

# АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДВУМЕРНОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА УГЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Паранин В.Д., Бабаев О.Г.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Матюнин С.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет, Россия

E-mail: vparanin@mail.ru

**Аннотация** — Рассмотрены различные алгоритмы обработки данных амплитудного волоконно-оптического датчика углового перемещения с матричным фотоприемником (ПЗС-матрицей). Приведены результаты измерения временных характеристик вторичного преобразователя. Предложены методы повышения быстродействия с использованием алгоритмических и аппаратных средств.

## 1. Введение

Пассивные волоконно-оптические датчики перемещения наиболее востребованы на пожаро- и взрывоопасных производствах. Значительная часть таких датчиков содержит несколько принимающих оптических волокон, данные с которых обрабатываются с помощью индивидуальных фотоприемников, например, фотодиодов. При расширении диапазона измерения датчика число принимающих волокон составляет десятки — сотни, что существенно увеличивает требования к быстродействию и вычислительной мощности вторичного преобразователя. В этом случае целесообразно осуществлять прием данных с помощью ПЗС-матриц, а их обработку производить на персональном компьютере.

В докладе приводятся алгоритмы считывания и обработки данных с ПЗС-матрицы, позволяющие обеспечить заданное быстродействие измерения.

## 2. Основная часть

В работе рассмотрен двумерный амплитудный волоконно-оптический датчик перемещения с диапазоном измерения  $\pm 2000''$  по каждой оси и разрешением  $1'$ . В качестве вторичного преобразователя использовалась USB 2.0 ПЗС-матрица VA1-135 с разрешением  $1280 \times 1024$ , излучение к которой подводилось волоконно-оптическим кабелем.

Рассмотрен алгоритм обработки эталонного массива  $2000 \times 2000$  из матриц размером  $1280 \times 1024$ . При этом каждая матрица соответствует определенному в процессе калибровки датчика результату измерения. Выбор матрицы из эталонного массива производился по критерию минимальной суммы квадратов разностей элементов считываемой и эталонной матрицы. При вычислении использовался компьютер на основе процессора *Intel Core i5-2500* с частотой 3,3 / 3,6 ГГц и объемом оперативной памяти 16 Гб.

Вычисления производились в программе *MATLAB R2011a* (64 бит) с модулем параллельных вычислений *Jacket v.2.2* и набором драйверов *CUDA Toolkit 5.0*, установленной в операционной системе *Windows 7 Ultimate* (64-бит). Время вычислений усреднялось по 5 результатам измерения для каждого размера матрицы. Вычисление одинарной точности заняло 7600 с, двойной точности — 10000 с. Использование видеокарты *Nvidia GeForce GTX 560 Ti* с технологией *CUDA* и объемом памяти 1 Гб позволило сократить время вычислений до (250 ... 500) с для одинарной точности, в зависимости от эффективности загрузки видеокарты. Недостатком рассмотренного алгоритма, кроме низкого быстродействия, является значительный объем памяти для хранения эталонного массива. Так, для массива  $2000 \times 2000$  матриц  $1280 \times 1024$  с элементами одинарной точности требуемый объем памяти составляет 20 Тб.

Для повышения быстродействия были рассмотрены следующие алгоритмы обработки данных.

Первый алгоритм обеспечивал отбор матриц по отдельным параметрам, например, координатам максимума освещенности ( $X_{\max}$ ,  $Y_{\max}$ ). Размер эталонного массива при таком подходе сократился с  $1280 \times 1024 \times 2000 \times 2000$  до  $2 \times 2000 \times 2000$  элементов, требующих 24,4 Мб памяти. Время выборки из эталонного массива составило 0,011 с на компьютере *Intel Core i5-2500* с 16 Гб оперативной памяти. Реализация алгоритма затрудняется хаотичной укладкой волокон кабеля, нестабильностью модового состава.

Второй алгоритм устанавливал в соответствие каждому волокну кабеля индивидуальный участок ПЗС-матрицы. Техническая реализация алгоритма подразумевает регулярную укладку торцов волокон напротив ПЗС-матрицы. Измерение интенсивности сигнала производилось суммированием по каждому участку. Это позволило снизить размер измеряемой матрицы до нескольких десятков элементов. Так, при разбиении ПЗС-матрицы на  $4 \times 4$  участка (или  $1,5 \text{ мм}^2$  на волокно для видеокарты *VA1-135*) выборка матрицы  $4 \times 4$  из эталонного массива  $4 \times 4 \times 2000 \times 2000$  на ПК *Intel Core i5-2500* занимает около 0,09 с. Для видеокарты *Nvidia GeForce GTX 560 Ti* выборка занимает 0,005 с. При этом эталонный массив требует 244 Мб и полностью размещается в оперативной или графической памяти.

Третий алгоритм обеспечивал интерполяцию измерений с помощью набора опорных (реперных) матриц. Алгоритм применим ко всем рассмотренным выше методам обработки. Показано, что для обеспечения класса точности 0,05 алгоритм линейной интерполяции позволяет ускорить вычисления в 36 раз (шаг интерполяции 6 вместо 1), для класса точности 0,01 — в 64 раза (шаг интерполяции 8).

## 3. Заключение

Таким образом, предложены алгоритмы вторичного преобразования, существенно, в  $(8 \dots 9) \cdot 10^5$  раз и более снижающие время обработки данных и объем требуемой памяти персонального компьютера.

Показано повышение быстродействия в  $(15 \dots 18)$  раз по сравнению с персональным компьютером при вычислении на видеокarte с технологией *CUDA*. Выявлена возможность дальнейшего ускорения в  $(1,8 \dots 2)$  раза при эффективной загрузке видеокарты.

## ANALYSIS OF DATA PROCESSING ALGORITHMS FOR THE TWO-DIMENSIONAL FIBER-OPTIC ANGULAR SENSOR

Paranin V.D., Babaev O.G.

Scientific adviser: Matyunin S.A.

Samara State Aerospace University, Russia

**Abstract** — Various algorithms of a data processing of amplitude-type fiber-optical angle sensor with a photodetector matrix (CCD matrix) are considered. The measurement results of sensor converter temporary characteristics are given. The methods of a speed increasing, using of special algorithmic and hardware, are offered.