

ные условия температурного режима печи для производства качественной извести с содержанием в ней CaO более 90 % при ее температуре на выходе из печи равной около 780–800 °С. Установлена тесная корреляционная зависимость $T_{из. (в)} = 0,3945T_{из-к(о)} + 322,17$, $R^2 = 0,61$, указывающая на достоверность и взаимосвязь температуры извести на выходе из вращающейся печи $T_{из(в)}$, °С и температуры известняка в зоне обжига агрегата $T_{из-к(о)}$, °С. Изучены закономерности влияния показателей качества извести на интенсификацию процессов шлакообразования при электроплавке стали и предложена к использованию методика, позволяющая оптимизировать присадки извести в агрегате и улучшить показатели процесса.

Литература

1. Антонов, Г. Л. Особенности эксплуатации коротких вращающихся печей обжига известняка / [Г. Л. Антонов и др.] // Сталь. – 2008. – №9. – С. 97–99.
2. Бахаев, Д. А. Исследование роли извести при шлакообразовании и внепечной обработке стали инертными газами / [Д. А. Бахаев и др.] // Вестник Донского государствен-

ственного технического университета. – 2013. – №7/8(75). – С. 35–42.

3. Бергауз, А. Л. Повышение эффективности сгорания топлива в печах / А. Л. Бергауз, Э. И. Розенфельд. – Л., 1984.

4. Гамей, А. И. Освоение технологии обжига известняка во вращающихся печах / [А. И. Гамей и др.] // ОАО «Черметинформация». Бюл. НТИ «Черная металлургия». – 2002. – №6. – С. 3–5.

5. Меркер, Э. Э. Повышение эффективности сжигания топлива во вращающихся печах обжига извести / Э. Э. Меркер, Т. В. Агаркова, В. В. Губин // Бюллетень НТИ «Черная металлургия». – 1995. – №5. – С. 28–30.

6. Меркер, Э. Э. Совершенствование методики контроля параметров режима сжигания топлива во вращающихся печах / Э. Э. Меркер, Д. А. Харламов, А. А. Ансимов // ОАО «Черметинформация». Бюл. НТИ «Черная металлургия». – 2011. – №7. – С. 78–81.

7. Нехлебаев, Ю. П. Экономия топлива при производстве извести / Ю. П. Нехлебаев. – М., 1987.

8. Трубаев, П. А. Методы компьютерного моделирования горения и теплообмена во вращающихся печах / П. А. Трубаев, В. А. Кузнецов, П. В. Беседин. – Белгород, 2008.

УДК 629.7.054.07

О. В. Богданова, А. В. Богданов

*Научный руководитель: доктор технических наук, доцент И. О. Жаринов
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

ВЫБОР ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ ИМА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЙ, НАЛАГАЕМЫХ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

В статье приводится сравнение классической и перспективной схемы построения бортовых картографических систем, производится анализ основных факторов, влияющих на выбор принципов реализации таких систем. Предложена схема организации картографической системы на основе ИМА архитектуры с операционной системой реального времени (ОС РВ), соответствующей требованиям стандарта ARINC653, с использованием преимуществ каналов видео интерфейсов по стандарту ARINC818-2.

Картографическая система, ИМА, ARINC818-2, ARINC653, APEX канал.

The paper compares the classical and promising architecture of cartographic systems and gives an analysis of the main factors influencing the choice of the principles of the implementation of these systems. The authors proposed the organization scheme of promising cartographic system based on IMA architecture with video interface based on ARINC818-2 standard and described the advantages of these systems when working together with real time operating system (RT OS) based on ARINC653.

Cartographic system, IMA, ARINC818-2, ARINC653, APEX channel.

Введение.

Для современных перспективных авиационных систем в настоящее время используются вычислительные системы на базе ИМА (интегрированная модульная авионика). В таких системах в соответствии с функциональной нагрузкой выделяются: модуль хранения и выборки цифровой базы данных, модули вычислительные (обработки информации), модули ввода-вывода и модули непосредственной растеризации (графоконтроллеры). В соответствии с

данной структурой перед разработчиком встает проблема разделения задачи картографии между этими устройствами, и, соответственно, решения следующего ряда подзадач, связанных с определением структуры БД (базы данных), определения и реализации функций предобработки (которые можно возложить на процессор БД) выбранной из БД информации, организации передачи информации по межмодульной сети. Следует учитывать, что процессор БД обслуживает нескольких абонентов. Некоторая

сложность заключается в определении необходимого и достаточного набора элементарных объектов, передаваемых в графконтроллер (ГК) с целью обеспечения компактности кода и минимизации аппаратных требований.

Классическая картографическая система состоит из устройства связи с навигационной системой (НС), модуля базы данных (БД), вычислительного модуля (МВ), модуля графического контроллера (МГ). Модули объединены параллельной магистральной шиной. По данной схеме построены большинство существующих бортовых картографических систем, таких как: TAMMACDMC (Tactical Aircraft Moving Map Capability Digital Map Computer, Harris), DMS (Digital Map System, SAAB), БСКИ130 (Бортовая система картографической информации, ОКБ «Электроавтоматика») и др.

Для встраиваемых бортовых картографических систем узким местом становится интерфейс между процессором и контроллером, производящим отрисовку. Эта проблема существует во всех графических системах, но для систем с повышенными требованиями к надежности и стойкости особенно актуальна. При этом зачастую процессор может отрисовать все изображение, но оно так и останется в его внутренней памяти из-за слабой внешней шины. Графический контроллер тоже сильно ограничен в своих возможностях. Это приводит к необходимости создания некоего конвейера вычислений, призванного облегчить (оптимизировать) задачу ГК.

Основная часть.

Система на основе ИМА. Архитектура ИМА позволяет построить такой конвейер [1], [3]: подобные по функции (БД, МВ, МГ, но более унифицированные) модули объединяются в общую систему посредством сетевого интерфейса на основе коммутатора со схемой соединения «звезда». Такая структура позволяет масштабировать некоторые функции за счет введения дополнительных модулей, являющихся звеньями этого конвейера.

Первый процессор (вычислительный модуль МВ1) производит обработку базы данных картографических объектов (выборку, поворот, масштабирование, фильтрацию и прореживание). На БД налагаются ограничения как в объеме и в быстродействии, так и в структуре, в ней невозможно хранить информацию в виде «чистых» примитивов, вроде принятых в графической библиотеке OpenGL. На сегодняшний день структура цифровых карт для авиационного применения представляет собой совокупность записей для областей, разделенных на блоки стандартного размера. Объекты, которые описывают цифровые карты местности (ЦКМ), также разделяются на слои.

Второй процессор (МВ2) производит преобразование команд OpenGL для графконтроллера. Соответственно на этот процессор ложится обязанность преобразования данных из БД в формат, применимый для быстрой растеризации и занимающий меньший объем при передаче.

Графконтроллер производит вывод результирующей картографической информации на экран. Учитывая то, что графический контур (второй процессор и графконтроллер) обычно являются для разработчика картографической системы предопределенными, вся нагрузка по реализации поставленной задачи ложится на первый процессор и блок БД. В результате задача сводится к выявлению принципов оптимизации детализации БД, ее структуры. Следует учитывать, что МГ является унифицированным модулем, применяемым для всех видеосистем комплекса, соответственно разработчики других систем отображения информации тоже выдвигают требования к программному интерфейсу с ним. Как результат, выбран интерфейс в виде ограниченного набора функций OpenGL [7] – OpenGL SC.

Отдельно необходимо оговаривать интерфейс функций растеризации определенного набора графических примитивов и графического контроллера, используемого в МГ. Это может быть:

- сложный DMA механизм для систем с мощным вычислительным ядром и слабым графическим контроллером;
- набор регистров для систем с мощным графическим контроллером (в этом случае на ГК могут передаваться все те же параметры, что и на уровне интерфейса выборки параметров из БД, все остальное ГК делает сам);
- комбинация этих подходов, наиболее часто встречающаяся во встраиваемых системах, когда по целому ряду причин ограничены производительности ЦП и ГК.

Определение этого механизма необходимо для понимания возможности размещения дополнительных пользовательских функций в модуле МГ. При наличии такой возможности задачи, стоящие перед создателем картографической системы, значительно упрощаются.

Таким образом, при построении картографических систем разработчик сталкивается со следующими определяющими ограничениями, связанными с архитектурными и технологическими особенностями системы [4], [6]:

- объем БД и быстродействие ее процессора(ов);
- характеристики вычислительных модулей (быстродействие, объем памяти);
- пропускная способность сети;
- быстродействие МГ;
- требования, накладываемые на программы операционной системой (ОС);
- требования по обеспечению сертифицируемости.

Последние два ограничения приводят к тому, что быстродействия процессоров и каналов связи уменьшаются на 20–50 %. Ограничено быстродействие МГ: он способен разрисовать экран не более 2–4 раз за кадр (ограничение быстродействия памяти), в то время как для классического подхода к реализации трехмерной графики этот показатель должен быть как минимум на порядок выше [2].

Таким образом, задачу бортовой картографии в большой степени можно охарактеризовать как задачу декомпозиции глобальной функции отображения геоинформационного поля на ряд подфункций (выполняемых на различных, условно независимых узлах) и дальнейшую оптимизацию суперпозиции данных функций.

После проведения такой декомпозиции может выясниться, что вычислительной мощности в предполагаемой структуре будет недостаточно. В этом случае архитектура ИМА позволяет достаточно легко расширить структуру картографической системы (рис. 1).

Использование стандарта ARINC818-2. Введение в систему нескольких графических контроллеров оказывается возможным при введении в качестве видеоинтерфейса каналов по стандарту ARINC818-2 (ARINC818 Supplement 2). Этот стандарт позволяет производить передачу по каналу (а следовательно, и расчет) части изображения, с последующим объединением с информацией с другого канала. Объединение может осуществляться как на самом индикаторе, так и на коммутаторе ARINC818, который присутствует в составе большинства видеосистем, построенных на этом стандарте. Использование этого стандарта также становится необходимым при высоких видеоразрешениях, когда пропускной способности одного канала становится недостаточно (выше 1920x1080 для канала со скоростью 1,0625 Гбит/с).

Основные отличия ARINC818-2 от первого варианта протокола:

- стандартизованы способы компрессии и кодирования видеопотока;
- введена возможность переключения (Switching) между видеопотоками в рамках одного канала (например, возможно передать строку видео на один дисплей и сразу за ней строку на другой);
- возможность последовательной передачи цветов (например, кадр зеленого, кадр синего и кадр красного);
- совмещение каналов (Channel Bonding) – передача по одному каналу данных для нескольких приемников;
- определены способы вычисления контрольных сумм (CRC);

– определена возможность частичной передачи изображения (partialimaging), позволяющая передавать часть изображения с более высокой частотой обновления по сравнению с основным изображением.

Для картографических применений нам наиболее интересна возможность “partial imaging”, именуемая еще “Region of Interest” или «тайлом» (от англ. tile – плитка).

В статьях, посвященных этому стандарту [8]–[10], применение данной возможности рассматривается на примере военных летательных аппаратов: выделенный участок (цель) считается регионом повышенного интереса и передается с повышенным качеством, в то время как качество остального изображения на время можно снизить. Это особенно актуально при переходе к концепции единого информационного поля (ЕИП), которая рассматривается мировыми производителями авионики как путь развития бортовых индикационных систем. В этом случае суммарная разрешающая способность системы индикации может достигать десятков и даже сотен мегапикселей.

В нашем случае регионом интереса оператора является зона, непосредственно прилегающая к маршруту полета [5]. Рассмотрим реализацию режима на примере 2D карты. Выделим тайлы примерно одной площади вдоль маршрута полета. При этом основной экран считаем самым большим тайлом и рассчитываем с меньшим качеством (детализацией, в нашем случае без цвета, рис. 2).

Распределим задачи по расчету этих фрагментов между компонентами предложенной нами системы. «Фрагм. i» – выполняемая программа по обеспечению отрисовки фрагмента *i* (рис. 3).

С точки зрения операционной системы, функции формирования фрагментов могут реализовываться на базе отдельных APEX каналов. Таким образом, на модуле МГ2, формирующем фрагменты 1 и 2, будет реализовано не менее двух APEX каналов, параллельно рисующих свои фрагменты и использующих один канал ARINC818-2 в режиме совмещения каналов – по каналу одновременно передаются два микрокадра (фрагмента).

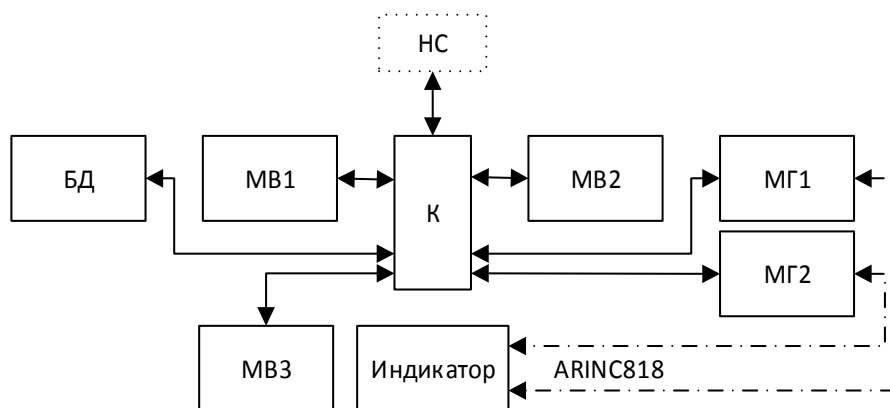


Рис. 1. Структура картографической системы на базе ИМА

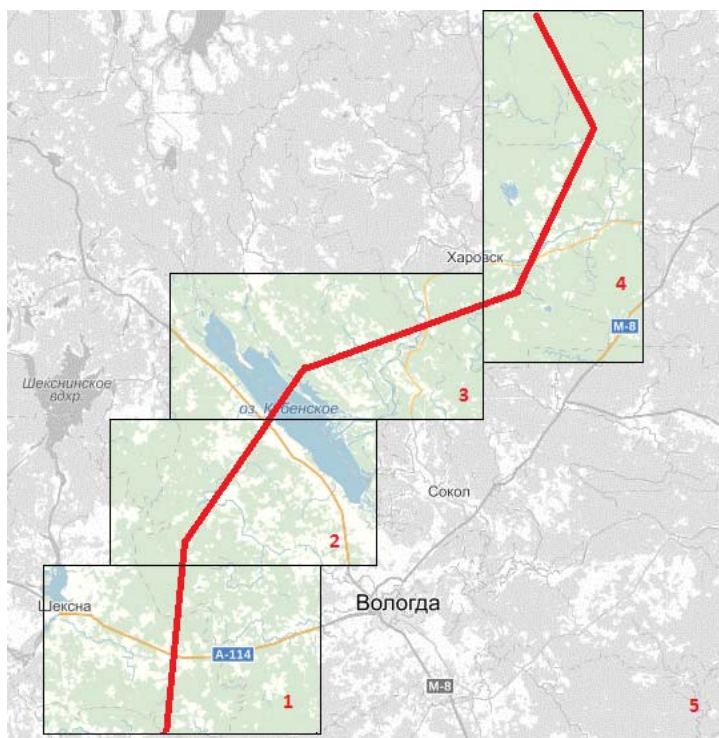


Рис. 2. Пример выделения зоны интереса на картографическом изображении

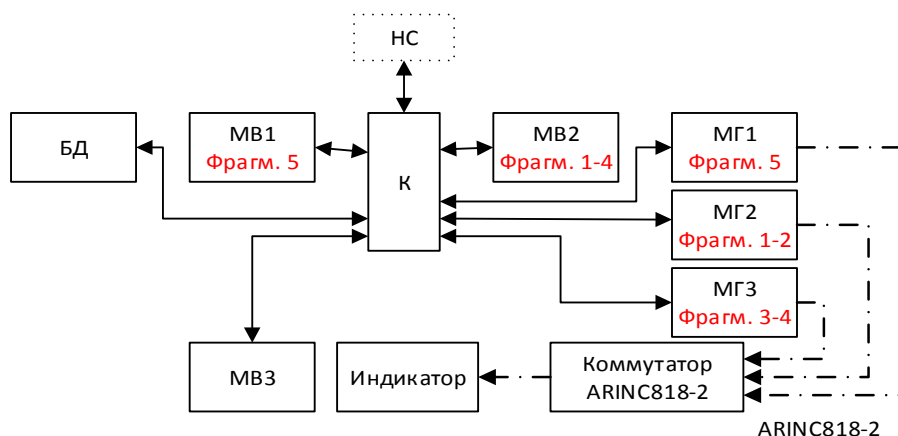


Рис. 3. Распределение подзадач синтеза картографической информации между компонентами системы

Внесение АРЕХ каналов дает некоторое снижение быстродействия за счет накладных расходов операционной системы (ОС) на их обслуживание, но наделяет систему рядом неоспоримых преимуществ:

- соответствие стандарту ARINC653 – одно из основных требований, предъявляемых к современным авиационным ОС (АРЕХ каналы – одно из необходимых требований к таким ОС);
- реконфигурируемость – позволяет перераспределять задачи между модулями в случае отказов или добавления новых задач;
- портируемость – позволяет реализовывать функцию картографии на базе любой ИМА системы, с минимальной производительностью модуля не

меньшей, чем требуется для реализации одного фрагмента.

Объединение нескольких каналов в рамках одного модуля возможно как в случае модернизации системы, так и при деградации системы вследствие отказов. В этом случае использования регионов интереса становится еще более актуальным, так как система уже не может в полном объеме выполнять свои функции и второстепенные области отображения становится возможным обновлять с меньшей частотой.

Рассмотрим вариант реализации подобного подхода на основе усредненных характеристик существующих на данный момент бортовых графических

модулей при построении простой системы с одним МГ. Среднее время доступа к ОЗУ, в котором происходит рисование, около 10 нс (обычно это самый медленный участок тракта рисования). Соответственно, за один кадр (при кадровой частоте 25 Гц) возможно произвести 4000000 обращений, что при разрешении 1280x1024 дает покрытие K_n (количество прорисовок одной и той же точки) не более 3, а при использовании α -канала или Z-буфера, соответственно, не более 1,5. Для качественной прорисовки двумерной карты K_n должен быть не менее 4. Для примера на рис. 2, фрагмент 5 прорисовывается с коэффициентом $K_n < 2$ (всего не более $1280 \times 1024 \times 2 = 2621440$ точек). Остается 1378560 точек, что при $K_n = 4$ дает эффективную зону прорисовки не более 344640 точек, или 0,26 от всего экрана. В результате фрагменты 1–4 («зона интереса») занимают четверть экрана, что вполне удовлетворяет требованиям наглядности карты. В рамках одного МГ фрагменты прорисовываются последовательно (5-1-2-3-4), после чего объединяются в единое изображение в индикаторе на базе возможностей, предоставляемых протоколом ARINC-818-2. Без применения описываемого подхода реализация картографической системы на МГ с ограниченным быстродействием и заявленным выходным разрешением была бы невозможна. При классическом подходе в таком случае снижают разрешение или частоту обновления информации.

Выводы.

Использование систем на базе ИМА и с использованием перспективных программно-аппаратных интерфейсов для реализации картографических систем позволяет решить ряд проблем, возникающих по причине ограниченности ресурсов бортовых вычислительных систем за счет гибкости предлагаемой системы и достаточно широкой номенклатуры предлагаемых для построения системы модулей.

Литература

1. Богданов, А. В. Платформа интегрированной модульной авионики: Патент на полезную модель №108868 U1 RU, МПК G06F 9/00, №2011121962/08 / А. В. Богданов, Г. А. Васильев, П. С. Виноградов, К. А. Егоров,
2. Богданов, А. В. Принцип построения бортовых цифровых картографических систем авионики с трехмерным режимом индикации геоинформационных данных / А. В. Богданов, О. В. Богданова, П. С. Виноградов // Сборник докладов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск, 2014. – Т. 1. – С. 73–74.
3. Книга, Е. В. Базовые структуры модулей и вычислительных систем интегрированной модульной авионики / Е. В. Книга, И. О. Жаринов, М. О. Костишин // Сборник трудов XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Научное творчество молодежи. Математика. Информатика» (г. Анжеро-Судженск, 24–25 апреля 2014 г.). – Томск, 2014. – Ч. 1. – С. 137–144.
4. Костишин, М. О. Оценка частоты обновления информации в видеопотоке индикации бортовых геоинформационных данных авионики / [М. О. Костишин и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2014. – №4. – С. 9–15.
5. Малышкин, К. В. Ситуационная адаптация пространственных данных для решения бортовых геоинформационных задач / К. В. Малышкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – № 4 (20). – С. 66–75.
6. Парамонов, П. П. Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в бортовых системах картографической информации / [П. П. Парамонов и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – №2. – С. 165–167.
7. Сухомлинов, Д. В. Современные методы реализации геоинформационных задач на борту летательных аппаратов / Д. В. Сухомлинов, А. П. Патрикеев, К. В. Малышкин // Наука и транспорт. Гражданская авиация. – 2012. – №1. – С. 16–17.
8. Grunwald, P. Overview of ARINC 818 Supplement 2 / P. Grunwald // Avionics Magazine, 2014. – 7 April.
9. Keller, T. ARINC 818 adds capabilities for high-speed sensors and systems / T. Keller, P. Grunwald // Infrared Technology and Applications XL Conference. – 2014. – 26 June.
10. Keller, T. What's New in ARINC 818 Supplement 2 / T. Keller // 32nd Digital Avionics Systems Conference. – 2013. – 6–10 October.

УДК 667. 6

И. А. Варфоломеев, Е. В. Еришов, Л. Н. Виноградова, А. А. Кириловский, В. М. Осколков
Череповецкий государственный университет

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦВЕТОВОГО ОТКЛОНЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ОЦИНКОВАННОЙ ПОЛОСЫ НА БАЗЕ РЕШЕНИЙ КОМПАНИИ OMRON

В статье на основе факторного анализа определены технологические параметры, влияющие на коэффициент цветового отклонения полимерного покрытия. Представлена децентрализованная структура нейро-нечеткого модуля прогнозирования цветового различия. Предложен способ интеграции разработанного модуля в систему управления производством на базе решений компании «Omron».