

УДК 621.384.36.3

Имитационная модель сигналов смотрящих и сканирующих ОЭП

П. М. Жидков, В. С. Красоткин, В. В. Прокофьева, А. В. Борошнев, И. В. Кузьмина

Имитационная модель представлена цепочками блоков, выстроенных от фотоприемного устройства. К блоку модели объектива выполняются запросы, а к блокам после фотоприемного устройства — проталкивание кадров. Кроме организации блоков в виде цепочек применяются те же блоки, которые организуются в виде Composite-иерархии.

PACS: 85.60.-z

Ключевые слова: модель, ОЭП, сигналы, блок, информация.

Введение

При проектировании и сопровождении систем наблюдения, содержащих оптико-электронные преобразователи (ОЭП), используют имитационные модели, включающие модель среды, модель оптико-электронной аппаратуры и средства обработки информации ОЭП. Имитационная модель ОЭП преобразует пространственно-временное распределение облученности зрачка в модельные кадры информации.

В данной статье рассматриваются рациональные схемы организации соответствующей имитационной модели.

Схемы имитационной модели

Основу модели составляет преобразование распределения облученности фотоприемного устройства (ФПУ) в сигналы [1, 2]:

$$I_{\Omega} = F_{\Omega} \left(\int_{t_{\Omega}}^{t_{\Omega}+T_{ac}} dt \iint_{S_{\Omega}} E(x, y, t) dx dy \right), \quad (1)$$

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

F_{Ω} — светосигнальное преобразование для пикселя Ω ;

t_{Ω} — момент коммутации элемента Ω ;

T_{ac} — время накопления;

E — распределение облученности по площади фотоприемного устройства;

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

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

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:

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

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

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

Жидков Петр Михайлович, начальник лаборатории.
Красоткин Валерий Сергеевич, зам. начальника лаборатории.
Прокофьева Вера Васильевна, старший научный сотрудник.
Борошнев Алексей Владимирович, ведущий научный сотрудник.
 ФГУП ЦНИИ "Комета".
 Россия, 109280, Москва, Велозаводская ул., 5.
 Тел. 8 (495) 932-23-70. E-mail: kursovey@mail.ru
Кузьмина Ирина Владимировна, доцент.
 Московский институт радиотехники, электроники и автоматики.
 Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, 78.
 Статья поступила в редакцию 22 января 2010 г.

порядок его формирования (развертку). Надо иметь в виду, что помимо собственной развертки ФПУ в модели используется еще и механическое сканирование.

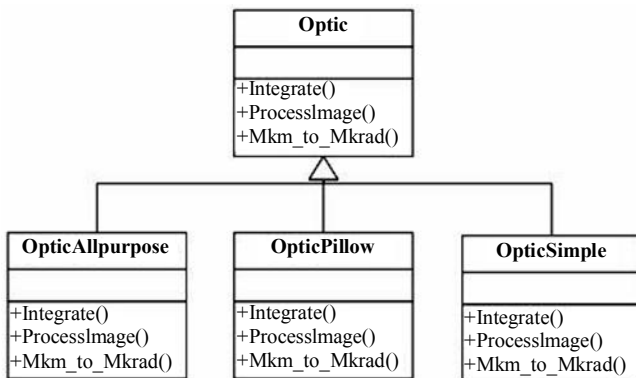


Рис. 1. Иерархия наследования для моделей объектива

Модель ФПУ содержит в себе также модели пересчета облученности в электрический сигнал, модели геометрического шума. Блок ФПУ устройства выбирается из следующих разновидностей:

FPA — матричный приемник или линейка с кадровым накоплением;

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

FastTube — ускоренная и упрощенная модель видикона;

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

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

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:

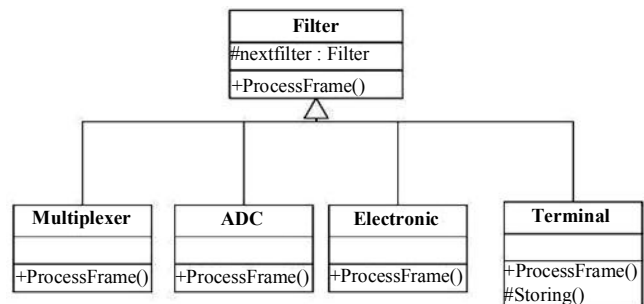
Sequence Processor — блок анализа последовательности кадров (оценка с.к.о. и мат-ожидания в каждом пикселе);

Threshold — блок отсекающего по порогу амплитуды и измерения координат;

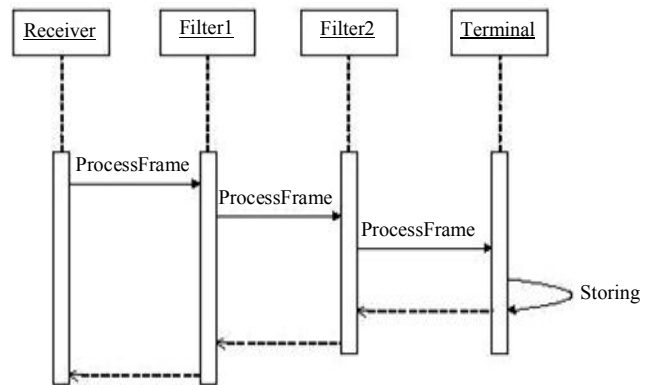
Stopper — блок для выбора области (фрагмента) кадра;

Accumulator — устройство цифрового накопления кадров.

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



а



б

Рис. 2. Интерфейс Filter:

а — диаграмма наследования; б — схема вызовов

Моменты формирования кадров определены в соответствии с программой кадровой синхронизации. Программа синхронизации может задаваться специальной программой, позволяя строить нерегулярные последовательности.

Смещения оптической оси либо смещения фотоприемного устройства в фокальной плоскости тоже описываются цепочками блоков, и для смещений берется суперпозиция. Для расчета смещений применяются две модели программного сканирования, и 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 (рис. 3). 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 [2], однако структура цепочки для ОЭП является фиксированной.

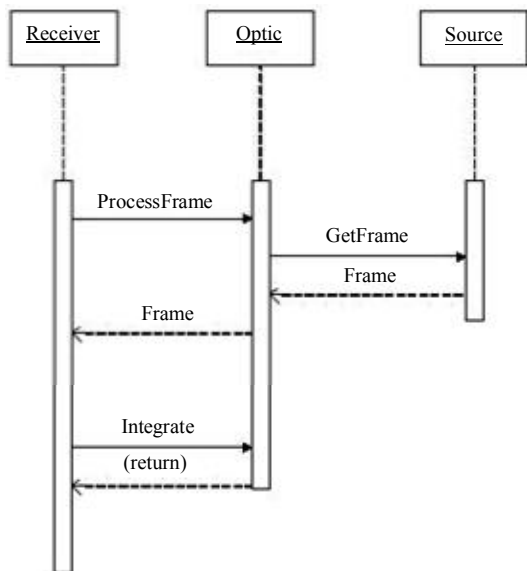


Рис. 3. Схема pull-запросов в модели ОЭП

Запросы позволяют рассчитать фоноцелевую сцену только в моменты времени и областях пространства, необходимых модельному прибору. Это позволяет 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 проводится интегрирование по времени накопления.

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

Предложенная методика позволяет эффективно моделировать несколько различных типов оптико-электронных приборов с разверткой применительно к динамичным сценам.

Пример 1. Модель тепlopеленгатора

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

Пример 2. Модель БАО-ТВ

БАО-ТВ — прибор для измерения координат малоразмерных объектов, построенный на базе телевизионной передающей трубки. 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 (рис. 6).

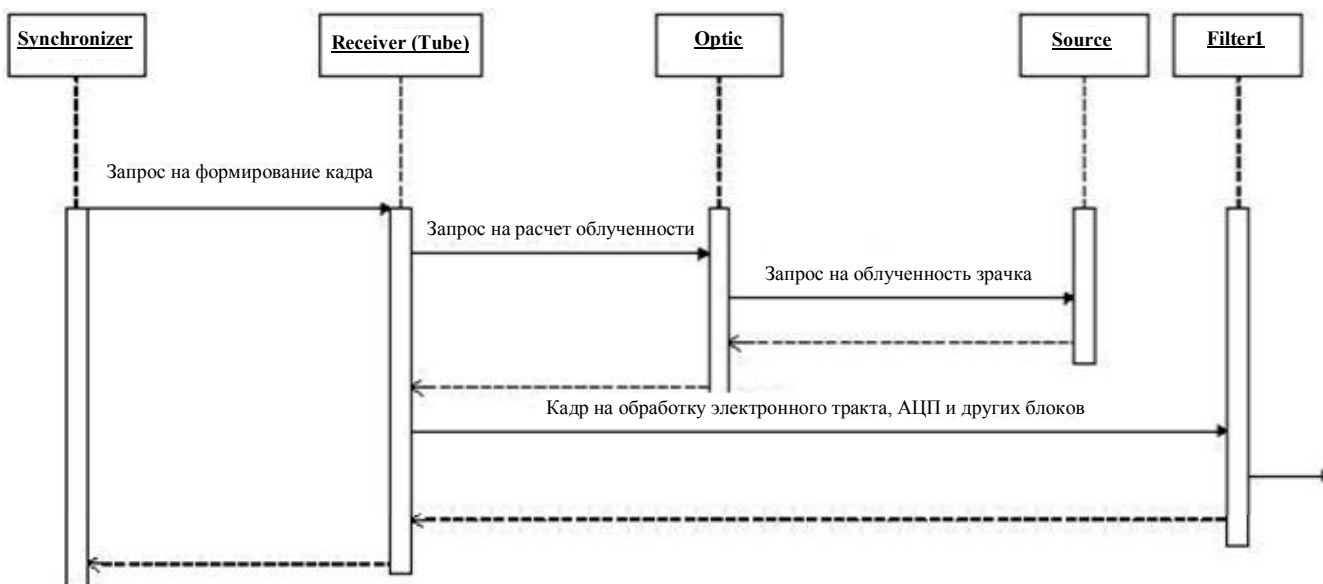


Рис. 4. Последовательность запросов в модели ОЭП

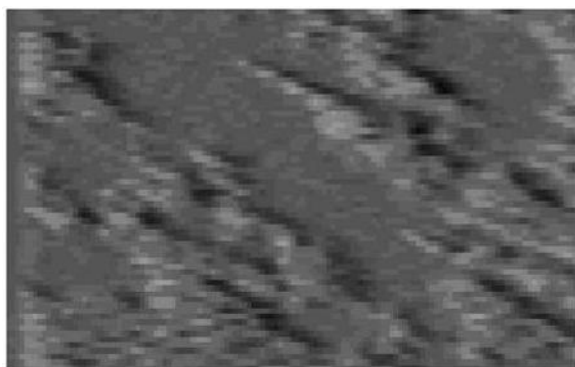
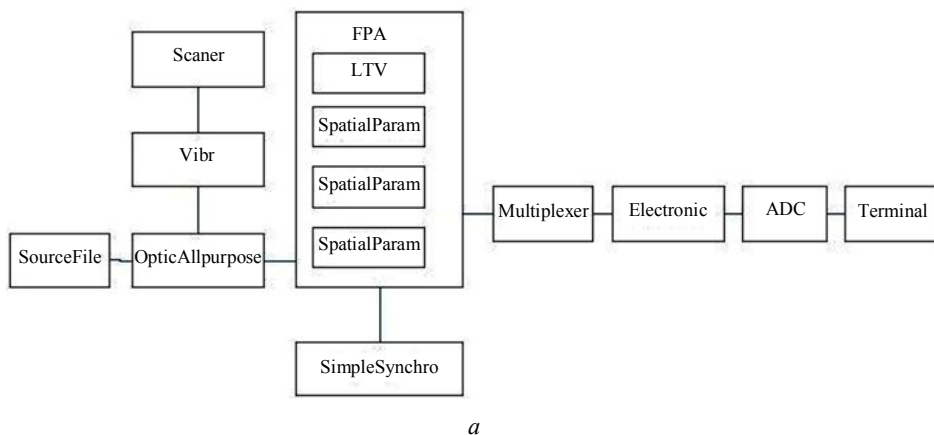


Рис. 5. Модель теплопеленгатора:
а — структура; б — пример
модельного изображения

б

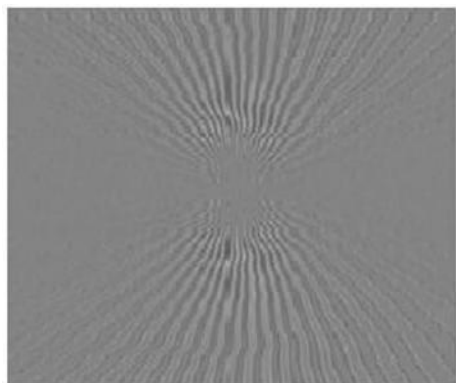
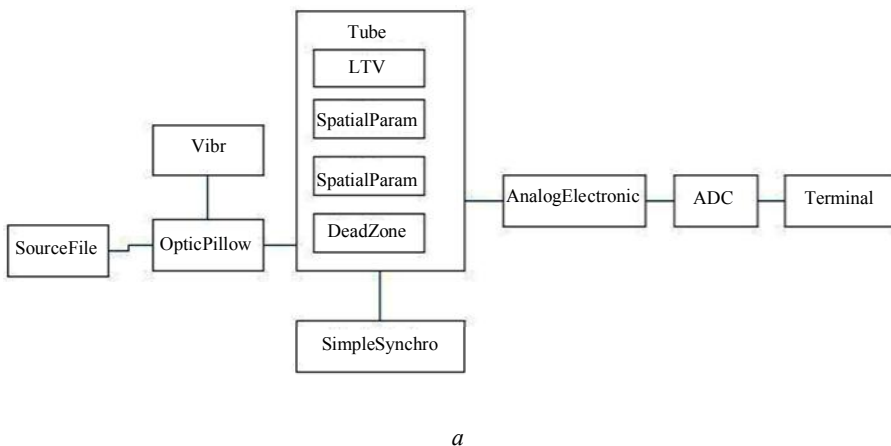


Рис. 6. Модель БАО-ТВ:
а — структура; б — модельное изображение

б

Заключение

Имитационная модель представлена цепочками блоков, выстроенных от фотоприемного устрой-

ва. К блоку модели объектива выполняются запросы, а к блокам после фотоприемного устройства — про-

талкивание кадров. Кроме организации блоков в виде цепочек применяются те же блоки, которые организуются в виде Composite-иерархии [4].

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

Л и т е р а т у р а

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2004.
2. Иванов В. П., Батраков А. С. Трехмерная компьютерная графика. — М.: Радио и связь, 1995.
3. Bushmann F., Meunier R., Rohmert H., Sommerladm P., Stal M. Pattern-oriented software architecture, Volume 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.
5. Тарасов В. В., Якушенко Ю. Г. Инфракрасные системы смотрящего типа. — М.: Логос, 2004.

Simulation model of signals for a looking and scanning optoelectronic converter

P. M. Zhidkov, V. S. Krasotkin, V. V. Prokof'eva, A. V. Boroshnev
Kometa Central Research Institute, 5 Velozavodskaya str., Moscow, 109280, Russia
E-mail: kursovey@mail.ru

I. V. Kuzmina
MIREA, 78 Vernadsky av., Moscow, 119454, Russia

The simulation model of signals for a looking and scanning optoelectronic converter has been obtained in this article.

PACS: 85.60.-z

Keywords: model, optoelectronic converter, signals, block, information.

Bibliography — 5 references.

Received January 22, 2010