

УДК 004.42

А.Н. Бугрий, А.П. Остроушко, Я.В. Чаговец

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## УСКОРЕНИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

Статья посвящена проблеме повышения скорости обработки данных при отображении графиков входных величин в системах объективного контроля. Разработаны алгоритмы предварительной обработки информации на базе операций мип-мэппинга и синтеза изображения на основе подготовленных данных. Предлагаемый подход позволяет повысить достоверность отображаемых данных по сравнению с методом билинейной интерполяции.

**Ключевые слова:** мип-мэппинг, отображение данных.

### Актуальность и постановка задачи

Использование компьютерной техники позволило значительно увеличить объем обрабатываемой информации. Однако возникает проблема корректного отображения данных в виде графиков в случае выполнения операций масштабирования и скроллинга. В случае очень большого объема данных выполнение этих операций потребует значительных вычислительных и временных затрат из-за необходимости обработки всех данных, попавших в диапазон вывода. Особенно остро эта проблема стоит в системах объективного контроля (СОК) [1], где информация накапливается в течение достаточно длительного времени от большого количества различных датчиков. Поэтому актуальной является задача уменьшения вычислений и, соответственно, времени вывода такой информации при сохранении её достоверности.

Необходимо отобразить аналоговые и дискретные параметры с учетом возможности масштабирования и скроллинга.

### Анализ проблемы

Проблема уменьшения объема вычислений становится особенно актуальной в случае, когда в один пиксел «попадает» значительное количество отсчетов исходной величины.

Одним из возможных решений является использование операции мип-мэппинга [4, 5], получившей широкое распространение в компьютерной трехмерной графике. Операция мип-мэппинга (MIP-mapping) использует несколько версий одной текстуры с разной степенью детализации, причем следующая версия меньше предыдущей в 4 раза (например 128x128, 64x64, 32x32 и т.д.). Такие версии называются мип-уровнями.

Используют мипмэппинг для: 1) уменьшения времени обработки (для объектов на далеком расстоянии обрабатывать текстуру с низким разреше-

нием гораздо легче); 2) избавления от шума и муара – добавление мип-уровней с низким уровнем детализации.

При отображении графика некоторой аналоговой функции возникает проблема корректного отображения данных при различном уровне масштабирования. Обычное усреднение значений отсчетов, происходящее при билинейной интерполяции [2], приводит к потере или искажениям точек экстремумов, что часто является недопустимым. Поэтому предлагается подход, использующий диапазон для отображения значения в некоторой точке изображения. При этом определяется минимальное и максимальное значение из всех данных, «попавших» в пиксел, и затем строится отрезок в полученном диапазоне.

В случае дискретных величин операция масштабирования приводит к искажению данных, не удовлетворяющих условиям теоремы Котельникова [3]. Поэтому предлагается участки изображения, где наблюдается такая ситуация, выделять специальным цветом, что позволит оператору знать об изменениях сигнала в данной области.

Предлагается применить такой подход для графического отображения одномерных аналоговых и дискретных параметров.

### Алгоритм построения мип-уровней

Исходные данные:

1. Список аналоговых параметров  $LA = \{A_0, A_1, \dots, A_{N-1}\}$ ,  $N$  – количество аналоговых параметров. Каждый аналоговый параметр  $A_i$  представлен набором отсчетов  $\{a_{i,0}, a_{i,1}, \dots, a_{i,k-1}\}$ , где  $k$  – количество отсчетов аналогового параметра. Каждый отсчет представлен вещественным числом.

2. Список дискретных параметров  $LD = \{D_0, D_1, \dots, D_{M-1}\}$ ,  $M$  – количество дискретных параметров. Каждый дискретный параметр  $D_i$

представлен набором отсчетов  $\{d_{i,0}, d_{i,1}, \dots, d_{i,p-1}\}$ , где  $p$  – количество отсчетов дискретного параметра. Каждый входной отсчет представлен целым числом  $d_{i,j} \in [0, 1]$ .

После загрузки исходных данных LA и LD для каждого элемента списка создаются мип-уровни, число которых  $nA$  и  $nD$  соответственно определяют соотношениями:

$$nA = \lceil \log_2(k/X) \rceil + 1; \quad nD = \lceil \log_2(p/X) \rceil + 1,$$

где  $\lceil \cdot \rceil$  – операция округления к большему целому;  $X$  – минимальный горизонтальный размер области отображения в пикселах.

### Процесс создания мип-уровней

Исходные данные каждого элемента списка являются базовым уровнем  $A_i^0$  в мип-карте аналоговых параметров и  $D_j^0$  в мип-карте дискретных параметров (здесь и далее верхний индекс обозначает номер мип-уровня). Обозначим количество отсчетов в каждом мип-уровне  $A_i^r$  и  $D_j^r$  соответственно  $k_r$  и  $p_r$ . При этом  $k_0 = k$ ,  $p_0 = p$ . Количество отсчетов в  $r$ -ом уровне ( $r > 0$ ) для аналоговых и дискретных сигналов определяется соотношениями соответственно

$$k_r = \lceil k^{r-1}/2 \rceil; \quad p_r = \lceil p^{r-1}/2 \rceil.$$

Для расчета элементов списка аналоговых  $a_{i,j}^r$  ( $r = 0, \dots, nA - 1$ ;  $i = 0, \dots, N - 1$ ;  $j = 0, \dots, k_r - 1$ ) и дискретных  $d_{i,j}^r$  ( $r = 0, \dots, nD - 1$ ;  $i = 0, \dots, M - 1$ ;  $j = 0, \dots, p_r - 1$ ) сигналов  $r$ -го мип-уровня используются элементы  $r-1$ -го мип-уровня.

Поскольку тип информации, хранящейся в списках LA и LD, принципиально отличается, то и алгоритмы расчета элементов мип-уровней различны.

Для определения каждого отсчета нового мип-уровня используется два отсчета предыдущего уровня.

Вначале рассмотрим алгоритм определения элементов мип-уровней для аналоговых величин.

Для устранения потерь информации о диапазоне изменения значений отсчетов на уровнях с меньшей детализацией каждый мип-уровень содержит два массива с максимальными и минимальными значениями для каждого отсчета:

$$a\_max_{i,j}^r = \max(a\_max_{i,2j}^{r-1}, a\_max_{i,m}^{r-1});$$

$$a\_min_{i,j}^r = \min(a\_min_{i,2j}^{r-1}, a\_min_{i,m}^{r-1}),$$

где  $r \in [1, nA - 1]$ ,  $j \in [0, k_r - 1]$ ,

$$m = \min(2j + 1, k_{r-1} - 1).$$

Для базового уровня принимается

$$a\_max_{i,j}^0 = a\_min_{i,j}^0 = a_{i,j}^0.$$

Для построения мип-уровней дискретного сигнала используется другой подход. При переходе к уровню с меньшей детализацией вводится третье значение, обозначаемое как «2», индицирующее наличие двух различных состояний на предыдущем уровне:

$$d_{i,j}^r = \begin{cases} 0, & \text{если } d_{i,2j}^{r-1} = d_{i,m}^{r-1} = 0; \\ 1, & \text{если } d_{i,2j}^{r-1} = d_{i,m}^{r-1} = 1; \\ 2, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где  $r \in [1, nD - 1]$ ,  $j \in [0, p_r - 1]$ ,

$$m = \min(2j + 1, p_{r-1} - 1).$$

### Алгоритм отображения данных

Для формирования изображения заданы:  $n\_begin$  – номер начального отсчета базового уровня, количество  $n\_samples$  отсчетов базового уровня, попадающих в область отображения, и ширина области отображения  $W$  в пикселах. Исходное значение номера текущего пиксела  $n\_pix = 0$ .

Отображение данных начинается с выбора мип-уровня с наименьшей детализацией, содержащего данные для визуализации. Критерием выбора является текущий масштаб отображения данных  $s$ :

$$s = n\_samples/W.$$

Алгоритм отображения для аналоговых величин

1. Вычисляется номер мип-уровня:

$$r = \max(0, \lceil \log_2 s \rceil). \quad (1)$$

2. Номера отсчетов  $j_1$  и  $j_2$  на мип-уровне  $r$ , соответствующие номеру пиксела  $n\_pix \in [0, W)$  в изображении, вычисляются по соотношению:

$$j_1 = \lfloor (s \cdot n\_pix + n\_begin) / 2^r \rfloor; \quad (2)$$

$$j_2 = \lceil (s \cdot (n\_pix + 1) + n\_begin) / 2^r \rceil - 1, \quad (3)$$

где  $\lfloor \cdot \rfloor$  – операция округления к меньшему целому.

3. Осуществляется выборка максимального и минимального значения из мип-уровня:

$$val\_max = \max(a\_max_{i,j_1}^r, a\_max_{i,j_2}^r);$$

$$val\_min = \min(a\_min_{i,j_1}^r, a\_min_{i,j_2}^r).$$

4. На основании максимального и минимального значений строится отрезок для текущего значения  $n\_pix$ .

5. Переходим к следующему пикселу изображения:

$$n\_pix = n\_pix + 1.$$

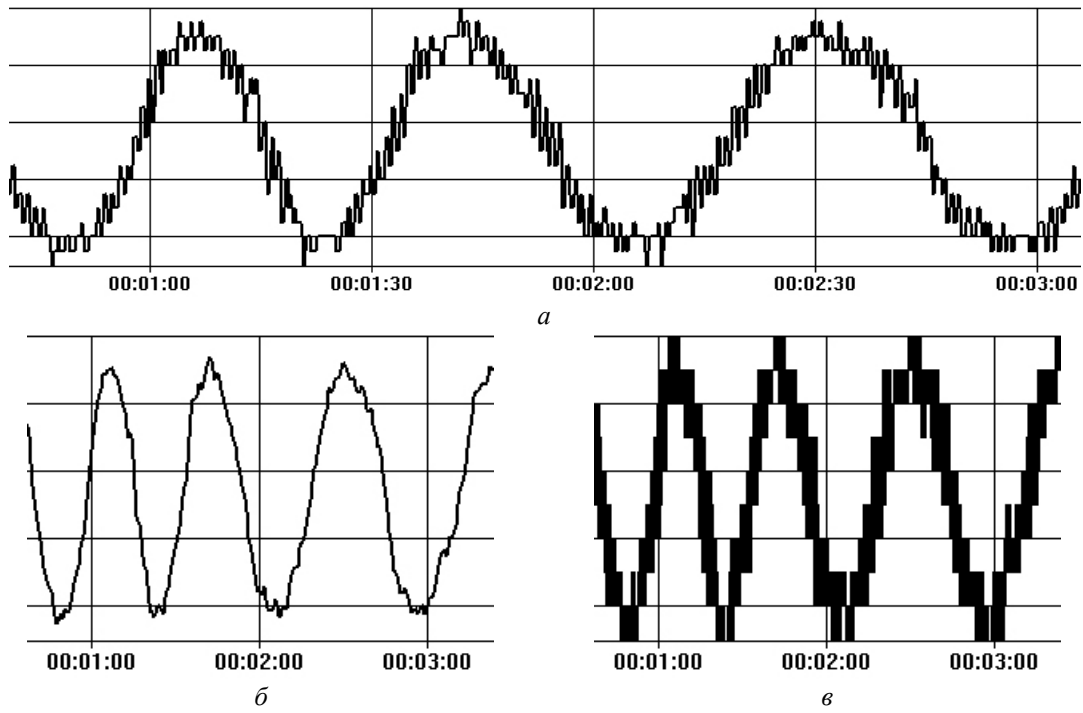


Рис. 1. Отображение аналоговой величины

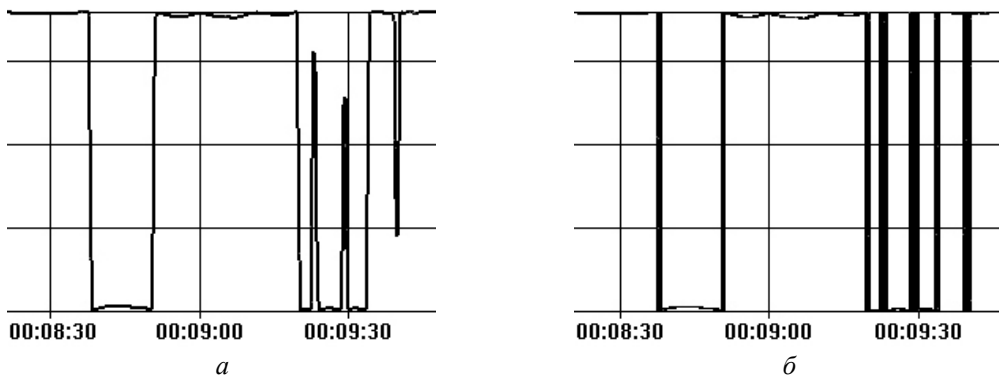


Рис. 2. Отображение аналоговой ступенчато изменяющейся величины

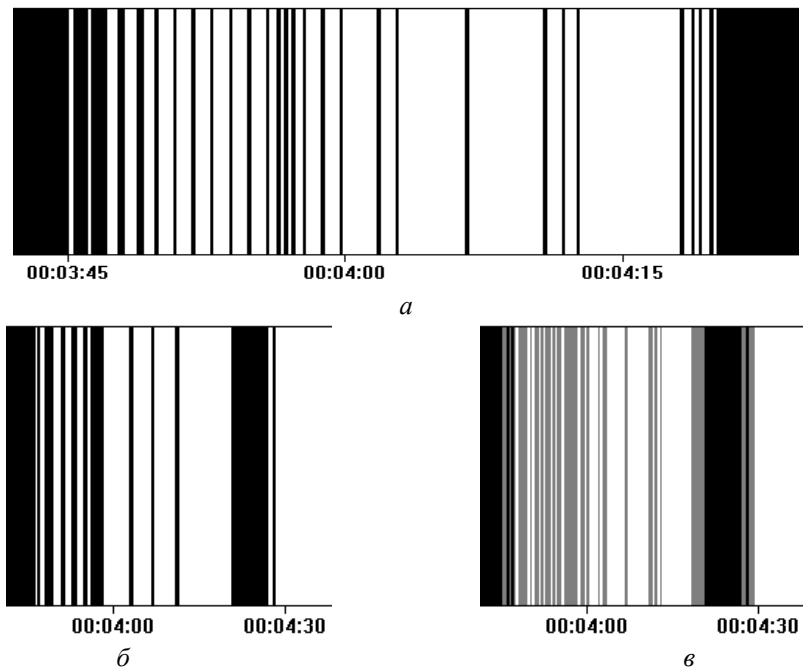


Рис. 3. Отображение дискретной величины

6. Если  $n\_pix < W$ , то переходим к п.2, иначе завершаем процесс визуализации.

Алгоритм отображения для дискретных величин.

1. Вычисляется номер мип-уровня согласно (1).
2. Номера отсчетов  $j_1$  и  $j_2$  на мип-уровне  $g$ , соответствующие номеру пиксела в изображении  $n\_pix$ , вычисляются согласно (2) и (3) соответственно.

3. Вычисляется значение  $d$  дискретного сигнала для текущего пиксела

$$d = \begin{cases} 0, & \text{если } d_{i,j_1}^r = d_{i,j_2}^r = 0; \\ 1, & \text{если } d_{i,j_1}^r = d_{i,j_2}^r = 1; \\ 2, & \text{иначе.} \end{cases}$$

4. Строится отрезок для текущего значения  $n\_pix$ , цвет которого определяется значением  $d$ .

5. Переходим к следующему пикселу изображения:

$$n\_pix = n\_pix + 1.$$

6. Если  $n\_pix < W$ , то переходим к п.2, иначе завершаем процесс визуализации.

### Результаты

Предложенные алгоритмы были использованы при создании СОК тренажера вертолета Ми-8 МТВ [6]. Результаты применения алгоритмов показаны на рис. 1 – 3.

На рис. 1, а показан вариант отображения аналоговой величины при значении масштаба  $s=1$ . Рис. 1, б и 1, в содержат изображение этой же аналоговой величины при значении масштаба  $s=3$ . На рис. 1, б и 2, а показан вариант отображения аналоговых величин при использовании обычной билинейной интерполяции. Рис. 1, в и 2, б построены с использованием рассмотренных выше алгоритмов.

На рис. 3, а показан вариант отображения дискретной величины при значении масштаба  $s=1$ . Рис. 3, б и 3, в содержат изображение этой же дискретной величины при значении масштаба  $s=3$ . При построении рис. 3, б использовалась выборка ближайшего отсчета из списка, а на рис. 3, в показан результат использования вышеописанного алгоритма.

### Выводы

Разработанные алгоритмы позволили ускорить вывод графической информации без потери её достоверности. Предложенные алгоритмы могут найти применение в различных системах сбора и обработки данных, звуковых редакторах, системах цифровой обработки сигналов и т.д.

### Список литературы

1. Справочник инженера по авиационному и радиоэлектронному оборудованию самолетов и вертолетов / Под. ред. В.Г. Александрова. – М.: Транспорт, 1978. – 460 с.
2. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++: пер. с англ./ М. Ласло. – М.: Бином, 1997. – 304 с.
3. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: учеб. пособие для вузов / В.Н. Бондарев, Г. Трёстер, В.С. Чернега. – 2-у изд. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
4. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики / Ф. Хилл. – СПб: Питер, 2002. – 1088 с.
5. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL / Э. Эйнджел. – М.: Вильямс, 2001. – 592 с.
6. Зинченко В.П. Украинский вертолетный учебно-тренировочный комплекс / В.П. Зинченко // Авиация общего назначения. – 2007. – № 7. – С. 4-8.

Поступила в редколлегию 17.03.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ПРИСКОРЕННЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

А.М. Бугрій, А.П. Остроушко, Я.В. Чаговець

*Стаття присвячена проблемі підвищення швидкості обробки даних при відображенні графіків вхідних величин в системах об'єктивного контролю. Розроблені алгоритми попередньої обробки інформації на базі операцій мип-мепінга і синтезу зображення на основі підготовлених даних. Пропонований підхід дозволяє підвищити достовірність даних, що відображаються, в порівнянні з методом білінійної інтерполяції.*

**Ключові слова:** мип-мепінг, відображення даних.

### ACCELERATION OF VISUALIZATION OF GRAPHICAL INFORMATION IN OBJECTIVE CONTROL SYSTEMS

A.N. Bugry, A.P. Ostroushko, Ya.V. Chagovets

*The article is devoted the problem of increase of speed of treatment of the graphs of sizes of entrances given at a reflection in the objective checking systems. The algorithms of preliminary treatment of information are developed on the base of operations of mip-mapping and synthesis of image on the basis of the prepared information. Offered approach allows to promote authenticity of the represented information as compared to the method of bilinear interpolation.*

**Keywords:** mip-mapping, reflection of information.