

А. С. ВАСИЛЬЕВ, А. В. КРАСНЯЩИХ, В. В. КОРОТАЕВ, О. Ю. ЛАШМАНОВ,
Д. Ю. ЛЫСЕНКО, О. Н. НЕНАРОКОМОВ, А. С. ШИРОКОВ, С. Н. ЯРЫШЕВ

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ МЕТОДОМ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотрены вопросы разработки программно-аппаратного комплекса обнаружения и мониторинга лесных пожаров на базе беспилотного летательного аппарата с применением метода совмещения изображения тепловизионного и телевизионного каналов. Обоснован выбор основных компонентов системы. Описывается архитектура специального программного обеспечения.

***Ключевые слова:** совмещение видеоинформации, оптико-электронная система, система обнаружения и мониторинга лесных пожаров, телевизионная камера, тепловизор.*

Введение. Обнаружение лесных пожаров и прогнозирование их распространения является важной народно-хозяйственной задачей. Одним из наиболее эффективных методов своевременного обнаружения является использование видеоинформационного оборудования, установленного на борту беспилотного летательного аппарата (БПЛА) [1].

Принцип совмещения видеоинформации предполагает, что для повышения эффективности видеоинформационной системы используется несколько видеоинформационных каналов с различными характеристиками. Наиболее часто применяют совмещение двух и более

формирователей видеосигнала, работающих в различных диапазонах спектра, например, видимого и инфракрасного (теплового) [2].

Для обнаружения лесного пожара недостаточно только телевизионных камер оптического диапазона вследствие низкого контраста изображения в условиях задымления. В таком случае на изображении, как правило, не видна активная зона пожара, но наличие на нем окружающих объектов позволяет привязать зону пожара к местности, возможно также определить направление ветра, что позволит сузить зону поиска активной зоны пожара.

Использование тепловизионных камер позволяет зафиксировать активную зону даже в условиях сильного задымления. Речь идет, прежде всего, о фронте пожара — области с наиболее высокой температурой, в которой присутствует открытое пламя. Активная зона в данном случае характеризуется высоким контрастом теплового изображения, что можно использовать в алгоритмах обнаружения.

Поскольку тепловизор выступает как преобразователь температуры в яркость или псевдоцвет, то гораздо удобнее использовать естественное изображение местности, пусть и задымленное. На его фоне можно указать активные области пожара, обнаруженные с помощью тепловизора (рис. 1).

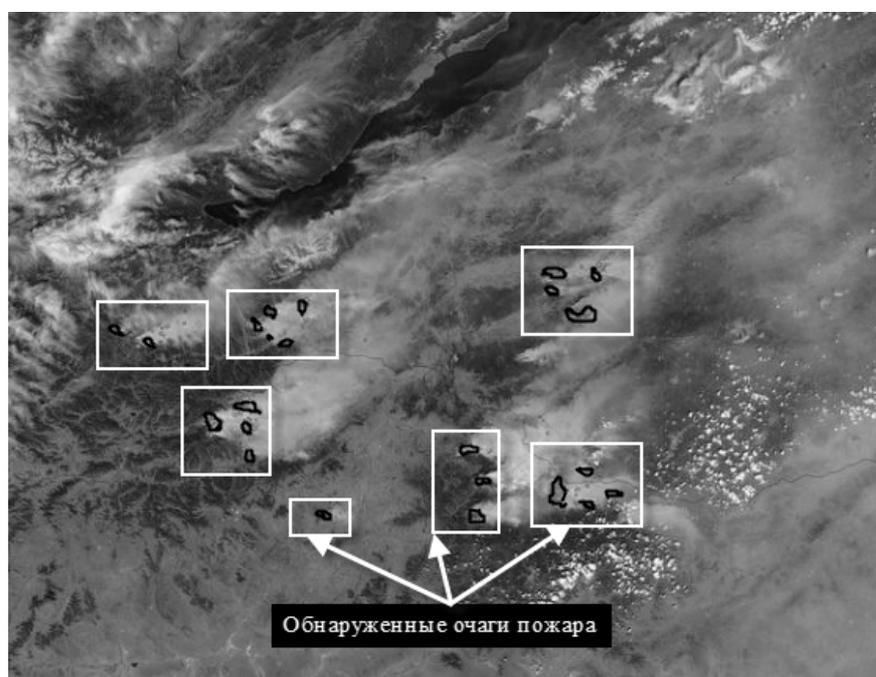


Рис. 1

Обоснование и выбор компонентов системы обнаружения лесных пожаров. Для решения задач обнаружения с использованием БПЛА требуется наличие системы комплексирования видеосигналов с двух устройств — телевизионной (ТВ) и тепловизионной камер. При этом камеры должны быть установлены соосно на одной гиростабилизированной платформе, имеющей возможность поворота в двух плоскостях. Для обработки видеоданных требуется также специализированный вычислитель, позволяющий осуществить видеозахват с этих камер, выполнить алгоритм совмещения изображения с целью обнаружения пожара, видеоархивирование и передачу видеоданных по запросу через канал связи.

В системе, структурная схема которой приведена на рис. 2, тепловизор и ТВ-камера подключены к блоку обработки посредством цифрового интерфейса LVDS через платы видеозахвата 2xLVDS стандарта PC104. Каналы управления тепловизором и ТВ-камерой выполнены на основе интерфейса RS-232. В систему также включены твердотельный накопитель SSD, блок питания и элементы защищенного корпуса. Для передачи видеoinформации и

управления системой используется интерфейс Ethernet, подключаемый к компьютеру управления БПЛА.

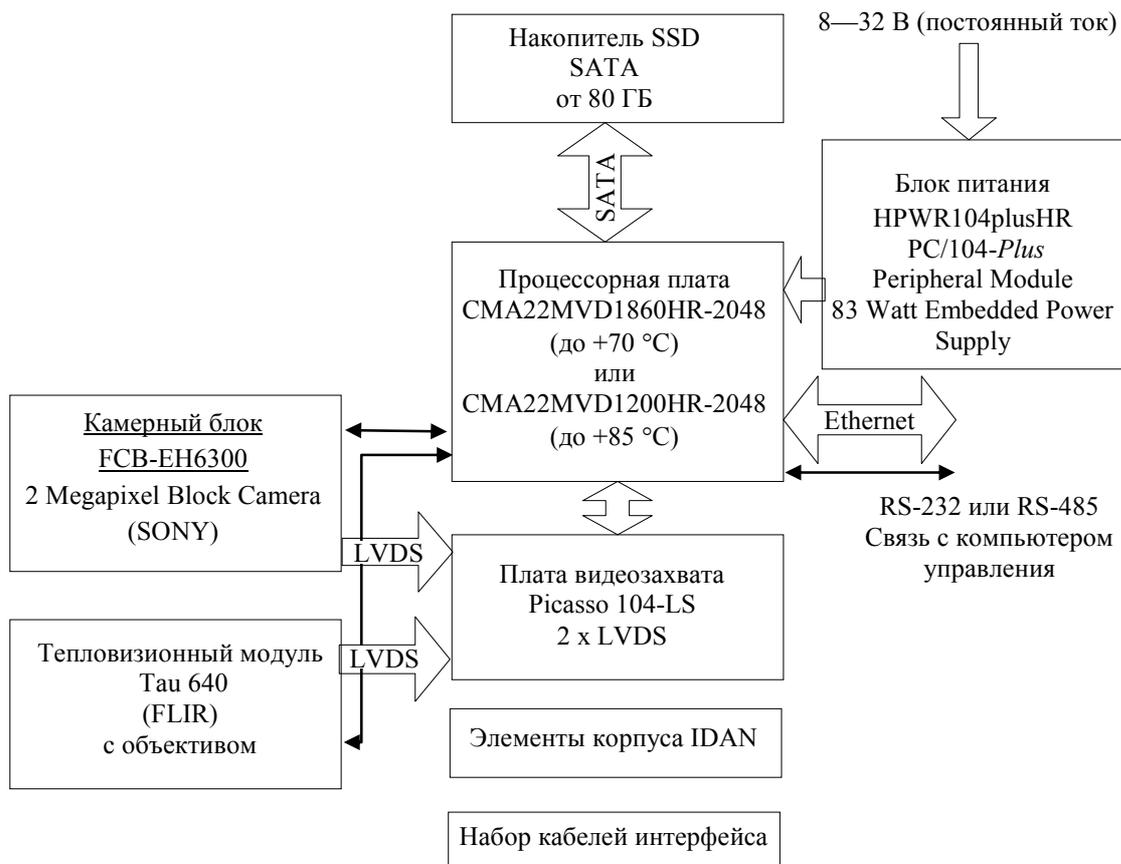


Рис. 2

Бортовой вычислитель предназначен для решения следующих основных задач:

- захват видеосигнала ТВ-камеры и тепловизора;
- сжатие видеосигнала ТВ-камеры и тепловизора в режиме реального времени (если сжатие отсутствует в самой ТВ-камере или тепловизоре);
- видеоархивирование на встроенном накопителе информации ТВ и тепловизионного сигналов;
- обнаружение, распознавание и определение положения пожара на совмещенном изображении;
- связь с главным вычислителем БПЛА;
- управление работой ТВ-камеры и тепловизора с помощью специального интерфейса.

Как показывает практика, процесс видеозахвата и обработки цифровых видеопотоков требует значительной вычислительной мощности. Поскольку описываемое оборудование устанавливается на сравнительно небольших БПЛА, одним из удачных технических решений можно считать использование промышленного компьютера фирмы RTD в качестве бортового вычислителя, выполненного в малогабаритном формфакторе стандарта PC/104 [3]. Кроме того, на это оборудование накладываются дополнительные требования:

- питание — 12 В ($\pm 5\%$), постоянный ток,
- максимальная потребляемая мощность — не более 100 Вт,
- диапазон рабочих температур — от -20 до $+85$ °С,
- относительная влажность — до 95 % (без образования конденсата),
- канал связи с основным вычислительным блоком — RS-485, полудуплекс, скорость 115 кБод.

В качестве ТВ-камеры выбран блок FCB-EH6300 производства фирмы Sony [4]. Камера имеет встроенный КМОП-фотоприемник разрешением 1920×1080 пкс, диапазон освещенности 0,5—100 000 лк, 20-кратный оптический трансфокатор, позволяющий изменять горизонтальное поле зрения камеры от 2,9 до 55,4°. Подключение производится через цифровой интерфейс LVDS.

Оценить разрешающую способность камеры, работающей по цифровому интерфейсу, можно, определив расстояние в пространстве предметов, эквивалентное шагу элементов фотоприемной матрицы КМОП-фотоприемника в пространстве изображений l :

$$l = \frac{2H \operatorname{tg}\left(\frac{\omega}{2}\right)}{a_h},$$

где H — высота полета БПЛА; ω — поле зрения камеры; a_h — количество элементов изображения по горизонтали.

Ширину зоны обзора L можно оценить по формуле:

$$L = 2H \operatorname{tg}\left(\frac{\omega}{2}\right).$$

Для решения задачи привязки совмещенного изображения к местности требуется различение в оптическом канале объектов типа „дорога“, „лесополоса“, „отдельно стоящее здание“, „опора ЛЭП“ и т.п. В этом случае эквивалентный шаг элементов фотоприемной матрицы должен быть не более одной четвертой от размера объекта. В большинстве случаев удовлетворительным значением следует считать 0,2 м.

Камера оптического диапазона высокого разрешения (1920×1080 пкс) предпочтительнее камеры стандартного разрешения (640×480), так как последняя способна обеспечить удовлетворительную разрешающую способность только при малой высоте или при минимальном угле поля зрения (см. таблицу).

H , м	l/L			
	1920×1080 пикселей		640×480 пикселей	
	$\omega = 2,9^\circ$	$\omega = 55,4^\circ$	$\omega = 2,9^\circ$	$\omega = 55,4^\circ$
300	0,007/15	0,16/315	0,028/15	0,64/315
700	0,018/35	0,39/735	0,072/35	1,56/735
1500	0,035/75	0,8/1535	0,140/75	3,2/1535

Тепловизор необходим для определения активной зоны (фронта) пожара, в том числе в условиях сильной задымленности наблюдаемого участка леса. Исходя из этих соображений лучше использовать тепловизор, работающий в диапазоне 8—14 мкм, так как в этом спектральном интервале отсутствуют полосы поглощения углекислого газа и воды.

В качестве тепловизора выбран FLIR Tau 640 с фокальной матрицей на неохлаждаемых микроболометрах [5]. Спектральный диапазон чувствительности 7,5—13,5 мкм, разрешение 640×480 пкс, температурная чувствительность NETD — менее 0,5 °С, частота кадров — 30 Гц. Поле зрения тепловизора по горизонтали — 25°, по вертикали — 20°.

Программное обеспечение системы. Для выполнения задачи мультиплексирования полученной информации от ТВ и тепловизионных каналов создано специальное программное обеспечение (СПО) с использованием архитектуры „клиент-сервер“ (рис. 3).

Каждый малогабаритный цифровой блок обработки (МЦБО) представляет собой сервер, обеспечивающий выдачу видеоряда клиенту — вычислительному блоку (БВ). МЦБО включает в себя блоки ввода данных от видеоисточников; блок компиляции (решение задач масштабирования и совмещения изображений); блок управления (прием, применение управляющих

команд к соответствующим блокам МЦБО, хранение настроек пользователя); фильтр сжатия (кодирование выходного видеоряда с использованием стандартных кодеков); блок приема/передачи (обеспечивает двустороннюю передачу сигналов между МЦБО и БВ).

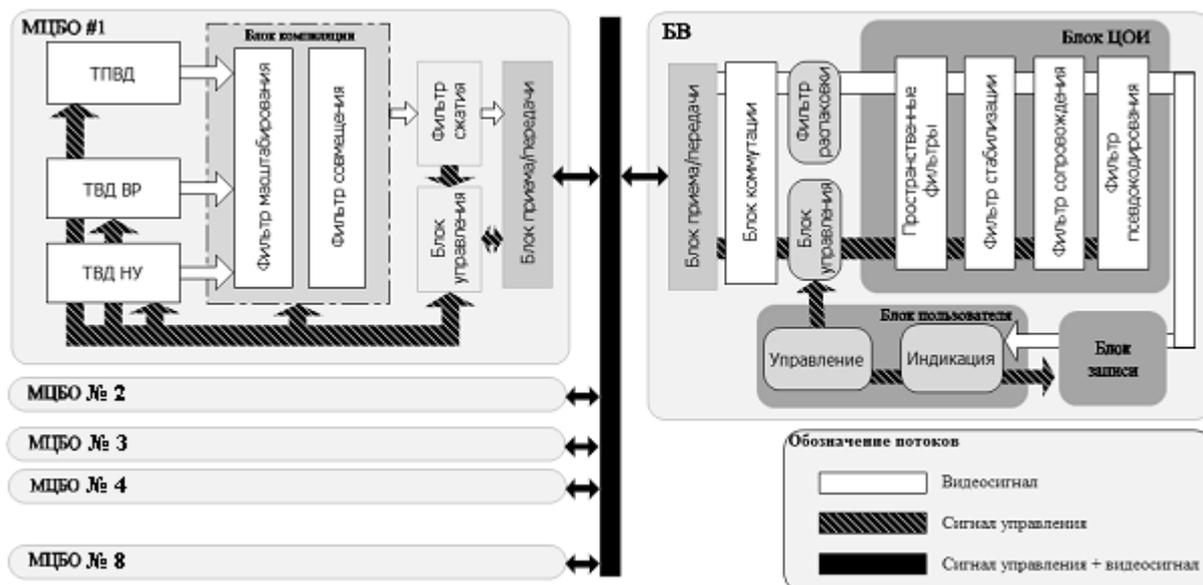


Рис. 3

Вычислительный блок содержит блок коммутации (предназначен для выбора активного, с точки зрения пользователя, МЦБО); фильтр распаковывания (для раскодирования выходного видеоряда с использованием стандартных кодеков); блок цифровой обработки изображений (ЦОИ), предназначенный для применения пространственных фильтров, фильтров электронной стабилизации, сопровождения и псевдокодирования; блок записи результирующего видеоряда в файл; блок пользователя, обеспечивающий управление процессом съема, обработки видеоданных, а также индикации результата пользователю.

Заключение. Эффективность решения задачи обнаружения и мониторинга активных зон лесных пожаров увеличивается за счет объединения информации, поступающей с телевизионной камеры и тепловизора. Такой подход позволяет не только определить очаги возгорания участков лесного массива, но и сохранить наглядность результатов съемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: Состояние, проблемы. М.: ДЭК-ПРЕСС, 2004. 312 с.
2. Васильев А. С., Коротаев В. В., Краснящих А. В., Лашманов О. Ю., Ненарокомов О. Н. Применение совмещения тепловизионного и телевизионного изображений при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 4. С. 12—16.
3. PC/104 Single Board Computer Top Level Selection Guide [Электронный ресурс]: <http://www.rtd.com/PC104/PC104_cpuModule.htm>.
4. Sony Color Camera Module FCB-EH6300. Technical Manual. Sony Corporation, 2011. 62 p.
5. Tau 640 Slow Video Camera. User Manual. Flir Commercial Systems. October 2010. 81 p.

Сведения об авторах

Александр Сергеевич Васильев

— аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;
E-mail: yoshikawa06@gmail.com

- Андрей Владимирович Краснящих** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: crus@mail.ru
- Валерий Викторович Коротаев** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; заведующий кафедрой, декан факультета; E-mail: korotaev@grv.ifmo.ru
- Олег Юрьевич Лашманов** — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: o.lashmanov@gmail.com
- Дмитрий Юрьевич Лысенко** — Группа компаний „Транзас“, Санкт-Петербург; E-mail: Dmitry.Lysenko@transas.com
- Олег Николаевич Ненарокомов** — Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; ассистент; E-mail: 4307_globl@mail.ru
- Анатолий Сергеевич Широков** — Группа компаний „Транзас“, Санкт-Петербург; E-mail: Anatoliy.Shirokov@transas.com
- Сергей Николаевич Ярышев** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики; E-mail: ysn63@mail.ru

Рекомендована кафедрой
оптико-электронных приборов и систем

Поступила в редакцию
13.10.11 г.