

УДК 621.396.931

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛА СЕТИ СВЯЗИ СО МНОГИМИ АБОНЕНТАМИ ДЛЯ МЕТОДА ДОСТУПА R-NAD

Ю.А. ТИХАНОВИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 18 сентября 2004

В статье рассмотрен метод случайного доступа к сети связи со многими абонентами R-NAD. Представлена методика расчета проходимости сети. Для конкретного примера приведены результаты расчетов и моделирования. Произведена оценка эффективности использования канала сети.

Ключевые слова: случайный метод доступа, доступ в сеть связи со многими абонентами, проходимость сети, эффективность использования канала сети.

Введение

В начале 1970-х годов Норман Абрамсон из Гавайского университета изобрел способ эффективного соперничества за канал между некоординируемыми абонентами. Этот подход называется системой ALOHA; он назван так потому, что слово ALOHA — это гавайское приветствие, произносимое и при встрече, и при прощании. В своем первоначальном виде метод ALOHA использовался не в спутниковой, а в наземной радиосистеме пакетной передачи данных, но идеи этого метода применимы к любой среде передачи данных, когда абоненты соперничают за ее использование.

ALOHA является равноранговой (одноранговой) системой. Существует несколько вариантов системы ALOHA. Один из них использует протокол контроля несущей с обнаружением коллизий (Случайная ALOHA). Другой вариант может использоваться как приоритетная слотовая (с квантованием времени) система (Слотовая ALOHA). Эффективность использования канала при фиксированной загрузке абонента для системы случайная ALOHA составляет всего 0,184 [1], а для системы слотовая ALOHA — 0,368 [1]. Под загрузкой абонента будем понимать необходимость выхода абонента в канал сети, т.е. вероятность наличия информации для передачи в сеть связи.

В американском стандарте MIL-STD-188-220С от 15 марта 2002 г. был предложен способ случайного доступа в сеть связи для равноранговых абонентов R-NAD (англ. Random Network Access Delay — случайная задержка доступа в сеть). В настоящей работе предлагается оценить эффективность использования канала сети связи при способе доступа R-NAD как при фиксированной (оптимальной с точки зрения использования канала сети), так и при динамической (0...1) загрузке абонентов. Критерием оценки была принята проходимость сети — средняя скорость передачи сообщения по каналу сети, отнесенная к канальной скорости.

Сущность способа доступа в сеть связи R-NAD

Способы доступа R-NAD относятся к случайным с контролем несущей. Такие способы не исключают столкновений, а лишь уменьшают их количество за счет разнесения возможностей доступа абонентов в сеть во времени. Под доступом будем понимать передачу сообщения и его квитирование. Время на квитирование резервируется непосредственно по окончании передачи каждого адресного сообщения. Сети, организованные такими способами, являются синхронными: синхронизация осуществляется по окончании передачи.

Способ доступа R-NAD основан на выборе случайным образом каждым абонентом задержки для доступа в сеть. Задержка складывается из элементарных задержек – NAD-интервалов, следующих последовательно друг за другом во времени и составляют цикл доступа. Длительность NAD-интервала выбирается достаточной для обнаружения занятости канала сети. Количество NAD-интервалов N задается последующей формуле [2]:

$$N = \left[\frac{3}{4} \cdot a \right], \quad (1)$$

где a — количество абонентов сети; $[\]$ — округление до большего целого.

Цикл доступа организуется следующим образом: каждый абонент прослушивает сеть на предмет обнаружения передачи и по определению окончания предшествующего доступа, при необходимости передать сообщение, случайно определяют порядковый номер NAD-интервала, в котором будут осуществлять доступ в сеть (розыгрыш возможности доступа в сеть). Далее прослушивают NAD-интервалы с меньшими порядковыми номерами (если они есть) и если сеть к моменту наступления NAD-интервала с выбранным порядковым номером не занята, то осуществляют доступ, иначе повторяют попытку доступа в следующем цикле доступа. При наличии сообщения для передачи, если сеть не занята, абоненты входят в сеть без задержки доступа. Успешно переданные сообщения квитуются. Сообщения без квитанций идентифицируются как столкнувшиеся и подлежат повторной передаче в следующем цикле доступа. Количество NAD-интервалов для розыгрыша задается в соответствии со стандартом MIL-STD-188-220C по количеству абонентов сети.

Методика расчета проходимости сети связи

Согласно алгоритму доступа в сеть R-NAD, при каждой попытке доступа в сеть связи абоненты случайным образом определяют свой номер NAD-интервала для доступа в сеть, т.е. производится равное количеству абонентов сети числу независимых опытов. Под независимыми будем понимать опыты, при которых вероятность того или иного исхода каждого из опытов не зависит от того, какие исходы имели другие опыты [3].

В результате каждого опыта может появиться или не появиться некоторое событие, а именно — определенный номер NAD-интервала для доступа в сеть с вероятностью, равной обратной величине количества NAD-интервалов. Успешный доступ (без столкновений) для каждого абонента возможен лишь тогда, когда только он один выбрал для выхода в канал сети NAD-интервал с некоторым порядковым номером, а остальные — выбрали NAD-интервалы с большими порядковыми номерами, что и будет обеспечивать проходимость сети. Точнее, стоит задача определения вероятности наступления некоторого события один раз — выбор NAD-интервала с некоторым порядковым номером только одним абонентом, при условии ненаступления некоторых других событий – выбор другими абонентами NAD-интервалов с меньшими порядковыми номерами.

Успешный доступ в сеть для всех абонентов возможен во всех NAD-интервалах, поэтому проходимость сети для всех абонентов определим как сумму вероятностей успешного доступа в каждом NAD-интервале для любого из абонентов. Тогда для выполнения поставленной выше задачи будем рассматривать отдельно вероятности успешного доступа в каждом NAD-интервале и, просуммировав их, получим проходимость сети для всех абонентов.

Для успешного доступа в первом NAD-интервале необходимо, чтобы его порядковый номер выбрал только один абонент. Поскольку появление всех номеров NAD-интервалов при розы-

грыше возможности доступа равновероятно (в том числе и первого), то можно сказать, что для успешного доступа необходимо определить вероятность появления некоторого события, а именно первого номера NAD-интервала, один раз за число опытов равно количеству абонентов.

Из теории вероятности известно [3], что если производится n независимых опытов, в каждом из которых некоторое событие появляется с вероятностью p , то вероятность того, что это событие появится ровно m раз, определяется по формуле Бернулли, которая имеет вид

$$P_n(m) = C_n^m \cdot p^m \cdot q^{n-m}, \quad (2)$$

где $q = p - 1$ — вероятность не наступления того же события; $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ — число всех различных способов размещения m появлений данного события и $n-m$ непооявлений среди n опытов.

Исходя из вышесказанного, вероятность успешного доступа в первом NAD-интервале p_1 определим как вероятность появления первого номера NAD-интервала из N равновероятных ($p = \frac{1}{N}$), $m=1$ раз за $n=a$ опытов, (a — количество абонентов), причем C_n^m определим здесь как $C_a^1 = a$:

$$p_1 = a \cdot \frac{1}{N} \cdot \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{a-1}. \quad (3)$$

В этой формуле не учтена вероятность наличия сообщения для передачи у абонентов $G=0 \dots 1$, т.е. вероятность участия абонента в розыгрыше возможности доступа. Фактически это обозначает, что вероятность каждого события p при любом независимом опыте или, другими словами, вероятность выбора абонентом любого номера NAD-интервала для доступа $\frac{1}{N}$ прямо пропорционально зависит от G . Таким образом, имеем:

$$p_1 = a \cdot \frac{G}{N} \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^{a-1}. \quad (4)$$

Далее все расчеты будут приведены с учетом вероятности наличия информации у абонентов.

При рассмотрении вероятности доступа в сеть одного абонента во втором NAD-интервале нужно исходить из того, что абоненты заведомо не разыгрывают доступ при первом NAD-интервале ($N-1$), т.е. вместо значения вероятности выбора абонентом любого номера NAD-интервала для доступа $\frac{1}{N}$ в формулу войдет $\frac{1}{N-1}$.

Кроме того, успешный доступ во втором NAD-интервале обусловлен вероятностью того, что в первом (предыдущем) NAD-интервале доступ не был осуществлен другими, одним и более абонентами, иначе вероятностью того, что появление первого номера NAD-интервала из N равновероятных $m=0$ раз за $n=a$ опытов, которая по формуле Бернулли при $C_n^m = C_a^0 = 1$ равна $\left(1 - \frac{G}{N}\right)^a$.

Тогда для вероятности доступа в сеть одного абонента во втором NAD-интервале p_2 имеем:

$$p_2 = a \cdot \frac{G}{N-1} \cdot \left(1 - \frac{G}{N-1}\right)^{a-1} \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^a. \quad (5)$$

Вероятность доступа в сеть одного абонента в третьем NAD-интервале p_3 при условии, что и в первом, и во втором NAD-интервале доступ не был осуществлен другими, одним и более абонентами, определим как

$$p_3 = a \cdot \frac{G}{N-2} \cdot \left(1 - \frac{G}{N-2}\right)^{a-1} \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^a \cdot \left(1 - \frac{G}{N-1}\right)^a, \quad (6)$$

здесь $\left(1 - \frac{G}{N-1}\right)^a$ — вероятность того, что во втором NAD-интервале доступ не был осуществлен другими, одним и более абонентами.

Таким же образом находим вероятности доступа в сеть одного абонента для остальных NAD-интервалов.

Суммируя полученные выше вероятности успешного доступа в сеть для каждого NAD-интервала, получаем проходимость сети для всех абонентов S :

$$S = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{12}, \quad (7)$$

либо в развернутом виде:

$$S = a \cdot \left[\frac{G}{N} \cdot \left(1 - \frac{G}{N}\right)^{a-1} + \sum_{i=1}^{N-1} \left[\frac{G}{N-i} \cdot \left(1 - \frac{G}{N-i}\right)^{a-1} \cdot \prod_{j=0}^{i-1} \left(1 - \frac{G}{N-j}\right)^a \right] \right]. \quad (8)$$

Результаты расчетов и моделирования, оценка эффективности использования канала сети связи

При расчетах и моделировании было принято количество абонентов $a=16$, количество NAD-интервалов N (формула 1)=12, диапазон изменения загрузки абонентов $G=0 \dots 1$, с шагом 10^{-2} . Моделирование производилось на ЭВМ посредством накопления статистики в соответствии с алгоритмом метода доступа R-NAD. Результаты расчетов и моделирования приведены на рис. 1, в виде зависимости проходимости сети от загрузки абонентов.

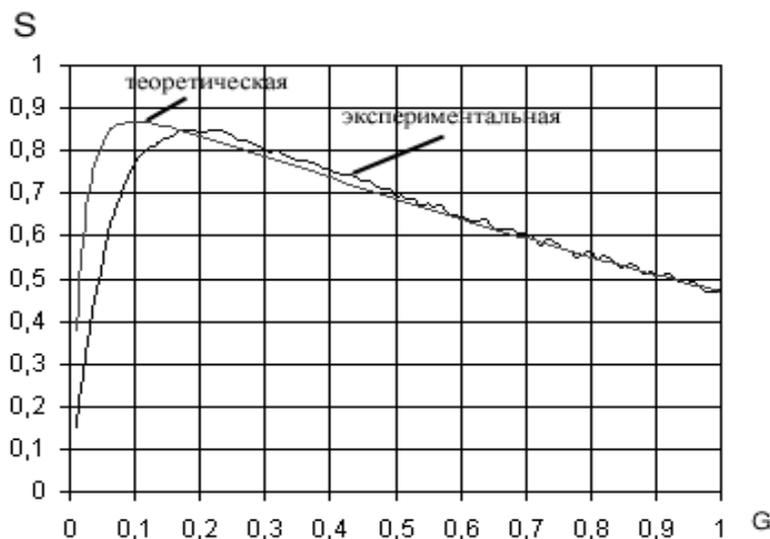


Рис. 1. Зависимость проходимости сети от загрузки абонентов

В результате расчетов было получено максимальное значение проходимости сети, а значит, и эффективности использования канала сети $S_{\max} = 0,876$ при значении загрузки абонентов $G_{\text{opt}} = 0,11$. При моделировании S_{\max} составило 0,861 при $G_{\text{opt}} = 0,19$. Расхождение максимумов при расчете и эксперименте можно объяснить тем, что ЭВМ генерирует не случайные числа, а псевдослучайные с некоторой периодичностью.

Теперь, чтобы оценить эффективность использования канала сети при динамической загрузке абонентов, изменяющейся от 0 до 1, необходимо проинтегрировать выражение 8 по G в пределах $0 \dots 1$, т.е. получим формулу

$$S_0^1 = \int_0^1 S(G)G. \quad (9)$$

При принятых условиях для расчета эффективность использования канала сети связи при динамической загрузке абонентов ($0 \dots 1$) составляет 0,674.

Заключение

Полученные значения эффективности использования канала сети справедливы для любого количества абонентов при соответствующем количестве NAD-интервалов.

Очевидно, метод доступа R-NAD демонстрирует явное превосходство перед системой ALOHA. Однако эффективность использования канала сети не единственный критерий выбора метода доступа. Так вероятность доведения и время доведения сообщения являются не менее важными величинами, которые интересуют проектировщиков сетей связи. Стоит отметить, что эти величины прямо пропорционально зависят от количества абонентов сети, причем зависимость носит нелинейный характер и требует отдельного рассмотрения.

Также следует, что при расчетах и моделировании не рассматривалась задержка доступа в сеть, которая оказывает влияние на пропускную способность сети и зависит от конкретного соотношения длительности пакета и NAD-интервала. Естественно, если длительность NAD-интервала много меньше длины пакета, то это влияние незначительно, но при соизмеримых длинах это влияние следует учитывать.

ESTIMATION OF CHANNEL USE EFFICIENCY OF COMMUNICATION NETWORK WITH MANY SUBSCRIBERS FOR R-NAD NETWORK ACCESS METHOD

Y. TSIKHANOVICH

Abstract

R-NAD method of random access to communication network with many subscribers is described. Network passability calculation method is given in the article. Results of calculations and R-NAD modeling are presented on the basis of specific example. Network channel use efficiency is estimated.

Литература

1. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. М., 2000. С. 747–751.
2. *DRAFT *R10. 15 March 2002, MIL-STD-188-220C.
3. Венцель Е.С. Теория вероятности. М., 1969.
4. Подойницын Р.Н. // Электросвязь. 2003. № 10. С. 21–24.
5. Шахнович И. // Электроника: наука, технология, бизнес. 2003. № 1. С. 38–44.