

УДК 621.396

В. А. Ненашев*

кандидат технических наук, доцент

* Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

МЕТОД СЖАТИЯ ПОТОКОВ КАДРОВ В ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

В настоящее время актуальны задачи разработки и совершенствования новых методов представления, сжатия в целях хранения или передачи, а также помехоустойчивого кодирования потока радиолокационных кадров (РЛК) высокого разрешения, имеющих общую математическую основу. В данной работе представлен метод сжатия видеопотока РЛК, который поможет решить проблему большого объема занимаемой памяти на борту беспилотного летательного аппарата и поэтому является актуальной задачей для реализации современных малогабаритных бортовых радиолокационных станций. Данный результат позволит организовать высокоскоростную сеть, состоящую из малых летательных аппаратов (и наземного пункта) и обеспечивающую передачу данных и комплексную обработку потоков радиолокационных кадров.

Ключевые слова: малые летательные аппараты, сжатие потоковой информации, малогабаритные бортовые радиолокационные станции, радиолокационные системы, высокое разрешение, синтезирование апертуры антенны.

V. A. Nenashev*

PhD, Tech., Associate Professor

* St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

METHOD OF FRAME STREAM COMPRESSION IN A SPATIALLY DISTRIBUTED SYSTEM OF SMALL-SIZE AIRBORNE RADARS

At present, the problems of development and improvement of new methods of representation, compression for storage or transmission, as well as noise-resistant coding of high-resolution radar frame stream (RFS), which have a common mathematical basis, are urgent. This paper presents a method for compressing the radar video stream, which will help solve the problem of a large amount of occupied memory on board an unmanned aerial vehicle and therefore is an urgent task for the implementation of modern small-sized airborne radar stations (ARS). This result will make it possible to organize a high-speed network consisting of small aircraft and a ground station and providing data transmission and complex processing of radar frame streams.

Keywords: small aircraft, compression of streaming information, small-sized airborne radars, radar systems, high resolution, antenna aperture synthesis.

Введение

В настоящее время актуальны задачи разработки и совершенствования новых методов представления, сжатия в целях хранения или передачи, а также помехоустойчивого кодирования потока радиолокационных кадров (РЛК) высокого разрешения, имеющих общую математическую основу.

Сжатие информации используют для решения таких задач, как передача в пространстве или передача во времени. Время передачи информации в пространстве напрямую зависит от объема передаваемой информации и именно поэтому данные необходимо сжимать, и чем

выше сжатие, тем меньше времени для этого потребуется. С передачей во времени стоит вопрос рационального использования ресурсов, т. е. объема занимаемой памяти для хранения, где данную проблему также решает сжатие.

При обзоре местности с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), в целях экологического мониторинга, требуется формировать поток РЛК высокого разрешения и далее, при передаче данной формируемой информации, сжимать данный поток в целях реализации режима реального времени [1, 2].

В пространственно-распределенных системах (ПРС) группы малых летательных аппаратов (МЛА) [3], как правило, осуществляется ин-

тенсивный обмен данными, включая РЛК земной поверхности высокого разрешения, что является информацией большого объема.

Кроме проблемы сжатия информации в реальном масштабе времени, существует проблема сокрытия передаваемых данных в целях ее защиты от несанкционированного доступа в каналы связи между МЛА. Для сокрытия передаваемой цифровой визуальной информации, включая РЛК, ее следует преобразовать к шумоподобному виду. При этом объем передаваемых данных должен быть наименьшим, т. е. информация должна быть сжата. На приемной стороне происходит декомпрессия преобразованного к шумоподобному виду РЛК, и осуществляется процесс восстановления данного кадра из шумоподобного вида к первоначальному [3].

На принимающей стороне, в свою очередь, при приеме преобразованного изображения производится декомпрессия преобразованного РЛК. Осуществляемое восстановление изображения преобразуется к исходному виду. При этом передаваемые данные необходимо защитить от несанкционированного доступа, для чего необходимо выделять дополнительные вычислительные ресурсы на специализированные соответствующие методы, особенно в системах реального времени.

Учитывая тот факт, что объем и качество формируемых и передаваемых между МЛА данных является одним из ключевых аспектов при реализации ПРС, задача разработки и исследования специализированного метода сжатия и преобразования для РЛК требует отдельного внимания.

Разрабатываемый метод сжатия потока РЛК должен реализовать процесс сжатия данных при условии сохранения качества передаваемых преобразованных данных, а также учитывать особенности функционирования и формирования радиолокационных данных в малогабаритных бортовых РЛС ПРС.

Пространственно-распределенная система комплексной обработки данных

В пространственно-распределенной системе следует реализовать сеть, обеспечивающую высокоскоростной обмен и комплексную обработку различных видов информации, включая РЛК высокого разрешения, навигационную информацию и т. д. Для эффективной передачи внутри этой распределенной системы предусмотрено сжатие указанной информации с использованием модифицированных методов

с учетом особенностей работы с РЛК [3–8]. То есть эти процессы обработки и передачи информации предполагается осуществлять на основе модификаций методов сжатия, которые адаптированы под специфику работы с радиолокационными кадрами.

МЛА и их группа применяются для выполнения многих задач обзора земной поверхности, в частности, картографирования в целях построения виртуальных моделей местности, оценки состояния сельхозугодий, при поисково-спасательных оперативных операциях и обзоре труднодоступных территорий [9].

Существенным критерием гарантии выполнения подобных задач является обеспечение функционирования системы мониторинга в реальном масштабе времени в условиях возможных деструктивных воздействий на каналы передачи данных [10, 11].

Таким образом, для организации интенсивной системы связи между МЛА в ПРС следует определить тип формируемых данных в аппаратуре БРЛС на борту МЛА. Обычно это РЛК высокого разрешения.

Центр управления и комплексной обработки информации от распределенной группы МЛА принимает поток РЛК, освещаемых территорий под различными ракурсами, что позволяет выполнить картографирование [12] и классификацию зон и объектов с требуемой точностью.

Следует отметить, что для успешной реализации этих процессов необходимо одновременно применять специализированные методы сжатия и преобразования с целью организации помехозащищенности для передаваемых между аппаратурой МЛА РЛК формируемого потока.

Сжатие радиолокационных изображений для интенсивного обмена информацией в каналах пространственно-распределенных систем

Решение задачи повышения разрешения включает в себя разработку и применение новых, а также модификацию имеющихся методов сжатия и разработку новых помехоустойчивых преобразований для потока РЛК. Для сохранения исходного качества при передаче РЛК при высокоскоростном обмене информацией предлагается оценивать сжатый РЛК метриками качества на борту МЛА. Известно, что применение процедуры сжатия с потерями, позволяет достичь более высокого процента сжатия преобразуемых для передачи данных по сравнению со

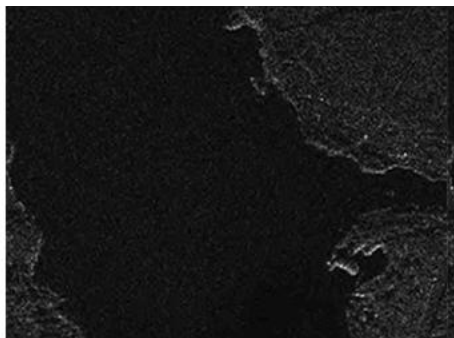


Рис. 1. Тестовый РЛК потока

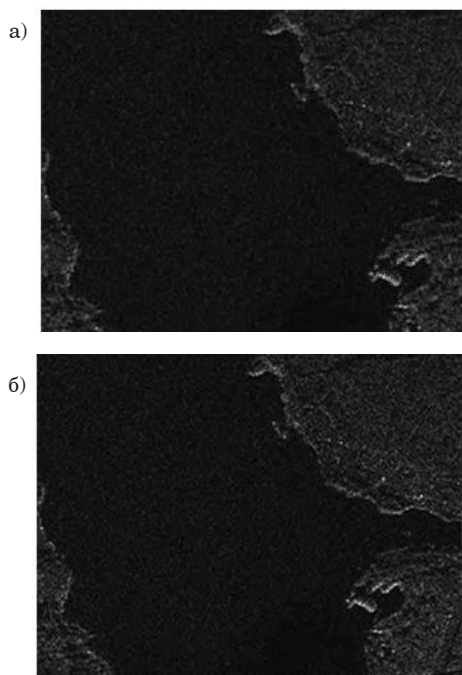


Рис. 2. Восстановленный РЛК, полученный декодированным способом:
а – с потерями, б – без потерь

сжатием без потерь. Этот подход также способен обеспечить компромисс между требованиями к качеству восстановленных РЛК потока и требуемым процентом сжатия, что позволяет разрабатывать методы сжатия, ориентированные на конкретные прикладные задачи, в частности, для задачи обозначенной в данной работе. Для обеспечения эквивалентности экспериментов по сжатию РЛК без потерь и с потерями использовался один и тот же процент сжатия. Тестовый РЛК, полученный бортовой аппаратурой малогабаритной РЛС, представлен на рис. 1.

На рис. 2 показан восстановленный РЛК после сжатия на основе применения процедуры сжатия с потерями (рис. 2, а) и без них (рис. 2, б).

После расчета объема передаваемой информации вычисляется оценка процента сжатия для каждой из процедур, затем осуществляется их сравнение.

Сопоставление между исходными РЛК, сформированными в процессе мониторинга аппаратурой МЛА, и РЛК, полученными в результате реализации процедуры сжатия, показывает, что при их декомпрессии после сжатия более чем 2,73 раза преобразованное к исходному виду РЛК соответствует приемлемым метрикам качества РЛК в случае применения процедур как с потерями, так и без них. Однако алгоритм сжатия без потерь ограничен в требуемом коэффициенте сжатия, превосходящим 2,73, из чего следует, что для поставленной в работе задачи целесообразно применять процедуру сжатия с потерями.

Заключение

В данной работе реализован метод сжатия РЛК-потока, сформированного на борту МЛА для реализации интенсивного обмена в пространственно-распределенной системе группы малогабаритных БРЛС. Этот результат позволяет реализовать высокоскоростную сеть, состоящую из МЛА и наземного пункта, и тем самым обеспечивает передачу и комплексную обработку потоков радиолокационных кадров.

Полученные результаты легко распространяются для отработки методов сжатия, кодирования сформированных РЛК, записанных в ходе реальных испытаний.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-79-00303).

Список источников

1. Mahafza B. R. Radar systems analysis and design using MATLAB // Chapman and hall/CRC. 2016. № 3. P. 743. Doi: <http://dx.doi.org/10.1201/b14904>.
2. Ji Z., Prokhorov D. Radar-vision fusion for object classification // 11th International conference on information fusion. 2008. P. 1–7.
3. Ненашев В. А., Сергеев А. М., Васильев И. А. Моделирование сложных кодо-модулированных сигналов для современных систем обнаружения и передачи информации // Научная сессия ГУАП: сб. докл. науч. сессии, посвящ. Всемирному дню авиации и космонавтики (Санкт-Петербург, 8–12 апр. 2019 г.): в 3 ч. Ч. II. СПб.: ГУАП, 2019. С. 413–417.
4. Comparative characteristics of anti-collision processing of radio signal from identification tags on

surface acoustic waves / A. P. Sorokin [et al.] // Information and control systems. 2019. № 1 (98). P. 48–56. Doi: 10.31799/1684-8853-2019-1-48-56.

5. *Nenashev V. A., Shepeta A. P., Kryachko A. F.* Fusion radar and optical information in multiposition on-board location systems // 2020 wave electronics and its application in information and telecommunication systems (WECONF – 2020) (SPb., 1–5 June 2020). SPb., 2020. P. 9131451. DOI: 10.1109/WECONF48837.2020.9131451.

6. Патент № 2703996 С2 Российская Федерация, МПК G01S 13/90. Способ локации целей в передних зонах обзора бортовых радиолокационных станций двухпозиционной радиолокационной системы / Г. А. Коржавин, В. А. Ненашев, А. П. Шепета [и др.]; заявитель Акционерное общество «Концерн „Гранит-Электрон“». № 2019108828. Заявл. 26.03.2019; опубл. 23.10.2019.

7. *Махлин А. М., Ненашев В. А., Шепета А. П.* Сравнительные характеристики квазиоптимальных цифровых обнаружителей сверхширокополосных сигналов // Волновая электроника и ее применения в информационных и телекоммуникационных си-

стемах: XXI Междунар. молодеж. конф. (СПб., 1–5 окт. 2018 г.). СПб.: ГУАП, 2018. С. 257–264.

8. *Ненашев В. А., Ханьков И. Г.* Формирование комплексного изображения земной поверхности на основе кластеризации пикселей локационных снимков в многопозиционной бортовой системе // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20, № 2. С. 302–340. DOI: 10.15622/ia.2021.20.2.3.

9. *Raol J. R.* Multi-sensor data fusion with MATLAB. CRC Press, 2009. 534 p. Doi: <http://dx.doi.org/10.1201/9781439800058>.

10. *Toro G. F., Tsourdos A.* UAV sensors for environmental monitoring. Belgrade: MDPI, 2018. 661 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/books978-3-03842-754-4>.

11. Novel radar techniques and applications. Vol. 1: Real aperture array radar, imaging radar and passive and multistatic radar. London: Scitech publishing, 2017. Doi: http://dx.doi.org/10.1049/sbra512f_pti.

12. *Ненашев В. А., Сенцов А. А., Куюмчев Г. В.* Моделирование процесса формирования радиолокационного изображения высокого разрешения в бортовых РЛС // Вопросы радиоэлектроники. 2013. Т. 2, № 3. С. 48–56.