

МЕТОД ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ О КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКАХ ДЛЯ СЖАТИЯ СООБЩЕНИЙ О ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТАХ В АСУ ВОЗДУШНЫМИ СИЛАМИ

А.В. Сисков¹, П.Г. Бердник², А.Н. Бесчасный¹
(¹Харьковский университет Воздушных Сил,
²Харьковский национальный университет им. Каразина)

Для повышения эффективности сжатия методом исключения неизменившихся групп признаков из сообщений в формате протокола ASTERIX предложено оптимальное группирование качественных признаков на основе частоты их изменения по критерию максимума математического ожидания (м.о.) количества неизменившихся групп.

сжатие данных, сообщение о воздушном объекте, протокол ASTERIX

Постановка проблемы. Функционирование АСУ Воздушными Силами (ВС) в условиях боевых действий имеет ряд особенностей [1]:

- резкое возрастание плотности потока сообщений о воздушных объектах (ВО) в АСУ в результате массированного применения ВО;
- уменьшение количества стационарных узлов связи и каналов передачи данных (ПД) в результате их огневого подавления;
- снижение пропускной способности радиоканалов ПД (вплоть до прекращения связи) в результате радиоэлектронного подавления;
- увеличение плотности потока сообщений на обходных маршрутах из-за огневого и радиоэлектронного подавления элементов сети ПД.

Указанные особенности могут привести к недостаточной пропускной способности сети ПД в АСУ ВС. Поэтому сжатие сообщений о ВО является важным практическим заданием по обеспечению радиолокационной информацией (РЛИ) потребителей в АСУ ВС. В настоящее время существует огромное количество методов сжатия при передаче данных [2] и число их продолжает расти. Это обусловлено тем, что повышение эффективности сжатия требует максимального учета специфики передаваемых данных для каждого конкретного практического случая. Поэтому разработка специальных методов сжатия данных для сообщений о ВО является важным научным заданием.

Анализ литературы. Информационные элементы в сообщении о ВО по характеру сведений можно разделить на следующие группы [3]:

- качественные признаки (тип, вид помех, новизна трассы и т.п.);

– количественные параметры ВО (координаты, скорость и т.п.).

© А.В. Сисков, П.Г. Бердник, А.Н. Бесчасный

66 ISSN 1681-7710. СИСТЕМЫ ОБРОБКИ ИНФОРМАЦІЇ, 2005, ВИПУСК 8 (48)

знаков ВО на основе их исключения из сообщения, если они не изменились. Реализовать механизм исключения неизменившихся признаков из сообщения позволяет международный протокол обмена РЛИ ASTERIX [4]. Он предусматривает переменную структуру сообщений о ВО за счет специального поля спецификации (FSPEC), которое содержится в формате сообщения, представленного на рис. 1. Это поле содержит последовательность бит, указывающих о наличии или отсутствии связанных с ними полей данных из заранее определенного каталога данных.

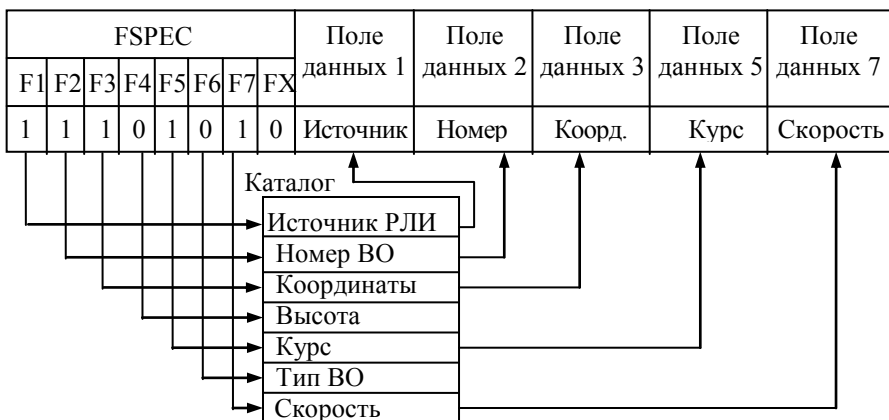


Рис. 1. Формат сообщения о ВО для протокола ASTERIX

Вместе с тем, поля данных, отражающие качественные признаки РЛИ, имеют, как правило, небольшой размер (1 – 3 бита). Это снижает эффективность их представления в поле спецификации формата ASTERIX, так как для каждого элемента выделяется один заявочный бит. Поэтому, целесообразно разделить качественные признаки РЛИ на группы при их представлении в поле спецификации. При этом группа признаков будет считаться изменившейся, если хотя бы один признак изменил свое значение. Сжатие информации предлагается осуществлять за счет исключения из сообщений неизменившихся групп качественных признаков. Таким образом, в проблеме сжатия данных о качественных признаках ВО можно выделить нерешенную ее часть: группирование качественных признаков в сообщении формата ASTERIX для повышения эффективности сжатия.

Цель статьи. Для обеспечения максимального коэффициента сжатия при таком подходе следует разработать эффективный способ формирования таких групп. Так как изменение качественных признаков в сообщении о ВО носит вероятностный характер, то способ формирования групп должен

априорно обеспечивать максимальное среднее число неизменившихся групп. Очевидно, что вероятность изменения группы признаков будет зависеть от вероятностей изменения отдельных признаков, входящих в эту группу. Получить значения этих вероятностей можно с помощью оценки статистической вероятности события, состоящего в том, что не произойдет изменение значения соответствующего признака между периодами обновления сообщений о ВО. Получить такую оценку можно на основании анализа информационного потока сообщений о ВО при проведении учений ВС. Таким образом, целью исследования является определение правила оптимального группирования качественных признаков в сообщениях о ВО по критерию максимума математического ожидания количества неизменившихся групп для повышения эффективности сжатия сообщений в формате ASTERIX.

Основной материал. В качестве исходной посылки для решения задачи будем использовать следующее предположение: однобитовые признаки с большой частотой изменения и признаки с малой частотой изменения должны быть разнесены по разным группам, чтобы часто меняющиеся признаки не влияли на сжатие других групп. Тогда для формирования таких групп предлагается произвести сортировку признаков по возрастанию вероятности неизменения их значений q_i между периодами обновления сообщений о ВО, а затем в полученном списке выделить подряд идущие признаки в группы по байту:

$$q_1 < q_2 < \dots < q_n; [q_1, \dots, q_8], [q_9, \dots, q_{16}], \dots, [q_{n-7}, \dots, q_n]. \quad (1)$$

Оценим оптимальность такого распределения признаков по группам. Так как признаки ВО независимы, то м.о. m количества сокращенной признаковой информации в сообщении о ВО равно сумме м.о. количества сокращенной признаковой информации в сформированных группах. Так как группа признаков сокращается только в том случае, если ни один признак в ней не изменился, то м.о. количества сокращенных бит в j -й группе равно:

$$m_j = 0 \cdot P_j + 8 \cdot Q_j = 8 \cdot \prod_{i=1}^8 q_{ij}, \quad (2)$$

где P_j – вероятность события: в j -й группе изменится хотя бы один признак; Q_j – вероятность события: в j -й группе не изменится ни один признак. Тогда м.о. количества сокращенной признаковой информации в сообщении

$$m = \sum_{j=1}^{n/8} m_j = \sum_{j=1}^{n/8} \left[8 \cdot \prod_{i=1}^8 q_{ij} \right]. \quad (3)$$

Необходимо доказать, что предложенная компоновка групп признаков обеспечивает максимум m . Это утверждение соответствует тому, что

любая перестановка признаков между группами, например, $q_8 \leftrightarrow q_9$, приведет к уменьшению $\sum \prod q_{ij}$ в выражении:

$$\sum \prod q_{ij} = [q_1 \times q_2 \times \dots \times q_8] + [q_9 \times q_{10} \times \dots \times q_{16}] + \dots + [q_{n-7} \times \dots \times q_n]. \quad (4)$$

Так, например, при перестановке местами признаков $q_8 \leftrightarrow q_9$ первое слагаемое в выражении (4) увеличится, а второе уменьшится, так как $q_8 < q_9$. Первое слагаемое в (4) увеличится на величину Δ_1 :

$$\Delta_1 = (q_1 q_2 q_3 q_4 q_5 q_6 q_7) q_9 - (q_1 q_2 q_3 q_4 q_5 q_6 q_7) q_8 = \prod_{i=1}^7 q_i \times (q_9 - q_8). \quad (5)$$

Второе слагаемое уменьшится на величину Δ_2 :

$$\Delta_2 = q_9 (q_{10} q_{11} q_{12} q_{13} q_{14} q_{15} q_{16}) - q_8 (q_{10} q_{11} q_{12} q_{13} q_{14} q_{15} q_{16}) = \prod_{i=10}^{16} q_i \times (q_9 - q_8). \quad (6)$$

Согласно (5) и (6) выражение (4) изменится на величину Δ :

$$\Delta = \Delta_1 - \Delta_2 = \prod_{i=1}^7 q_i \times (q_9 - q_8) - \prod_{i=10}^{16} q_i \times (q_9 - q_8) = (q_9 - q_8) \times \left(\prod_{i=1}^7 q_i - \prod_{i=10}^{16} q_i \right) < 0. \quad (7)$$

Величина $\Delta < 0$ в выражении (7), так как $\left(\prod_{i=1}^7 q_i - \prod_{i=10}^{16} q_i \right) < 0$, по

правилу сортировки признаков (1). Следовательно, м.о. количества сокращенной признаковой информации в сообщении о ВО (3) уменьшится.

Таким образом, предложенный принцип формирования групп качественных признаков по формуле (1) обеспечивает максимум м.о. числа неизменившихся групп в сообщениях о ВО, что соответствует максимальной эффективности сжатия информации о качественных признаках в сообщениях о ВО.

В приведенных выше рассуждениях предполагалось, что размер качественных признаков информационных элементов равен одному биту. Вместе с тем, реальные признаки могут иметь и больший размер. Поэтому необходимо учитывать при формировании признаков групп не только вероятность неизменения признаков, но и их размер. В таких случаях предлагается использовать следующий прием: можно представить значение вероятности неизменения k -битового признака $Q^{(k)}$ в виде произведения одинаковых значений вероятностей неизменения каждого бита этого признака:

$$Q^{(k)} = \prod_{i=1}^k \sqrt[k]{Q^{(k)}} = \prod_{i=1}^k q, \quad (8)$$

где q – вероятность неизменения одного бита признака.

Теперь k -битовый признак можно рассматривать как k однобитовых признаков с одинаковыми вероятностями их неизменения q . Хотя вероятно-

сти неизменения битов в k -битовом признаке в общем случае не равны, но благодаря искусственно введенному равенству этих вероятностей по формуле (8), при сортировке признаков по предложенному принципу эти k бит окажутся вместе, т.е. k -битовый признак не распадется. Достоверность такого искусственного приема обусловлена тем, что в предложенном методе сжатия признаковой информации можно абстрагироваться от вероятности неизменения отдельных битов в k -битовом признаке, важна лишь вероятность неизменения значения этого признака. При этом можно предполагать любые значения вероятностей неизменения битов в k -битовом признаке, лишь бы их произведение было равно $Q^{(k)}$. Таким образом, k -битовый качественный признак будет отсортирован как с учетом вероятности его неизменения, так и с учетом своего размера.

Может оказаться, что при побайтном формировании признаковых групп из отсортированного списка признаков часть k -битового признака выйдет за рамки одной группы (байта) и перейдет в следующую группу. В таком случае необходимо переместить k -битовый признак в одну из групп с помощью побитного сдвига таким образом, чтобы было минимальное уменьшение м.о. количества сокращенной признаковой информации в сообщении о ВО. Конкретных рекомендаций по выбору направления перемещения k -битового признака получить не удастся, ввиду необходимости учета при этом значений q_i для каждой конкретной реализации списка признаков.

Выводы. Научный результат проведенного исследования состоит в усовершенствовании метода сжатия качественных признаков в сообщении о ВО в формате ASTERIX за счет оптимального группирования качественных признаков по критерию максимума математического ожидания количества неизменившихся групп. Практическим результатом исследования является повышение эффективности сжатия сообщений о ВО, что способствует полному обеспечению РЛИ потребителей в АСУ ВС в условиях военного времени.

Перспективами дальнейших исследований является использование адаптивного состава групп признаковой информации, так как вероятности изменения отдельных признаков могут меняться в ходе налета. Это потребует разработки метода динамического оценивания статистической вероятности изменения признаков, а также протокола передачи служебной информации о составе признаковых групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сисков А.В. Методы адаптивной выдачи радиолокационной информации в АСУ ПВО // *Збірник наукових праць*. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вип. 1 (39). – С. 52 – 54.
2. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолін, А. Ратушняк и др. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.
4. EUROCONTROL STANDARD DOCUMENT FOR RADAR DATA EXCHANGE, Part 1 – All Purpose Structured Eurocontrol Radar Information Exchange

(ASTERIX), (Ref: SUR.ETI.ST05.2000-STD-01-01), November 1997, 59 p.

Поступила 30.08.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор Б.А. Демидов,
Харьковский университет Воздушных Сил.
