

Заключение

Задача создания широкоформатного ЭОП с электростатической фокусировкой и указанными выше требованиями к пространственному и временному разрешению теоретически вполне осуществима. Практически же это подтверждается тем, что аналогичное компьютерное исследование привело к созданию широкоформатного ЭОП с магнитной фокусировкой, который нашел практическое применение в известном рентгеновском анализаторе СХР8 [3].

Следует отметить, что практическая реализация ЭОП на основе описанной выше ЭОС с электростатической фокусировкой сопряжена с необходимостью учета весьма жестких требований к конструктивным размерам и источнику питающих напряжений.

Литература

1. Куликов Ю. В., Дашевский Б. Е., Игнатъев А. Н., Иванов В. Я. Катодная линза с квазисферическим полем// Опτικο-механ. пром-сть. 1979. № 11. С. 41.
2. Федоров В. Ю., Кулакова Р. И., Лазарев М. Д. и др. Электронно-оптические преобразователи с сеточными электродами// Специальная техника. 2002. № 5.
3. Даниленко К. Н., Зюзин Л. Н., Костин А. Б., Куликов Ю. В., Славнов Ю. К. Широкоформатный электронно-оптический преобразователь с магнитной фокусировкой и быстрой разверткой изображения// Приборы и техника эксперимента. 2006. № 6. С. 92.
4. Куликов Ю. В. Об опыте создания программно-методического обеспечения для расчета эмиссионных электронно-оптических изображающих систем// Прикладная физика. 1996. № 3. С. 66.

Статья поступила в редакцию 14 ноября 2007 г.

Computer analysis characteristics of electron-optical systems of wide-frame streak tube with electrostatic focusing and fast sweep-time

I. V. Balachov, A. B. Kostin, Yu. R. Slavnov

The State Unitary Enterprise "Research Institute of Pulse Technique", Moscow, Russia

V. I. Kreopalov, Yu. V. Kulikov

Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automation (Technical University), Moscow, Russia

Presented in the article are the results of computer analysis of the characteristics of electron-optical systems with electrostatic focusing, which are intended for the large-format streak tubes with the temporal resolution about 1 ps over the entire working region along the spatial axis. The obtained results can be used for developing the high-speed photochronography systems.

УДК 535.8

Имитационная модель сигналов смотрящих и сканирующих оптико-электронных приборов

П. М. Жидков, В. С. Красоткин, В. В. Прокофьев, А. В. Борошнев
ФГУП «ЦНИИ "Комета"», Москва, Россия

И. В. Кузьмина

Московский институт радиотехники, электроники и автоматики, Москва, Россия

Рассмотрены принципы реализации имитационных моделей различных оптико-электронных приборов.

Введение

При проектировании и сопровождении систем наблюдения, включающих оптико-электронные приборы (ОЭП), используют имитационные модели, содержащие модель среды, модель оптико-электронной аппаратуры и средства обработки

информации ОЭП. Имитационная модель ОЭП преобразует пространственно-временное распределение облученности зрачка в модельные кадры информации. Основу модели составляет преобразование распределения облученности фотоприемного устройства (ФПУ) в сигналы [1, 2]:

$$I_{\Omega} = F_{\Omega} \left(\int_{t_{\Omega}}^{t_{\Omega}+T_n} dt \iint_{S_{\Omega}} E(x, y, t) dx dy \right),$$

где I_{Ω} — сигнал при опросе элемента Ω ;

F_{Ω} — светосигнальное преобразование для пикселя Ω ;

t_{Ω} — момент коммутации элемента Ω ;

T_n — время накопления;

E — распределение облученности по площади ФПУ;

S_{Ω} — площадка (заданной формы) для конкретного пикселя.

Принципы реализации имитационной модели

Модель конкретного прибора собирается из различных блоков в разной комбинации. Это достигается за счет унификации интерфейсов блоков и многоэтапного преобразования координат в модели ОЭП. Обязательными из них являются объектив и ФПУ, которые могут быть выбраны из перечня.

Блок формирования входного воздействия служит для сопряжения с моделью фоноцелевой обстановки или генерации изображений мира, используемых при тестировании и настройке виртуального прибора.

Блок оптической системы (объектива) служит для расчета распределения облученности ФПУ в заданных пространственно-временных пределах, а также для связи визирных координат сцены с декартовыми координатами на ФПУ. Модель оптической системы выбирается из следующих разновидностей:

OpticPillow — модель широкоугольного объектива с поддержкой дисторсий и переменными размерами пятна рассеяния по полю зрения;

OpticAllPurpose — стандартная модель объектива с рассеянием (функция выбирается) и виньетированием;

OpticSimple — упрощенная модель объектива (с дельта-функцией вместо ФРТ).

В компьютерной программе блок представляется объектом конкретного класса, наследованного от абстрактного класса **Optic**, в котором есть несколько виртуальных функций, определяющих все задачи (рис. 1).

Модель ФПУ предназначена для формирования цифрового видеосигнала. Она определяет растр и порядок его формирования (развертку*), а также содержит в себе модели пересчета облученности в электрический сигнал, модели геометрического шума. Блок ФПУ выбирается из следующих разновидностей:

Tube — видикон с собственной программой развертки кадра, произвольной формой раstra, собственной моделью дефектов;

FastTube — ускоренная и упрощенная модель видикона;

FPA — многоэлементный приемник излучения;

UnitaryReceiver — одноэлементный приемник (используется совместно с программным сканированием).

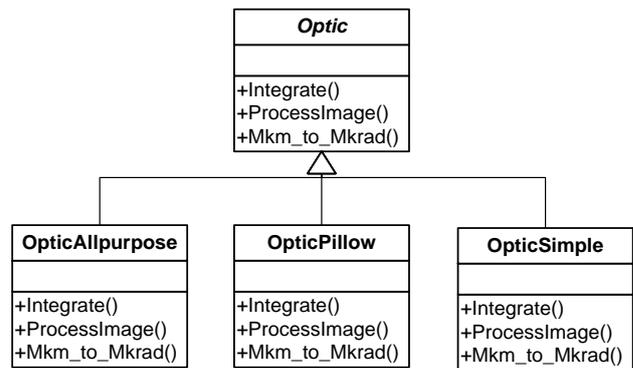


Рис. 1. Иерархия наследования для моделей объектива

После ФПУ может быть сформирована произвольная цепочка блоков, состоящая из:

Electronic — модель линейного фильтра;

AnalogElectronic — нелинейная модель фильтра;

ADC — модель АЦП, содержащая различные способы настройки;

Blanker — блок бланкирования областей кадра;

Resampler — блок передескритизатора;

Multiplexer — блок преобразования последовательности кадров в один кадр большего размера.

В эту же цепочку могут встраиваться блоки, предназначенные для простой обработки полученных кадров в целях измерения характеристик модельного прибора:

SequenceProcessor — блок анализа последовательности кадров (оценка среднеквадратичной ошибки и матожидания в каждом пикселе);

Threshold — блок отсекающего по порогу амплитуды и измерения координат;

Cropper — блок для выбора области (фрагмента) кадра;

Accumulator — устройство цифрового накопления кадров.

Блоки имеют унифицированные программные интерфейсы, что дает возможность, изменяя их состав и последовательность, моделировать разные ОЭП и ставить различные вычислительные эксперименты с моделями. В соответствии с шаблоном проектирования **PushFilter** [3] некоторый блок вызывает обработку кадра следующим в цепочке блоком, передавая ему кадр (рис. 2). Порядок блоков и их состав будут известны только в момент исполнения программы.

* Помимо собственной развертки ФПУ, в модели используется еще и механическое сканирование.

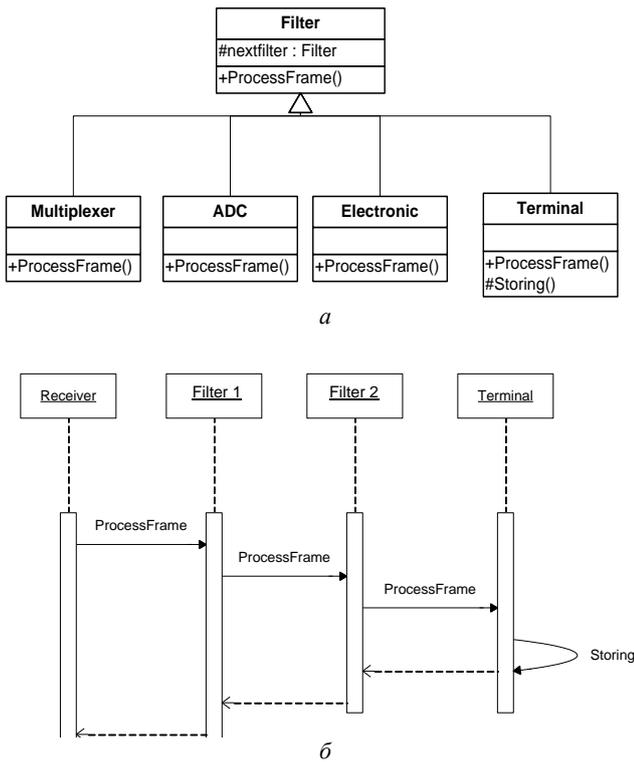


Рис. 2. Интерфейс Filter:

а — диаграмма наследования; б — схема вызовов

Моменты формирования кадров определены в соответствии с программой кадровой синхронизации, алгоритм которой позволяет строить нерегулярные последовательности.

Смещения оптической оси либо смещения ФПУ в фокальной плоскости тоже описываются цепочками блоков, суммарные смещения их складываются. Для расчета смещений применяются две модели программного сканирования, модели колебаний на основе стационарного случайного процесса, а также гармонические и пилообразные.

Одним из новшеств модели является архитектура на основе запросов. Согласно ей ФПУ запрашивает расчет распределения облученности в области на фокальной плоскости в нужные

приемнику моменты времени. Модель объектива запрашивает расчет углового распределения облученности зрачка в некотором поле зрения в тот же интервал времени у блока сопряжения с ФЦО. Технология запросов основана на шаблоне проектирования PullFilter [3], однако структура цепочки для ОЭП является фиксированной (рис. 3).

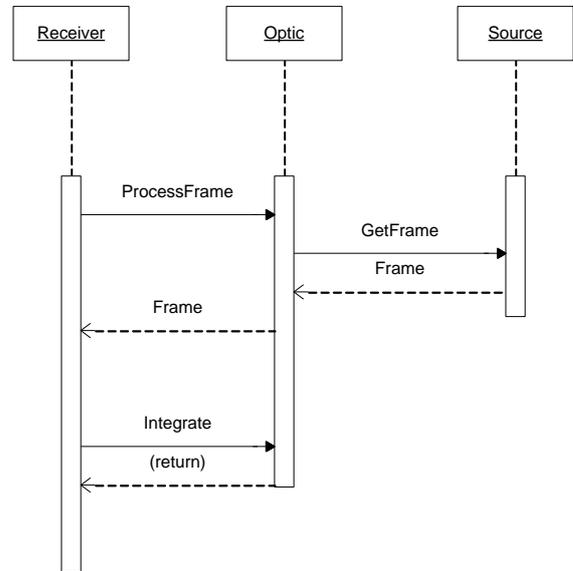


Рис. 3. Схема Pull-запросов в модели ОЭП

Запросы позволяют рассчитать фоноцелевую сцену только в моменты времени и в областях пространства, необходимых модельному прибору. Это дает возможность моделировать развертку видикона и сканирующие приборы, учитывая при этом временные характеристики сцены в полученном кадре. Если сцена может изменяться за время накопления, то расчет распределения облученности проводится несколько раз, а затем осуществляется интегрирование по времени накопления.

Таким образом, модель ОЭП представляет собой две цепочки (Pull и Push), выстроенные от фотоприемного устройства совместно с синхронизатором (рис. 4).

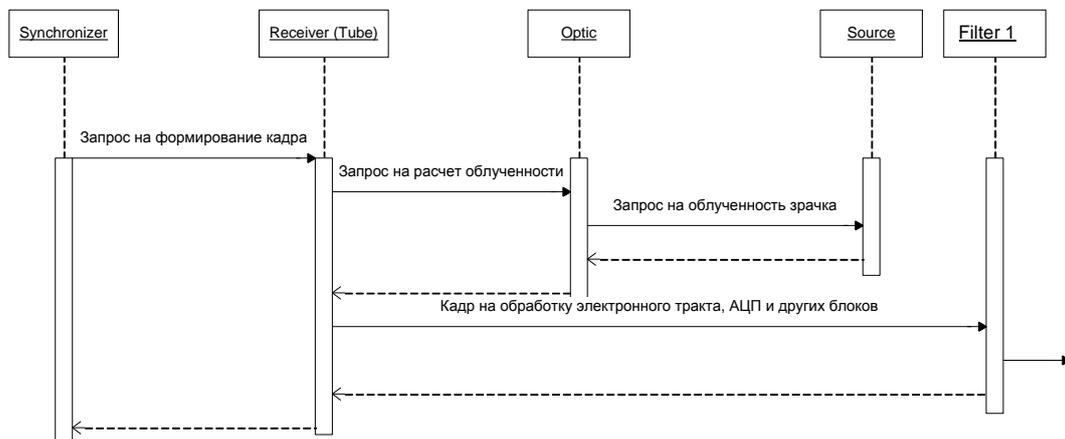


Рис. 4. Последовательность запросов в модели ОЭП

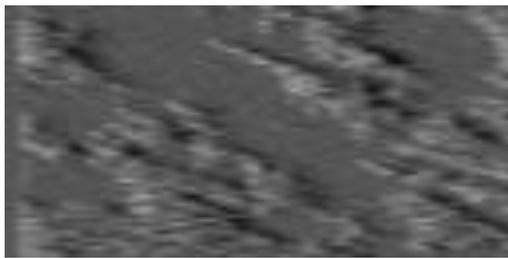
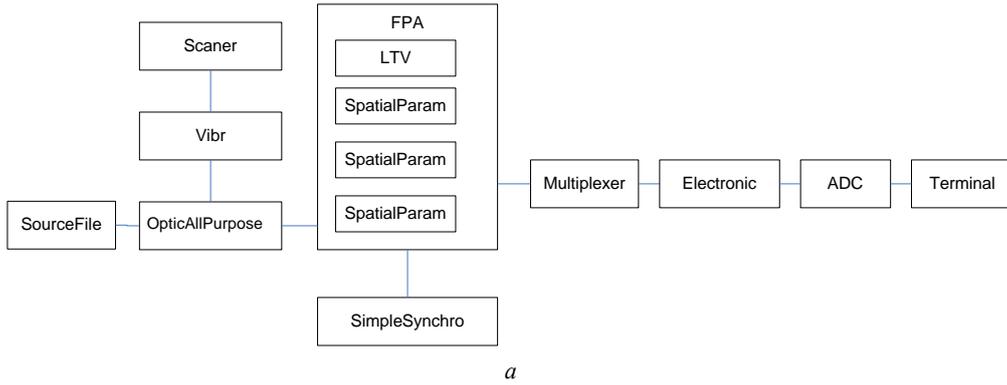
Предложенная методика позволяет эффективно моделировать несколько различных типов ОЭП с разверткой применительно к динамичным сценам.

- *Пример 1.* Модель сканирующей аппаратуры наблюдения.

Прибор состоит из линейки чувствительных элементов и механического развертывающего устройства. В эксперименте наблюдался модельный фон Земли при наблюдении из космоса (рис. 5).

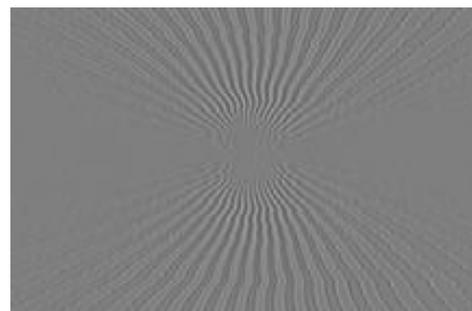
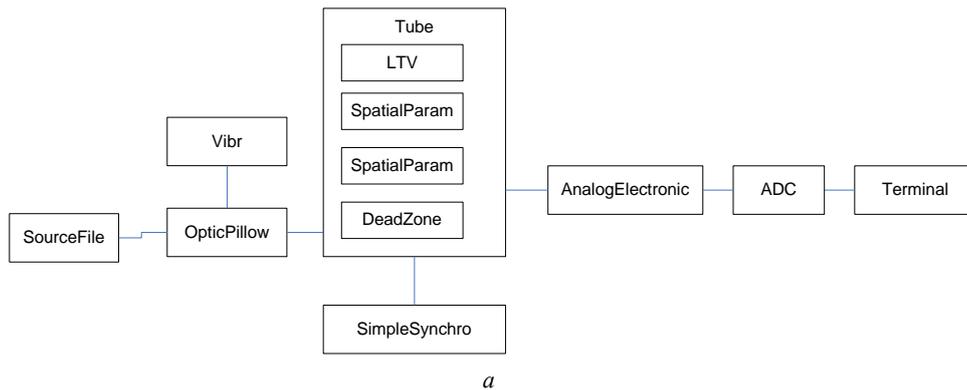
- *Пример 2.* Модель телевизионной аппаратуры наблюдения.

Рассматриваемый прибор служит для измерения координат малоразмерных объектов и построен на базе телевизионной передающей трубки (рис. 6). Развертка кадра производится по строкам. В вычислительном эксперименте модельный прибор наблюдает вращающуюся радиальную мишу при дрожании. Переменные от кадра к кадру геометрические искажения (динамические аберрации) обусловлены тем, что пиксели формировались в различные моменты времени, а сцена и наведение камеры были непостоянны.



б

Рис. 5. Модель сканирующей аппаратуры:
а — структура; б — пример модельного изображения



б

Рис. 6. Модель БАО-ТВ:
а — структура; б — модельное изображение

Заключение

Имитационная модель состоит из цепочек блоков, выстроенных от ФПУ. К блоку модели объекта выполняются запросы, а к блокам после ФПУ — проталкивание кадров. Кроме организации блоков в виде цепочек эти же блоки организуются в виде Composite-иерархии [5].

Такая имитационная модель ОЭП позволяет строить в реальном времени модельные изображения широкого класса приборов, учитывая их пространственно-временные и энергетические характеристики, а также проводить испытания систем, включающих ОЭП, либо их имитационных моделей.

Литература

1. Форсайт Д, Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. — 928 с.
2. Иванов В. П., Батраков А. С. Трехмерная компьютерная графика. — М.: Радио и связь, 1995. — 224 с.
3. Bushmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerladm P., Stal M. Pattern-oriented software architecture, Vol. 1: A System of Patterns. — Chichester, England: John Wiley & Sons, 1996.
4. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб: Питер, 2006(2001). — 366 с.
5. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы смотрящего типа. — М.: Логос, 2004. — 44 с.

Статья поступила в редакцию 14 ноября 2007 г.

Imitating model of signals for looking and scanning optic-electronic devices

*P. M. Zhidkov, V. S. Krasotkin, V. V. Prokofev, A. V. Boroshnev,
Central Research Institute "Comet", Moscow, Russia*

I. V. Kuzmina

Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automatics, Moscow, Russia

Principles of realization of imitating models of various optic-electronic devices are considered in the article.

* * *