

ТЕОРЕТИЧЕСКИ ДОСТИЖИМЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ БУДУЩИХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СТРУКТУР

РЕКТОР ФГОБУ
ВПО «МОСКОВСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»
Артем Сергеевич Аджемов



История возникновения телекоммуникационных структур как средств передачи сообщений на расстоянии насчитывает тысячи лет. В настоящее время каждый вид сообщений в зависимости от желаний тех, кому они предназначены, «устанавливает» свои требования к системам связи (телекоммуникационным структурам) по времени доставки сообщений, качеству восстановленного сообщения в виде, пригодном для его восприятия или преобразования. Например, при передаче двоичных сообщений (цифрового сигнала) удобно оценивать качество передачи сообщений по вероятности ошибки. В других случаях следует применять иные критерии качества в зависимости от того, в каких метрических пространствах (иногда топологических) данное сообщение было представлено. При этом следует учитывать, что исходное сообщение может быть оценено в одном метрическом пространстве, тогда как сигналы, применяемые для его передачи, являются элементами совершенно другого метрического пространства, где качественные показатели имеют иное представление и измерение.

Инфокоммуникации сочетают возможности реализации различных элементов и устройств телекоммуникационных структур в виде программ для компьютеров с возможностями объединения этих устройств, находящихся на значительных расстояниях друг от друга. По сравнению с традиционными аппаратными методами построения телекоммуникационных структур

использование компьютеров позволило существенно удешевить системы в целом, сделать их быстро изменяемыми в соответствии с разрабатываемыми новыми решениями, иметь универсальные типовые технологические решения как на этапе разработки, так и на этапе промышленного производства и внедрения. Сегодня никого не удивляют приходящие по сети Интернет обновления программного обеспечения, которые, по сути, приводят к появлению новых устройств. Бурное развитие инфокоммуникаций, их проникновение во все стороны нашей жизни способствовало существенно расширению наших возможностей получать новые информационные услуги, служащие источником очень важных и заметных последствий. В то же время не следует забывать об объективно существующих границах и ограничениях, непреодолимых на уровне наших сегодняшних представлений о физике происходящих процессов.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ КАНАЛОВ СВЯЗИ (СРЕДЫ)

Сообщения (сигналы) от источника к получателю передаются через некоторые среды (эфир, вода, твердая поверхность), в том числе через искусственно создаваемые, именуемые каналами связи. Такие каналы при рассмотрении электромагнитной волны в качестве переносчика сообщений имеют определенное описание, базирующееся на наших представлениях о происходящих процессах. Совершенно иное описание будет при рассмотрении передачи сигналов в биологических структурах, где процессы разворачиваются в биохимической сфере. Однако в любом случае существуют определенные ограничения и пределы по оценке пропускной способности.

Если рассматривать в качестве передаваемого сигнала двоичный дискретный сигнал дискретного времени, то в канале связи с полосой пропускания ΔF , мощ-

ностью сигнала P_c и мощностью флюктуационного шума P_w можно достичь следующей пропускной способности C (формула 1):

$$C = \Delta F \cdot \log \left(1 + \frac{P_c}{P_w} \right) \text{ [бит/с]}. \quad (1)$$

Эта хорошо известная формула Шеннона определила пропускную способность канала связи (среды). Кроме того, необходимо оценить скорость кодирования с помощью двоичного сигнала того или иного сообщения, порождаемого источником сообщений. Из теории информации известно, что максимально достижимая скорость кодирования R равна энтропии источника H , а точнее его эpsilon-энтропии H_ϵ , поскольку в общем случае надо говорить о представлении сообщения в виде сигнала с определенным критерием качества.

Таким образом, говоря о возможности передачи сообщений (речи, музыки, запахов и проч.), следует иметь в виду предельные ограничения, которые складываются из эpsilon-энтропии источника и возможностей канала (среды). В идеале $R = H$ или $R = H_\epsilon$. Следовательно, при передаче сигнала, отображающего сообщение по дискретному каналу дискретного времени (цифровому каналу), нужно постараться обеспечить это максимально возможное соответствие. Данная задача решается с помощью специальных методов сопряжения, например стаффинга, что на практике приводит к определенным потерям, которые обозначим через $k_{сопр}$. В результате информационная скорость передачи будет меньше пропускной способности в $k_{сопр}$ раз.

В формуле 1 приводится методика оценки энтропии и эpsilon-энтропии различных источников. Например, для дискретного сигнала непрерывного времени с относительной погрешностью отображения не больше $\sqrt[n]{\epsilon}$ эpsilon-энтропия источника равна (формула 2):

$$H_\epsilon = n [\beta + (1 - \beta_n + \beta) \log_2 (1 - \beta_n + \beta) - (1 - \beta_n) \log_2 (1 - \beta_n) - \beta_n \log_2 \beta], \quad (2)$$

где β – коэффициент, при котором выражение достигает минимального значения.

Это означает, что равномерно распределенные по длительности двоичные сигналы непрерывного времени, имеющие в своем составе минимальный по длительности элемент из n составляющих, могут иметь максимальную скорость кодирования R посредством цифрового сигнала, не больше чем выражение в формуле 2.

Реальная информационная скорость в 2–3 раза ниже пропускной способности канала (среды). В результате реальная информационная скорость в 5–10 раз ниже пропускной способности инфокоммуникационной структуры. Столь низкое ее использование в условиях огромной стоимости инфокоммуникаций требует поиска более совершенных методов. Следовательно, инфокоммуникации должны отвечать таким требованиям, как глобализация, персонализация, мобильность, интерактивность и информационная безопасность.

СПОСОБЫ КОММУТАЦИИ

Способы коммутации принято подразделять на коммутацию каналов, коммутацию сообщений и коммутацию пакетов.

При коммутации каналов после установления соединения источника с получателем происходит передача сообщений. Таким образом, задержка определяется временем распространения сигналов от источника к получателю $t_{расп.}$, а также различными задержками при обработке сигналов $t_{обр.}$. Например, при передаче речи по цифровому каналу возникает задержка в кодировании отсчетов. Дополнительно возникнет задержка при применении помехоустойчивого кода, а также систем с обратной связью как на этапе передачи, так и на этапе приема. Важно учесть, что скорость работы любых электронных устройств ограничена: не может быть больше скорости света, а в имеющихся условиях она существенно меньше.

Инфокоммуникационная структура должна стать своеобразной «умной» системой, которая на запросы пользователя будет предлагать различные варианты решения с разной стоимостью, разными качественными показателями, а после выбора со стороны пользователя обеспечивать исполнение и нести ответственность. Для осуществления подобного проекта нужен новый универсальный протокол, который позволит реализовать названное выше взаимодействие пользователей и инфокоммуникационной структуры.

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Традиционные системы связи, развернутые на земной поверхности, используют в качестве переносчика электромагнитные сигналы (волны), распространяющиеся по различным кабельным линиям связи, в том числе оптоволокну, а также через эфирное пространство. При этом в силу определенных ограничений физической среды передачи, действующих помех и различных мешающих факторов существуют пределы по скорости (пропускной способности), с чем связаны определенные качественные показатели передачи и приема сообщений. Немаловажным фактором являются также показатели стоимости тех или иных систем связи, сроки их окупаемости при соответствующих инвестициях и т.д. Приходится учитывать и огромное многообразие разных видов сигналов, которые, как отмечалось выше, предъявляют очень разные требования к системам связи, в том числе по времени и стоимости доставки контента. В этой связи возникает необходимость оценить границы применимости «космических» решений, когда инфокоммуникационная структура вынесена в космическое пространство. Это может оказаться весьма эффективным решением для тяжелого контента с большим сроком доставки.