

К ПРОБЛЕМЕ НЕПОЛНОЙ ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ ОПИСАНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Н.Г. Булахов

Томский государственный университет. Радиофизический факультет

В настоящее время получили широкое распространение технологии, требующие передачи больших объёмов мультимедийных данных на значительные расстояния. Постоянно растут требования к объёмам и скорости обмена информацией между различными участниками взаимодействия. Для удовлетворения этих потребностей практически повсеместно используются цифровые информационные сети. Однако существующие сегодня технологии с трудом справляются с быстро возрастающими объёмами данных при необходимости высоких скоростей передачи и минимальных задержках.

Традиционно сети описываются как строго детерминированные среды ретрансляции сигнала, идущего от отправителя к получателю. Задачи построения сетей, разработки сетевого оборудования и протоколов взаимодействия считались инженерными и не требующими широких по тематике фундаментальных исследований. Однако традиционный подход к описанию сети оказался не эффективным при рассмотрении крупных объектов, каким, в частности, является сеть Internet. Примером может служить распространение электронных "червей", выводящих из строя множество мощнейших серверов по всему миру, однако для этого не требуется ничего, кроме их самовоспроизведения. Как известно, в отличие от компьютерного вируса "червь" для внедрения в другой компьютер не требует посторонней помощи в виде перенесения – ручным способом – с помощью дискеты и т.п. При этом размеры файла, который представляет собой "червь", предельно мал. Следовательно, и пересылка одной копии его не требует сколько-нибудь значительных вычислительных мощностей. Но лавинообразное нарастание числа копий вследствие "размножения червей" в компьютере и рассылки их по сети делает процесс передачи данных не контролируемым и не управляемым со стороны сетевого оборудования и администрации сети.

Современные цифровые сети передачи данных лишены детерминированности описания своего (рабочего) состояния в силу многих причин. Пакетный способ передачи данных предполагает разбивку целостного блока цифровых данных на большое число мелких пакетов, которые доставляются оборудованием по принципу «с наибольшим усилием», которое выбирает маршрут индивидуально для каждого отдельного пакета, руководствуясь состоянием и доступностью линий связи. По пути следования каждый отдельный пакет претерпевает изменения, такие как дробление на более мелкие части, инкапсуляция и изменение служебной информации в заголовке пакета. При этом на скорость передачи, задержку и очерёдность прибытия пакетов влияют

пульсация трафика в сети, случайные ошибки передачи, несовпадение настроек на различных частях при прохождении различных маршрутов.

На возникновение ошибок передачи также влияет случайный способ доступа к среде, заложенный в самую распространённую сегодня сетевую технологию – Ethernet. Согласно этой технологии, участники информационного обмена используют общую физическую разделяемую среду передачи. Когда одному из участников требуется передать пакет другому, то отправитель "прослушивает" канал и убеждается, что он свободен; после этого начинается передача пакета по разделяемой среде. Из-за конечности скорости распространения сигналов нередки случаи, когда передачу одновременно начинают два отправителя. В этом случае говорят, что возникает коллизия. Коллизии фиксируются участниками взаимодействия, и тогда передачи прекращаются. Каждый из отправителей обязан выждать случайный промежуток времени, а затем повторить попытку передачи.

Существующие алгоритмы маршрутизации пакетов в большинстве своём оптимизированы для работы в сети небольших масштабов с иерархической топологией, без кольцевых связей. Использование их в современных сетях приводит к возникновению неправильно переданных пакетов и зацикленных пакетов. Есть методы обнаружения и уничтожения таких пакетов. Однако проходит достаточно много времени, пока подобный пакет будет уничтожен, а всё это время он впустую занимает канал и ресурсы оборудования.

Приведённые факты хорошо подтверждают экспериментальные обнаруженные закономерности, качественно описанные в литературе и количественно исследованные автором. Согласно последним, имеет место экспоненциальная зависимость возникновения ошибок передачи от величины отношения количества переданных данных в единицу времени к количеству максимально возможных. Например, для IP-телефонии зависимость имеет вид рис. 1.

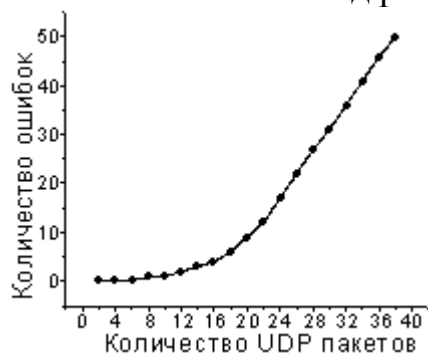


Рис. 1. Зависимость количество возникших ошибок от количества отправленных пакетов

С учётом сделанного выше анализа причин неполной детерминированности описания состояния сети целесообразно обратиться к альтернативному описанию её. Например, – к языку описания нелинейных динамических систем. Для этого потребуется распространить на процессы взаимодействия в цифровой сети понятия и формализм, принятые в нелинейной динамике.