

КОНЦЕПЦИЯ АКТИВНЫХ ДАННЫХ В РАМКАХ ЦИФРОВЫХ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Александров В.В., Кулешов С.В., Зайцева А.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук,
199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия, дом 39
Тел. (812)323-51-39. E-mail: cher@iias.spb.su*

Ключевые слова: терминальная программа, активные данные, инфокоммуникация, программно-определяемый, гомоиконность

В докладе предлагается развитие подхода терминальных программ (программ, которые будучи переданными вместо данных и выполненными на принимающей стороне, восстанавливают исходные данные, подлежащие передаче) до концепции активных данных. Активные данные, одновременно являясь терминальными программами, настраивают программно-определяемое оборудование, требуемое для их распространения, и управляют процессом своего распространения в коммуникационной среде. Рассматриваются аспекты информационной безопасности при использовании активных данных в инфокоммуникационном процессе.

Концепция активных данных может быть внедрена в рамках разработки и эксплуатации виртуальных инфокоммуникационных каналов, самоорганизующихся сетей беспроводных устройств и как развитие маршрутизации в сетях передачи данных с последующей заменой ее на навигацию.

Введение

С целью организации и управления адаптивной коммуникационной средой в [1] было предложено развитие подхода терминальных программ (программ, которые будучи переданными вместо данных и выполненными на принимающей стороне, восстанавливают исходные данные, подлежащие передаче) до концепции активных данных. Активные данные, одновременно являясь терминальными программами, способны настраивать программно-определяемое оборудование, требуемое для их распространения, и могут управлять процессом своего распространения в коммуникационной среде.

Предоставление терминальным программам возможности производить активные действия как на устройствах-приемниках, так и на всех промежуточных узлах, участвующих в процессе инфокоммуникации, расширяет возможности сетей передачи данных, делая их программно-определяемыми системами (развитие принципов SDR — программно-определяемого радиоканала).

Это позволяет в режиме реального времени изменять форматы передачи данных, диапазоны частот, типы модуляции, топологии сетей радиоустройств, что, в свою очередь, обеспечивает возможность динамически создавать специализированные сети передачи данных из устройств общего назначения, путем их временного реконфигурирования для передачи данных между передатчиком и приемником, не находящимися в пределах радиовидимости.

Терминальные программы

В работах [2, 3] программа, порождающая данные (выходную битовую последовательность) без использования входных данных за счет информации содержащейся в самом коде, была названа терминальной программой. Примером такой терминальной программы может служить самораспаковывающийся архивный файл (self-extracting archive), несмотря на то, что такой архивный файл, строго говоря, не является терминальной программой, а лишь наглядно демонстрирует внешние ее проявления. Это связано с тем, что программа распаковывания в самораспаковывающемся архиве всегда одинакова для любых данных, а сжатые данные, являющиеся входными для программы распаковки, расположены в том же файле отдельно от кода программы распаковки. Более корректно назвать терминальной программой, например, программу, генерирующую изображения, так как их код является достаточным для воспроизведения выходных данных (изображений).

В программировании существует понятие гомоиконности – это свойство некоторых языков программирования, в которых исполнимый код и данные имеют одинаковое представление. При этом исполнимый код может трактоваться как данные, а данные – как исполнимый код [4].

К сожалению, такая возможность языков традиционно используется лишь в целях упрощения метапрограммирования, суперкомпиляции [5] или применения методов виртуализации среды выполнения (виртуальные машины).

Использование свойства гомоиконности в задачах инфокоммуникации значительно повышает гибкость программируемых каналов за счет того, что программы-декодеры (программы восстановления компрессированных данных) могут быть переданы по тому же каналу, что и сами компрессированные данные столько раз, сколько потребует решаемая задача (в том числе, возможна передача для каждого блока данных индивидуальной программы-декодера).

Кроме того, известны работы [6], в которых предлагается использовать динамически перестраиваемые узлы на основе автоматной теории.

От терминальных программ к активным данным

Использование терминальных программ в задачах инфокоммуникации значительно повышает гибкость каналов передачи данных за счет того, что программы-декодеры (программы восстановления компрессированных данных) могут быть переданы по тому же каналу, что и сами компрессированные данные столько раз, сколько потребует решаемая задача (в том числе, возможна передача для каждого блока данных индивидуальной программы-декодера).

Использование принципа сепарации цифрового контента [7] на транспортный (инициализирующий) поток и порождающую программу позволяет осуществлять гибкую адаптацию контента под существующие особенности и ограничения физических каналов при его передаче.

В концепции активных данных программа-декодер может быть сформирована на передающей стороне каждый раз под конкретный тип данных, подлежащих передаче, и передана по каналу непосредственно перед инициализирующим потоком. В случае использования типов данных, предварительно оговоренных некоторым стандартом (в этом случае на принимающей стороне имеется библиотека стандартных программ-декодеров), возможна передача только индекса — идентификатора программы-декодера, требуемой для восстановления исходного информационного объекта.

Кроме того, использование подхода программно-определяемых систем, конфигурируемых в соответствии с потребностями и спецификой передаваемых данных в рамках активных данных, позволяет создать гибкую виртуальную коммуникационную среду.

За единичный пакет активных данных можно принять битовую структуру, содержащую три компонента (рисунок 1): сигнатуру S, программу P и инициализирующий поток D. Обязательными являются только сигнатура, предназначенная для идентификации пакета активных данных и программа, предназначенная для выполнения в среде узла-получателя. Инициализирующий поток (по терминологии [7]) является входными данными для программы P и передается в тех случаях, когда это необходимо.

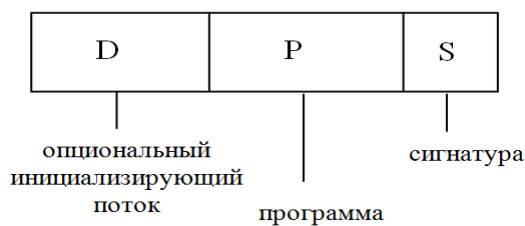


Рис. 1. Формат пакета активных данных

Под средой выполнения понимается совокупность программно-аппаратно-информационных ресурсов узла сети.

Базовыми операциями, выполняемыми процессором для активных данных являются регистровые операции, логические и арифметические операции, операции условных переходов. Кроме того, программам активных данных должен предоставляться доступ к входной и выходной буферной памяти (для сетевых устройств, ориентированных на прием пакета, его преобразование и последующую передачу далее по маршруту). Самомодификация программного кода также может быть разрешена.

В качестве базовых библиотек функций могут быть рекомендованы: компрессирующие кодеки для уменьшения объема битового потока (универсальные и форматоориентированные); помехоустойчивые кодеки; функции шифрования и дешифрования.

Каждое устройство должно возвращать список доступных для программы функций и библиотек.

Для реализации функций самомаршрутизации (функции, при которой пакет, попав на промежуточный узел сети, принимает решение о маршруте своего дальнейшего перемещения на основе текущих данных об инфокоммуникационном окружении) [1] должен предоставляться список «ближних соседей» — устройств, с которыми соединение уже установлено или может быть установлено непосредственно. Такой список может формироваться и обновляться в реальном времени за счет функции мониторинга коммуникационного ресурса (обеспечения осведомленности [8] о происходящих изменениях в инфокоммуникационной среде).

Для корректного секвентирования программ, запускаемых из последовательных пакетов активных данных каждой программе предлагается выполнять полный набор всех предварительных проверок и действий, необходимых для выполнения ее основной функции. Это значит, что некоторая программа не может предварительно производить настройку программного и аппаратного окружения для последующих пакетов.

Задачи, возникающие при внедрении активных данных в системы инфокоммуникации

Следующим шагом внедрения описанной в [1] технологии активных данных является решение следующих вопросов:

- стандартизация набора команд и базовых библиотек функций, допустимых для использования в активных данных;
- определение требований к устройствам, поддерживающим работу с активными данными;
- определение степени доступности аппаратных ресурсов для программ и способов разделения ресурсов при одновременном или последовательном выполнении нескольких программ (задачи секвентирования и блокировки);
- определение рисков и решение проблем с безопасностью использования активных данных в общедоступных сетях.

Кроме того, для дальнейшей проработки остаются вопросы безопасности активных данных для устройств и сетей общего назначения: возможности и способы борьбы с DoS-атаками, компьютерные вирусы, троянские программы.

В связи с тем, что пиковое повышение трафика в случае увеличения нагрузки на сеть с передачей активных данных будет приводить к увеличению времени исполнения активных данных на устройствах, актуальным становится вопрос оценки и контроля потребных аппаратных ресурсов для запускаемой задачи.

Заключение

Рассмотренная концепция активных данных может быть внедрена в рамках разработки и эксплуатации виртуальных инфокоммуникационных каналов, самоорганизующихся сетей беспроводных устройств и как развитие маршрутизации в сетях передачи данных с последующей заменой ее на навигацию. При этом возможно использование устройств не только специально, но и общего назначения, что повышает концентрацию доступных устройств на единицу площади территории при необходимости перевода системы в режим специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кулешов С.В., Цветков О.В.** Активные данные в цифровых программно-определяемых системах // Информационно-измерительные и управляющие системы № 6, 2014 г. С.12–19
2. **Александров В.В., Кулешов С.В.** Нарротивные представления информационных процессов. // Электронный научный журнал. «Информационные процессы», том 4, №2, 2004 – с.160–169. www.jip.ru
3. **Кулешов С.В.** Терминальные программы «цифровой» передачи и обработки данных, энергетическая и информационная эквивалентность // Информационно-измерительные и управляющие системы, №9, 2007.
4. Homoiconic // [Электронный ресурс]. — Доступ: <http://en.wikipedia.org/wiki/Homoiconic>
5. **Немытых А.П.** О суперкомпиляции // [Электронный ресурс]. — Доступ: http://conf.nsc.ru/files/conferences/Lyap-100/fulltext/69293/69928/nemytykh_supercompilation_Lyapunov100.pdf
6. **P. C. Attie, N. A. Lynch.** Dynamic Input/Output Automata: a Formal and Compositional Model for Dynamic Systems // Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Technical Report, July 2013
7. **Кулешов С.В.** Гибридные кодеки и их применение в цифровых программируемых каналах передачи данных. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012, т.10, №5. С.41–45
8. «Разработка методологии комплексного мониторинга инфокоммуникационных ресурсов в распределенных сложноорганизованных системах» // Отчет о НИР по ПФИ ОНИТ РАН № 2 «Научные основы создания гетерогенных телекоммуникационных и локационных систем и их элементной базы», направление «Алгоритмическое и программное обеспечение телекоммуникационных сетей», руководитель Александров В.В., № госрегистрации 01201360808