

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ О ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТАХ В ПЕРСПЕКТИВНОЙ АСУ ВОЗДУШНЫМИ СИЛАМИ

А.В. Сисков, С.Г. Шило, Г.В. Акулинин
(Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба)

Получено математическое выражение для оценки потребной пропускной способности канала связи при передаче сообщений о воздушных объектах в перспективной АСУ Воздушными Силами с учетом избыточности модемных протоколов модуляции и защиты от ошибок.

пропускная способность, протоколы модемов

Постановка проблемы. Создание перспективной АСУ Воздушными Силами (ВС) предполагает объединение локальных вычислительных сетей пунктов управления с помощью системы передачи данных [1]. При этом, особенности современного боевого применения АСУ ВС [2], обуславливают необходимость контроля потребной пропускной способности канала связи для передачи сообщений о воздушных объектах (ВО) с целью согласования производительности источника вторичной радиолокационной информации (РЛИ) с реализуемой пропускной способностью канала связи. Такой контроль является важным практическим заданием по обеспечению РЛИ потребителей в АСУ ВС. Вместе с тем, для определения потребной пропускной способности необходимо учитывать избыточность процесса передачи данных в сетях ЭВМ. Поэтому получение математического выражения для оценки потребной пропускной способности канала связи при передаче сообщений о ВО является важным научным заданием для разработки математического и программного обеспечения перспективной АСУ ВС.

Анализ литературы. Количество избыточной информации при передаче сообщений о ВО может быть рассчитано на основании правил ее формирования для конкретных функций сетевого обмена [3, 4]. Так как передача данных о ВО осуществляется с помощью модемов, то определить количество избыточной информации можно из анализа протоколов современных модемов. Такой анализ применительно к передаче сообщений о ВО в АСУ ВС в известной литературе не проводился. Таким образом, в проблеме оценки потребной пропускной способности канала связи при передаче сообщений о ВО можно выделить нерешенную ее часть: оценка избыточности протоколов современных модемов.

Целью статьи является получение математического выражения для оценки потребной пропускной способности канала связи для передачи сообщений о воздушных объектах в перспективной АСУ ВС с учетом избыточности протоколов современных модемов.

Основной материал. С функциональной точки зрения модемные протоколы могут быть разделены на следующие группы [3]:

- 1) нормы взаимодействия модема с каналом связи (V.2, V.25);
- 2) соединения и взаимодействия модема и оконечного оборудования данных (V.10, V.11, V.24, V.25, V.25bis, V.28);
- 3) модуляции (V.17, V.22, V.32, V.34, HST, ЗуХ и др.);
- 4) защиты от ошибок (V.41, V.42, MNP1-MNP4);
- 5) сжатия передаваемых данных (MNP5, MNP7, V.42bis);
- 6) процедуры диагностики модемов, испытания и измерения параметров каналов связи (V.51, V.52, V.53, V.54, V.56);
- 7) согласования параметров связи на этапе ее установления (V.8).

Анализ этих протоколов [3, 4] показывает, что избыточную информацию при передаче данных о ВО вносят модемные протоколы модуляции и защиты от ошибок. Определить ее количество можно на основании анализа конкретной реализации этих протоколов.

Для передачи данных в АСУ ВС наиболее целесообразным является использование протокола модуляции V.34bis [4]: он обеспечивает адаптивное изменение скорости передачи информации в зависимости от состояния канала в течение сеанса связи, а также использует системный подход к решению проблемы помехоустойчивости, что позволяет работать с большей скоростью, чем другие на каналах такого же качества. Фактором избыточности здесь является решетчатое кодирование, которое применяется при многопозиционной квадратурной амплитудной модуляции [3]. Решетчатое кодирование позволяет повысить помехоустойчивость при увеличении числа состояний сигнала (для повышения скорости передачи). Такой эффект достигается за счет добавления одного избыточного бита к информационному элементу (группе бит, кодируемых одним состоянием сигнала).

В стандарте V.34bis кодируемый информационный элемент является четырехмерным, так как передается двумя двумерными (амплитуда и фаза) сигналами, называемыми символами. Нововведением этого стандарта является использование иерархической кадровой структуры на физическом уровне (рис. 1, табл. 1). Распределяющие кадры, состоящие из 4-х четырехмерных информационных элементов (8 символов), объединяются в кадры данных, которые, в свою очередь, составляют суперкадр. Суперкадр имеет фиксированную длительность 280 мс. Среднее число бит в распределяющем кадре определяется по формуле:

$$B_{cp} = (R \cdot 0,28) / (J \cdot P) \quad (1)$$

Суперкадр: 280 мс

0	1	. . .	J-1
---	---	-------	-----

Кадр данных: 40 или 35 мс

0	1	. . .	P-1
---	---	-------	-----

Распределяющий кадр

0	1	2	3
---	---	---	---

Четырехмерный инф. элемент

0	1
---	---

Рис. 1. Формат кадров V.34bis

Таблица 1

Параметры кадров V.34bis

Скорость символов, симв./с	J	P
2400	7	12
2743	8	12
2800	7	14
3000	7	15
3200	7	16
3429	8	15

где V_{cp} – среднее число бит в распределяющем кадре, бит; R – скорость передачи, бит/с; J – количество кадров данных в суперкадре (табл.1); P – количество распределяющих кадров в кадре данных (табл. 1).

Так как распределяющий кадр состоит из 4-х четырехмерных информационных элементов, каждый из которых привносит по одному избыточному биту, то можно определить коэффициент избыточности модуляции как отношение длины распределяющего кадра с добавлением 4-х бит к первоначальной его длине:

$$K_M = (B_{cp} + 4) / B_{cp}, \quad (2)$$

Так как B_{cp} зависит от символьной скорости (1), то и K_M будет иметь свое значение для каждой символьной скорости (табл. 1).

Таким образом, с помощью коэффициента K_M (2) можно определить количество избыточной информации модуляции относительно количества входной информации, поступающей на модулятор. Вместе с тем, в составе входной информации находится служебная информация протокола коррекции ошибок. Определить ее количество можно исходя из анализа конкретной реализации протокола защиты от ошибок.

Исправление ошибок при передаче данных о ВО целесообразно организовать по протоколу V.42. Этот протокол имеет статус международного стандарта, и его поддерживают все современные модемы. Сравнительные преимущества V.42 заключаются в повышенной скорости передачи по плохим телефонным каналам и хорошей согласованности с другими стандартами исправления ошибок. Кроме того, наличие адресного поля в формате кадра V.42 открывает возможности для многоточечного соединения. Таким образом, избыточность протокола защиты от ошибок можно определить с помощью стандарта V.42. Анализ такой избыточности проведен

в [5] и составляет для одного сообщения о ВО 7 байт (начальный флаг и конечный флаг (по 1 байту каждый); поле адреса (1 байт); управляющее поле (2 байта); контрольная последовательность кадра (2 байта)).

Вместе с тем, между начальным и конечным флагом могут оказаться данные, совпадающие с кодом флага. Поэтому, для обеспечения прозрачности данных внутри кадра на передающей стороне используется процедура вставки нулевого бита (битстаффинг) после кодовой последовательности из пяти единиц. Максимальная избыточность, порожденная этой процедурой, составляет 20% от исходного информационного размера кодограммы в том случае, если кодограмма о ВО состоит только из единичных бит. Вероятностная оценка процедуры битстаффинга также проведена в работе [5] и представлена в табл. 2.

Таблица 2

Вероятностная оценка избыточности процедуры битстаффинга

Размер кадра, бит	5 – 15	16 – 36	37 – 62	63 – 92	93 – 126	127 – 150
Избыточность $I_{\text{б}}$, бит	1	2	3	4	5	6

Таким образом, исходя из результатов анализа факторов избыточности информации при передаче данных о ВО (табл. 2, 3), можно определить полный размер кода, выдаваемого в канал, при передаче одного сообщения о ВО:

$$\Pi = (L + I_{\text{к}} + I_{\text{б}}) \cdot K_{\text{м}},$$

где Π – полный размер кода, бит; L – исходный размер одной кодограммы о ВО, бит; $I_{\text{к}}$ – избыточность протокола коррекции ошибок, бит; $I_{\text{б}}$ – избыточность процедуры битстаффинга, бит.

Потребную пропускную способность канала при передаче n сообщений за период обновления информации о ВО можно определить так:

$$C_{\text{потр}} = \sum_{i=1}^n \Pi_i / T,$$

где $C_{\text{потр}}$ – потребная пропускная способность канала, бит/с; T – период обновления информации о ВО, с.

Выводы. Научный результат проведенного исследования состоит в получении математического выражения для оценки потребной пропускной способности канала связи при передаче сообщений о ВО в перспективной АСУ ВС с учетом избыточности модемных протоколов модуляции и защиты от ошибок. Практическим результатом исследования является обеспечение контроля потребной пропускной способности канала связи при передаче сообщений о ВО для согласования производительности источника вторичной РЛИ с реализуемой пропускной способностью канала связи.

Таблица 3

Оценка факторов избыточности при передаче одного сообщения о ВО

V, бит/с.	I _к , бит	K _М для разных символьных скоростей (симв/с.)					
		2400	2743	2800	3000	3200	3429
2 400	56	1,5	–	–	–	–	–
4 800	56	1,25	1,29	1,29	1,31	1,33	1,36
7 200	56	1,17	1,19	1,19	1,21	1,22	1,24
9 600	56	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18
12 000	56	1,1	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14
14 400	56	1,08	1,09	1,1	1,1	1,11	1,12
16 800	56	1,07	1,08	1,08	1,09	1,1	1,1
19 200	56	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09
21 600	56	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
24 000	56	–	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07
26 400	56	–	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
28 800	56	–	–	–	1,05	1,06	1,06
31 200	56	–	–	–	–	1,05	1,05
33 600	56	–	–	–	–	–	1,05

Перспективами дальнейших исследований является усовершенствование методов согласования производительности источников вторичной РЛИ с реализуемой пропускной способностью канала связи на основе контроля потребной пропускной способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нізієнко Б.І., Войтович С.А., Грачов В.М., Бодяк О.С. Концептуальні основи створення перспективної АСУ протиповітряною обороною і авіацією ЗС України // Системи озброєння і військова техніка. – 2005. – Вип. 2 (2). – С. 75-79.
2. Сисков А.В. Методы адаптивной выдачи радиолокационной информации в АСУ ПВО // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вип. 1 (39). – С. 52-54.
3. Лагутенко О.И. Современные модемы. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 344 с.
4. Олифер Л.М, Олифер М.Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2000. – 500 с.
5. Сисков А.В., Шило С.Г., Акулинин Г.В. Імовірнісне оцінювання надлишковості процедури бітстафінгу при передачі даних в перспективних АСУ Повітряних Сил // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – Вип. 1. – С. 95-97.

Поступила 10.03.2006

Рецензент: доктор технических наук, профессор Е.И. Бобыр,
Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба.