

Земли // Актуальные проблемы ракетно-космической техники (VII Козловские чтения) // Изд-во СамНЦ РАН. 2021. С. 84-86.

4. Черкесов Г.Н. Живучесть и отказобезопасность ответственных технических систем // Проектирование и технология электронных средств. 2015. № 1. С. 15-24.

5. Мухачёв П.А., Садретдинов Т.Р., Притыкин Д.А., Иванов А.Б., Соловьев С.В. Современные методы машинного обучения для анализа технического состояния космических аппаратов по данным телеметрической информации // Автоматика и телемеханика. 2021. № 8. С. 3-38.

Шнейдмиллер Виктор Робертович, асп. гр. АЗ_2.2.15 каф. РЭС, frostsrost252@mail.ru.

УДК 621.396

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЁТОК С НАПРАВЛЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ПЕЛЕНГАЦИИ СО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕМ

И.В. Пешков, Н.А. Фортунова, А.Ю. Дорохин
ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»,
г. Елец

Ключевые слова: цифровая антенная решетка, пеленгация, сверхразрешение, MUSIC.

Предложен алгоритм проектирования антенных решеток (АР) из направленных элементов для радиопеленгации со сверхразрешением. Поскольку алгоритмы обработки сигналов достигли предела точности, дальнейшее улучшение характеристик систем (пропускная способность, вероятность ошибки) зависит от физических параметров АР. Известно, что на пространственный псевдоспектр сильно влияют несколько факторов, таких как взаимное расположение антенных элементов, их количество и форма диаграмм направленности. В работе предложена процедура построения антенных решёток для пеленгации со сверхразрешением.

В основе современных беспроводных систем (в частности, стандарта 5G) лежит использование многоантенных технологий для пространственного анализа сигналов. Ключевую роль в таких решениях играет пеленгация (оценка угловых координат), необходимая для точного формирования диаграммы направленности [1]. Главным ограничивающим фактором здесь выступают разрешающая способность и точность измерений, которые напрямую зависят от апертуры (размера) антенной решетки [2].

Согласно [3], точность оценивания (дисперсия оценок) в значительной степени зависит от двух физических параметров: коэффициента усиления антенных элементов и эффективной площади антенной решетки. Общая схема проектирования цифровой антенной решетки (ЦАР) отражена на рисунке 1.

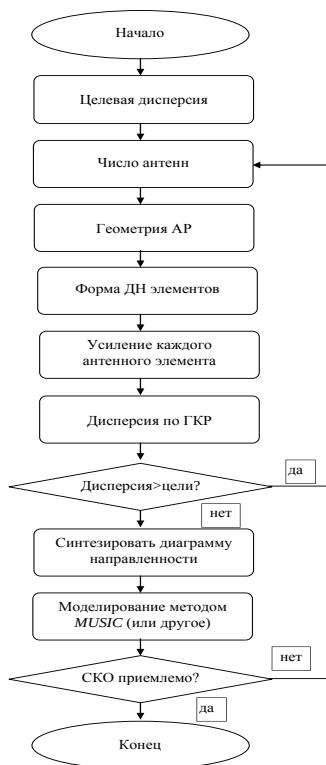


Рисунок 1 - Алгоритм проектирования ЦАР со сверхразрешением

Процедура проектирования стартует с выбора начального количества антенных элементов N (и, соответственно, числа каналов обработки). Данный выбор обусловлен массогабаритными ограничениями, а также ожидаемым количеством источников сигнала. Далее следует итеративный расчет нижней границы дисперсии оценок угловых координат. Этот расчет опирается на диаграммы направленности отдельных излучателей. Критерием остановки итераций служит достижение требуемой точности, предъявляемой алгоритмом пеленгации (например, MUSIC или его аналогами).

Заключение.

В статье описан метод проектирования цифровых антенных решеток для оценки координат со сверхразрешением. Этот метод основан на нижней границе Крамера-Рао, которая учитывает диаграммы направленности антенных элементов решетки. Суть заключается в том, что меньшее количество антенных элементов может быть компенсировано их большим коэффициентом усиления.

Список использованных источников

1. Yang, B. Digital Beamforming-Based Massive MIMO Transceiver For 5g Millimeter-Wave Communications / B. Yang, Z. Yu, J. Lan, R. Zhang [et al.] // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2018. – Vol. 66, № 7. – P. 3403–3418. – DOI: 10.1109/TMTT.2018.2829702.

2. Нечаев, Ю. Б. Исследование цифрового диаграммообразования для оптимального помехо- и шумоподавления в антенных решетках различной формы с направленными излучателями / Ю. Б. Нечаев, И. В. Пешков // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2022. – Т. 25, № 2. – С. 73-82. – DOI 10.18469/1810-3189.2022.25.2.73-82.

3. Пешков, И. В. Способ построения двухэлементной цифровой антенной решетки для оценки угловых координат радиосигналов со сверхразрешением с повышенной точностью на основе нижней границы Крамера-Рао / И. В. Пешков // Журнал радиоэлектроники. – 2024. – № 2. – DOI 10.30898/1684-1719.2024.2.11.

Пешков Илья Владимирович, к.физ.-мат.н., доцент, ilvpeshkov@gmail.com
Фортунова Наталья Александровна, к.т.н., доцент, зав. каф., fortuna@elsu.ru.
Дорохин Александр Юрьевич, асп., dorohin.alexandr48region@gmail.com

УДК 621.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТАНОВОК АВТОМАТИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ИНСПЕКЦИЙ

А.С. Артюшина, В.А. Зеленский

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Контроль паяных соединений печатной платы необходим для правильной работы электрической схемы, повышения надежности и срока службы изделия. Визуальный контроль играет большую роль в проверке паяных соединений и выявлении недостатков. В настоящее время для контроля используются два метода – ручная и автоматическая оптические инспекции. Наибольший интерес представляет второй способ, являющийся целью данного исследования.

В простом варианте автоматическая оптическая инспекция (АОИ) представляет собой установку, оснащенную оптическим увеличивающим оборудованием, камерами и блоком анализа изображений. Система делает изображения тестируемого образца, а затем сверяет его с базой данных допустимых значений и дефектов. Этот метод позволяет оценить наличие и отсутствие электронных компонентов, точность их установок, качество паянных соединений. Несмотря на свою высокую стоимость, АОИ позволяет ускорить тестирование больших партий продукции и, следовательно, снизить расходы на отбраковку. В таблице 1 приведены методики проведения АОИ.