибкие возможности по мониторингу сетевых сервисов (независимо от сложности нижележащих платформ и систем),

- 5) возможность внесения изменений в режиме реального времени,

- 6) масштабируемость при расширении и усложнении инфраструктуры.

Итак, современное решение в области управления неисправностями, а впоследствии и сервисами должно, с одной стороны, иметь интеграционную мощь, а с другой – быть готовым к внедрению в достаточно разумный календарный срок.

*Ядро и основные процессы.* Интегрированная система управления неисправностями должна обеспечивать консолидированный с точки зрения управления различными (не только IP) средами просмотр сетевых событий [6]. Ее первоначальная функция – сбор информации о событиях

от разнообразных платформ управления и распределение ее между операторами, ответственными за наблюдение за сетью.

Система должна базироваться на передовой клиент-серверной технологии и объектно-ориентированной методологии, которые позволяют распределить программное обеспечение (ПО) управления по всей гетерогенной сети. Отметим необходимость наличия так называемой активной базы данных (БД), используемой в качестве «сборщика» больших потоков событий и источника информации для последующего принятия решений.

Система будет не только собирать информацию о неисправностях, но и фильтровать ее, что позволит существенно снизить нагрузку на операторский персонал. Достигается это посредством заранее настроенных алгоритмов обработки информации и адаптацией персональных форм операторов.

Она состоит из четырех основных элементов, два из которых мы уже рассмотрели выше. Нужно упомянуть также о клиентах, которые позволяют операторам просматривать и обрабатывать данные, и о шлюзах, пропускающих информацию к внешним приложениям и обратно. В качестве таких приложений обычно выступают реляционные БД (*Oracle, Sybase, Informix*) [7] и системы класса *TTS (Trouble-Ticketing System)*.

Очевидно, что ядро системы должно работать на широком наборе популярных операционных систем, имеющих функции параллельной обработки и распределения заданий, таких, как *Solaris, HP-UX, IBM AIX, Windows-2000*. Оно также должно поддерживать возможность обработки нескольких десятков тысяч событий в секунду одновременно с их дедупликацией посредством использования полей-идентификаторов.

В стандарте *GSM* строго определены временные и спектральные характеристики излучаемых сигналов. Различные формы огибающих излучаемых сигналов соответствуют разным длительностям интервала *AB* (88 бит) по отношению к другим интервалам *TDMA*-кадра (148 бит).

В стандарте *GSM* применяется спектрально-эффективная гауссовская частот-

ная манипуляция *GMSK* [5, 7]. При этом методе несущая частота дискретно, через интервалы времени, кратные периоду  $T_b$  битовой модулирующей последовательности, принимают одно из двух значений:

$$F_H = f_0 - F/4 \quad \text{или} \quad F_B = f_0 + F/4,$$

где  $f_0$  – центральная частота используемого частотного канала;  $F = 1/T_b$  – частота битовой последовательности.

В стандарте *GSM* применяется *GMSK*-модуляция с величиной нормированной полосы  $BT = 0,3$ , где  $B$  – ширина полосы фильтра по уровню – 3 дБ.

В системе сетевого управления *S&NMS* компании *Siemens* управление мобильной связи осуществляется с помощью модуля *Mobile Integrator* [7, 9]. Этот модуль разработан на основе объектно-ориентированного подхода, представляет собой распределенную систему управления для сетей мобильной связи и оптимальным использованием радиочастотного спектра.

*Прерываемая передача (Discontinuous transmission).*

Минимизация межканальной интерференции является целью любой сотовой системы, поскольку в зависимости от степени решения проблемы можно улучшить качество услуг для ячейки данного размера, использовать более мелкие ячейки, таким образом повысив возможности системы в целом. Прерываемая передача (*DTX*) представляет метод, который основывается на том факте, что за все время разговора человек говорит менее 40% времени [6, 7]. Соответственно, существует возможность выключения передатчика на время пауз в разговоре. Дополнительным преимуществом *DTX* является экономия электроэнергии.

Таким образом, наиболее важной компонентой *DTX* является Детектор активности голоса (*Voice activity detector*). Он должен отличать собственно голос от фонового шума (весьма нетривиальная задача). Если голосовой сигнал будет интерпретирован как шум, то принимающая сторона будет вынуждена выслушивать очень надоедливые «вырезки» (*chipping*) из разговора. С другой стороны, фоновый шум очень часто интерпретируется как голос. Это приводит к снижению эффективности *DTX*. Другой фактор, о котором

не следует забывать, это необходимость генерации комфортного шума для принимающей стороны во время отключения передатчика передающей [8, 10]. Комфортный шум создается на основе некоторого набора характеристик фонового шума передающей стороны.

**Управление мобильностью.** Уровень управления мобильностью располагается над *RR*-уровнем, и управляет функциями, которые следуют непосредственно из мобильности самого абонента и аспектами секретности и авторизации. Управление «местом жительства» рассматривается здесь в смысле процедур, которые позволяют системе узнать текущее местожительство включенной мобильной станции, с тем, чтобы выполнить маршрутизацию входящих вызовов [8].

**Основные недостатки разработанных в рамках концепции сети управления связью *TMN* информационной и вычислительной моделей управления:**

- программное обеспечение менеджера или агента может функционировать на одном управляющем устройстве и не может состоять из элементов, распределенных по нескольким сетевым узлам;
- информационная модель управляемого объекта ориентирована на поддержку прежде всего протокола *SMIT* и зачастую не может поддерживать взаимодействие в другой среде;
- недостаточно развиты инструментальные средства проектирования систем управления.

**Общее управление неисправностями (*general fault management*)** осуществляется с помощью системы интегрированного управления сетью (*Integrated Network Management System, IMNS*). Эта система разработана для мониторинга разнородных сетей передачи голоса, данных для анализа и отображения на сетевой карте и в списке аварий сообщений о неисправностях оборудования различных технологий [6]. Это дает возможность сетевым операторам быстро идентифицировать основную причину неисправности. Благодаря использованию концепции доменов (областей) определяемые оператором карты могут быть созданы в зависимости от географических областей или определяемых технологий.

### Управление телекоммуникационной средой

Одно из основных требований, предъявляемых при развертывании и внедрении общей системы управления, заключается в интеграции с ней уже используемых систем управления сетевыми элементами (*Element Management System – EMS*), таких компаний, как *Lucent, Ericsson, Nortel, Siemens* и т. д.

Помимо поддержки разнообразного телекоммуникационного оборудования, производимого упомянутыми компаниями, система управления должна иметь возможность гибко манипулировать полями данных, которые могут содержать идентификаторы соединений (*circuit ID*), транков (*trunk ID*) и другие сведения. Разработанные правила настройки позволяют направлять содержимое этих полей в специализированные таблицы (типа *alert status*) с целью дальнейшей обработки.

Особенно важным сегодня становится наличие файлов с настраиваемыми правилами для устройств, поддерживающих специфические протоколы, например *TL-1*. Этот протокол представляет собой набор текстовых команд в кодировке *ASCII*, используемых для управления [6, 9]. Примерами устройств, поддерживающих *TL-1*, является оборудование *Lucent FT2000, Alcatel 163x* и др.

Специфика получения предупреждающих сообщений (*alarm*) от телефонного оборудования операторского класса состоит в написании фирмами-разработчиками специализированных высокопроизводительных пробников/менеджеров – *Telco Service Managers* – позволяющих «схватывать» все *alarm*-сообщения с минимальным временем задержки [7, 8]. Желательно, чтобы такие пробники/менеджеры выполняли также следующие функции:

- *Never-Die Connectivity*, для осуществления повторяющихся попыток установления нарушенных соединений путем повторного инициирования соответствующих процессов;
- *Heartbeat Monitoring*, для периодической отправки на устройство специальных пакетов с целью проверки функционирования как его самого, так и канала связи;
- *Watch Messaging*, для наблюдения за состоянием пробника/менеджера и контроля за его работой;



- *Alarm Resynchronization*, для захвата всех *alarm*-сообщений с момента последнего соединения (чтобы избежать потери этих сообщений в момент пропадания связи между коммутатором и самой системой):

- *Raw Stream Capture*, для записи в журнал входящего потока *alarm*-сообщений с целью последующей детальной разборки ситуации;

- *PID Tracking*, для записи идентификаторов процессов в файл с целью идентификации, выполнения необходимых действий и возможного анализа при повторении событий в будущем.

### Выводы

В больших сетях целесообразно использовать так называемые «многоголовые» пробники, каждый из которых способен устанавливать и поддерживать множественные соединения со специфическими типами устройств. Например, один пробник может потребоваться для мониторинга нескольких идентичных устройств *TL-1*, другой – для мониторинга станций *Nortel DMS* и т. д. Возникновение проблемы с одним из каналов связи не должно сказаться на взаимодействии «многоголового» пробника с остальными наблюдаемыми элементами.

Очень важной, особенно для сетей операторского класса, является возможность централизованного удаленного конфигурирования пробников / менеджеров через *Web*-ориентированный интерфейс и интерфейс командной строки (*CLI*). Здесь надо обеспечить установку и распространение файлов ПО управления из центральной точки их хранения, а также редактирование файлов из одного места с сохранением изменений на центральном сервере и последующей их синхронизацией. Безусловно, полезной будет возможность поддержания инвентаризационной информации о версиях ПО и конфигурационных файлах.

*Современное решение в области управления неисправностями*, а впоследствии и сервисами должно, с одной стороны, иметь интеграционную мощь, а с другой – быть готовым к внедрению в достаточно разумный календарный срок. Система должна базироваться на передо-

вой клиент-серверной технологии и объектно-ориентированной методологии, которые позволяют распределить программное обеспечение (ПО) управления по всей гетерогенной сети.

При выборе соответствующей системы управления неисправностями ключевыми моментами являются наличие широкого спектра разработанных пробников и развитые средства их конфигурирования.

### Список литературы

1. Гордеев Э.Н. Использование современных технологий в системах управления сетями связи // *Электросвязь*. – 1998. – №7. – С.8-18.
2. Дымарский Я. С., Крутякова Н. П., Яновский Г. Г. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. – М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003. – 384 с.
3. Иванов П. И. Управление сетями связи. – М.: Радио и связь, 1999. – 354 с.
4. Закумбаева З. А. Современные системы управления сетями связи // *Вестник связи*. – 2000. – №1. – С.33-34.
5. Гребешков А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
6. Якубайтис Э. А. Информационные сети и системы. Справочная книга. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 468 с.
7. Князев К. Г., Губрус А. О. На пути к эффективному сетевому управлению // *Мобильные системы*. – 2000. – №11. – С.67-69.
8. Уайндер С. Справочник по технологиям и средствам связи. – М.: Мир, 2000. – 367 с.
9. Береснев А. В., Пуговкин А. В. Алгоритм оптимизации межсотовых соотношений в системах подвижной радиосвязи стандарта GSM. // *Проблемы современной радиоэлектроники и систем управления*. Всероссийская научно-практическая конференция. Материалы конференции, ТУСУР, Том 2, 2002. – С. 186-188.
10. Бирюков П. Г. Анализ алгоритмов управления мощностью передатчика подвижных станций в системах сотовой связи // *Электросвязь*. – 2000. – № 11. – С. 54-59.