

Сергей Солдатов

Применение дигитайзеров Spectrum в лидарных системах

Системы определения расстояния и распознавания объектов на базе лазерных технологий (лидары) уже давно используются в различных отраслях промышленности. Но повышение качества работы лидаров и расширение их функций требуют новых решений для обработки получаемых с них данных, одним из них служит применение дигитайзеров. Компания Spectrum – один из лидеров в разработке дигитайзеров, и её изделия уже нашли применение в лидарных системах.

Полвека развития лазерных технологий привели к созданию лазерных систем обнаружения, идентификации и измерения дальности – лидаров (LIDAR – Light Identification Detection and Ranging). Принцип работы лидара во многом похож на принцип работы радара. Ключевое отличие состоит в том, что радиолокационные системы обнаруживают радиоволны, которые отражаются объектами (рис. 1), в то время как лидар использует лазерное излучение. Оба способа обычно ис-

пользуют для определения расстояния до объекта метод измерения времени возврата отражённого сигнала. Однако, поскольку длина волны лазерного излучения намного меньше, чем у радиоволн, лидары обеспечивают более высокую точность измерений.

Лидары также могут применяться при исследовании других свойств отражённого света, таких как частотный состав или поляризация, чтобы выявить дополнительную информацию об объекте.

В настоящее время лидары используются в самых разных областях. Их перечень весьма широк и включает в себя автономное управление мобильными объектами, геологоразведку и географические исследования, сейсмологию, метеорологию, наблюдения за физикой атмосферы, альтиметрию, лесное хозяйство, навигацию, отслеживание транспортных средств, геодезию, защиту окружающей среды.

КОНСТРУКЦИЯ И КОНФИГУРАЦИЯ ЛИДАРНЫХ СИСТЕМ

Лидарные системы имеют разнообразную конструкцию и множество конфигураций, зависящих от области применения. Система обнаружения отражённого света может быть либо некогерентной (прямой способ измерения), где анализируется изменение амплитуды отражённых сигналов, либо когерентной, когда исследуются сдвиги в частоте отражённого сигнала, например, вызванные эффектом Доплера, или его фазы.

Также могут различаться источники излучения, они могут быть с микроимпульсной схемой с низким энергопотреблением, в которой передаются последовательности прерывистых им-

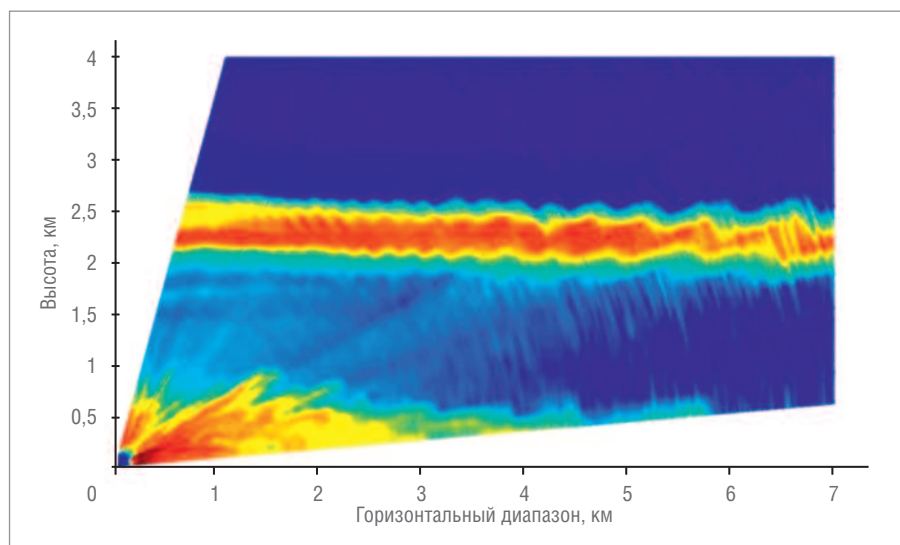


Рис. 1. Результаты сканирования атмосферы лидаром

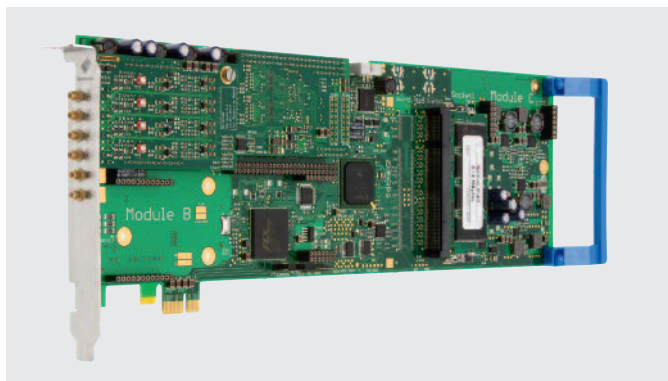


Рис. 2. Дигитайзер Spectrum M4i.4451-x8



Рис. 3. Дигитайзер серии digitizerNETBOX

пульсов, или со схемой создания мощного излучения. Микроимпульсные системы подходят для применений, где необходима безопасность для глаз (например, при съёмке и слежении за наземным транспортным средством), тогда как мощные системы обычно используются на больших расстояниях и при низком уровне отражённого сигнала (в исследованиях физики атмосферы и метеорологии).

Любая система должна использовать соответствующий датчик обнаружения отражённых лазерных сигналов с последующим их преобразованием в электрический сигнал. Наиболее распространёнными типами датчиков являются фотоэлектронные умножители (ФЭУ) и твердотельные фотоприёмники (фотодиоды). В целом ФЭУ применяются в приложениях, где используется видимый свет, в то время как фотодиоды более распространены в инфракрасных системах. Стоит отметить, что широкое применение нашли оба типа датчиков, и выбор во многом зависит от характеристик излучений, которые необходимо фиксировать, требуемого уровня производительности и стоимости.

Самое важное, что датчики выдают быстро меняющиеся электрические сигналы, которые необходимо непрерывно собирать и анализировать. Для большинства приложений с лидаром наиболее популярным форм-фактором платы регистрации сигналов является PCIe, что позволяет устанавливать их в большинство современных ПК и обеспечивает высокую скорость передачи данных. Данный форм-фактор поддерживается большинством поставщиков дигитайзеров (преобразователь аналоговых сигналов в цифровые), в частности, компанией Spectrum Instrumentation (Spectrum).

Дигитайзеры Spectrum (рис. 2) обеспечивают широкий выбор частот дискретизации с высоким разрешением,

имеют большой динамический диапазон и встроенный усилитель с низким уровнем шума, что позволяет обнаруживать и анализировать самые разнообразные сигналы. Помимо PCIe компания Spectrum, как и большинство производителей дигитайзеров, поддерживает и другие стандарты, в их числе LXI/Ethernet и PXIe. В частности, устройство серии digitizerNETBOX (рис. 3) выполнено в соответствии со стандартом LXI и предназначено для приёма и оцифровки аналоговых сигналов с дальнейшей передачей дискретной информации по каналам Ethernet. Данное устройство является хорошим выбором для мобильных систем в условиях ограниченного пространства или подверженных воздействию вибрации, таких как бортовое оборудование для авиации или наземная подвижная установка.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИДАРОВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Лидары по производительности можно разделить на три класса.

- *С быстрыми световыми импульсами.* Для захвата и анализа очень быстрых сигналов плата оцифровки должна обеспечить частоту дискретизации до 5 Гсэмпл/с и пропускную способность более 1 ГГц. Примером такого преобразователя является серия Spectrum Instrumentation 22xx, которая предлагает до 4 каналов на плате PCIe и PXIe или до 24 каналов на платформе LXI. Такая комбинация делает эти устройства подходящими для работы с быстрыми датчиками, которые генерируют импульсы с наносекундной или даже субнаносекундной периодичностью. Кроме того, высокая частота дискретизации позволяет выполнять измерения с субнаносекундным разрешением, такая система подходит для задач с небольшими частотными сдвигами, например, вызванными эффектом Доплера.

- *С сигналами низкого уровня.* Когда требуется широкий динамический диапазон сигналов и очень высокая чувствительность, плата дигитайзера должна принимать сигналы с амплитудами, лежащими в диапазоне милливольт с частотой дискретизации несколько сотен миллионов опросов в секунду и соответствующей шириной полосы. Разрешение должно быть высоким, предпочтительно 16 бит. Примером является серия Spectrum M4i.44xx с разрешением 14 бит для 500 Мсэмпл/с или 16-битным разрешением при 250 Мсэмпл/с. Эти устройства также имеют программируемые усилители сигналов от ± 200 мВ до ± 10 В, что делает их пригодными для задач с низким уровнем сигнала, когда надо отслеживать и измерять небольшие изменения амплитуды.

- *Со средним уровнем соотношения цены/производительности.* Третья группа предназначена для приложений, которые нуждаются в высокой чувствительности, но менее требовательны ко времени. Для таких задач лучше всего подходят дигитайзеры с частотой дискретизации до 100 Мсэмпл/с и 16-битным разрешением, как у Spectrum серии M2p.59xx. Такие лидары используются в приложениях с большой дальностью, где важна высокая чувствительность к сигналу, а также в случаях, когда требуется многоканальная запись с высокой плотностью.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ДИГАЙЗЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЛИДАРНЫХ СИСТЕМАХ

Дигитайзеры имеют несколько различных режимов сбора данных, которые позволяют эффективно использовать встроенную память и обеспечивают сверхбыструю фиксацию изменений сигналов. Последнее даёт возмож-

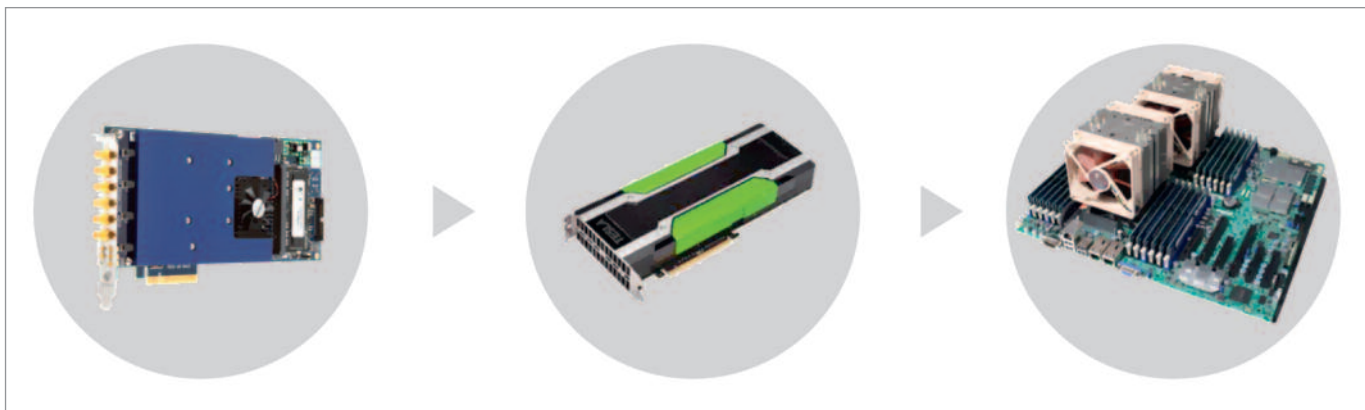


Рис. 4. Передача данных дигитайзера с помощью RDMA в графический процессор

ность исключить какие-либо потери при регистрации данных. Режимы сбора данных включают сегментацию (Multiple), опрос по стробирующему сигналу (Gated) с отметками времени, FIFO, высокоскоростное усреднение на базе ПЛИС.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ С ЛИДАРА

Первый способ – это просто отправить данные в центральный процессор (ЦП) ПК. Пользователи могут создавать свои собственные программы ана-

лиза на основе API производителя дигитайзера или использовать сторонние программы обработки измерений, такие как SBench 6, MATLAB и LabVIEW.

Недостаток данного подхода состоит в том, что общая производительность и скорость измерения ограничены доступными ресурсами ЦП. При этом ЦП делит свою вычислительную мощность с остальной частью системы ПК, а также управляет передачей данных.

Второй подход – использовать дигитайзеры со встроенной ПЛИС (FPGA – Field Programmable Gate Array). Это вы-

сокопроизводительное решение, но оно имеет гораздо более высокую стоимость и сложность. Большие ПЛИС стоят дорого, и для создания специализированной прошивки требуются FDK (FPGA Development Kit – пакет разработчика ПЛИС), различные инструменты от поставщика ПЛИС и специальные навыки проектирования аппаратного обеспечения. Создание прошивки доступно не всем, и даже опытные специалисты могут увязнуть в процессе разработки. Кроме того, решение ограничено ПЛИС, которая фактически



Новые стандарты измерений сигналов

Портативные приборы TiePie engineering с USB-интерфейсом



HANDYSCOPE HS5
2-канальный осциллограф с разрешением 14 бит и высокой частотой опроса:

- полоса частот входного сигнала 250 МГц
- частота дискретизации до 500 МГц
- разрешение 12, 14, 16 бит
- память 64 Мсэмпл
- встроенный генератор 30 МГц



HANDYPROBE HP3
Профессиональный USB-прибор с функциями мультиметра, осциллографа, спектроанализатора, логического анализатора:

- диапазон входного сигнала 0,2–800 В
- разрешение 10 бит
- максимальная частота дискретизации 100 МГц

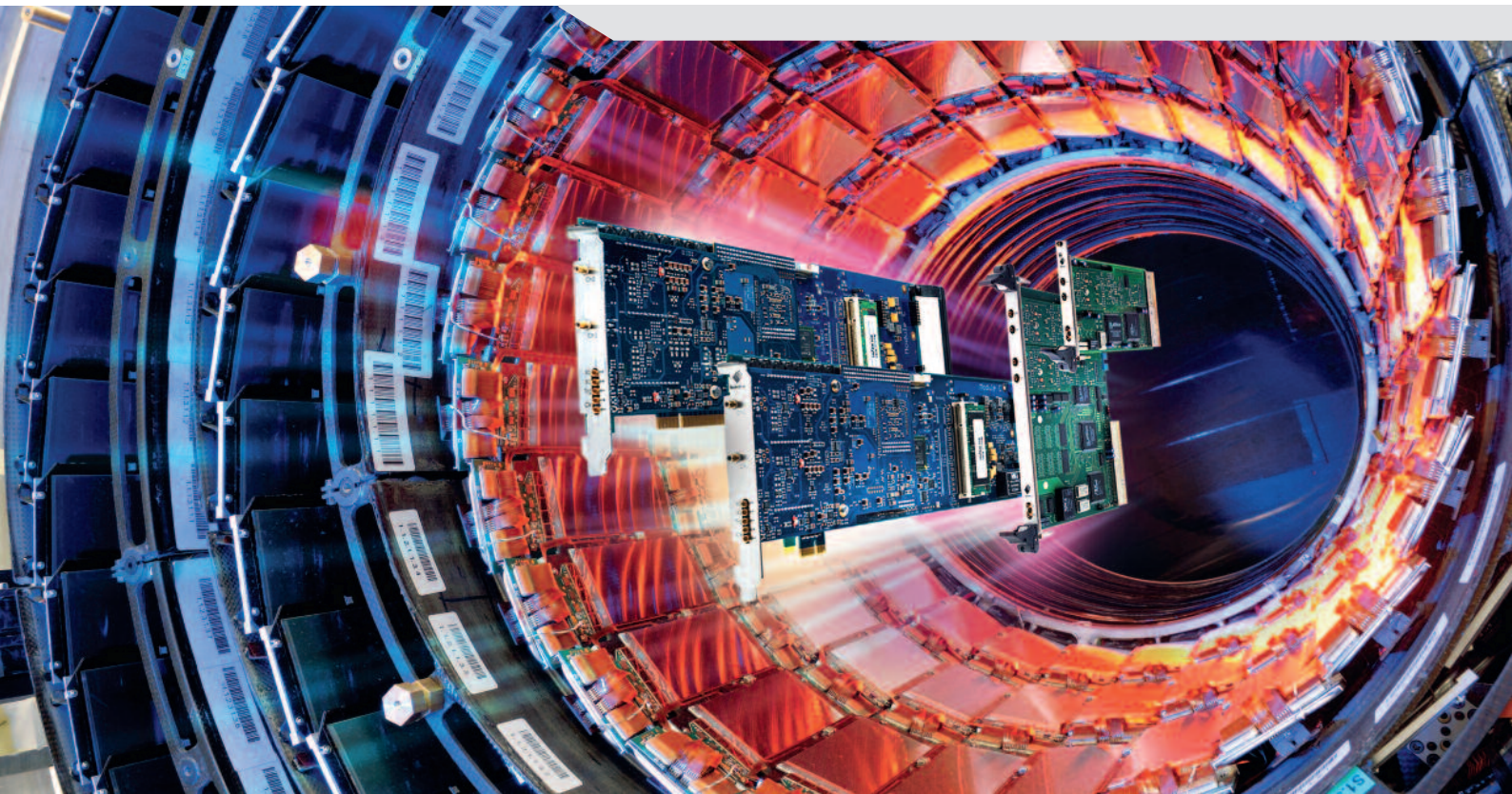


ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU





Для широкого спектра решений по сбору данных и генерации сигналов

PCI/PCI-X и PCI Express

- Свыше 200 моделей плат
- До 16 синхронных каналов
- Разрешение от 8 до 16 бит
- Частота опроса до 1 ГГц
- Встроенная память до 4 Гбайт
- Тактирование и многомодульная синхронизация

6U CompactPCI

- Около 80 вариантов модулей
- До 16 каналов
- Разрешение до 16 бит
- Частота опроса до 500 МГц

3U PXI

- Более 45 моделей
- Соответствие стандарту PXI
- Межмодульная синхронизация
- Тактирование 10 МГц
- Память до 512 Мбайт

Программное обеспечение



- Собственное ПО SBench 6
- Поддержка ОС Windows, Linux
- Разработка систем сбора и записи данных по ТЗ заказчика
- Индивидуальное консультирование по выбору оборудования для конкретных применений

LXI-системы сбора сигналов



- Более 60 моделей
- Соответствие стандарту LXI
- Число каналов 2–48
- Частота опроса до 500 МГц
- Разрешение от 8 до 16 бит
- Полоса частот от 100 кГц до 250 МГц



находится на дигитайзере. Например, если доступные блоки оперативной памяти исчерпаны, то ничего поделать с этим нельзя.

Третий подход предложен компанией Spectrum. Он называется SCAPP (Spectrum's CUDA access for parallel processing) и использует стандартные, серийно выпускаемые графические процессоры на базе технологии CUDA от NVIDIA (рис. 4). Графический процессор соединяется напрямую с дигитайзером без взаимодействия с ЦП. Это позволяет обрабатывать сигналы на сотнях и даже тысячах ядер графического процессора с памятью в несколько гигабайт и скоростью вычислений до 12 Тфлопс. Структура платы на базе CUDA отлично подходит для анализа, так как она предназначена для параллельной обработки данных. Это делает её хорошим решением для таких задач, как преобразование данных, цифровая фильтрация, усреднение, быстрые преобразования Фурье (БПФ) и т.п. Например, графический процессор с одной тысячей ядер и скоростью вычислений 3,0 Тфлопс уже способен выполнять непрерывное преобразование данных, мультиплекси-

рование, операции с «окнами», БПФ и усреднение со скоростью 500 Мсэмпл/с на двух каналах с размером блока БПФ 512 кбайт.

Сравнение подхода SCAPP с решением на основе ПЛИС показывает существенную экономию в совокупной стоимости владения. Всё, что требуется при реализации подхода SCAPP, — это соответствующий графический процессор с CUDA и комплект для разработки программного обеспечения. Однако самая большая экономия средств — это время разработки проекта. Вместо того чтобы тратить недели на овладение FDK производителя ПЛИС, изучение структуры прошивки ПЛИС и инструментов моделирования, пользователь может сразу же начать работу, используя примеры, написанные на простом для понимания языке C, и ПО общего назначения.

На базе SCAPP компанией Spectrum был разработан пакет усреднения продолжительных сигналов. SCAPP даёт пользователям возможность переносить данные непосредственно в графический процессор, используя RDMA (remote direct memory access — удалён-

ный прямой доступ к памяти), где можно выполнять высокоскоростное усреднение сигналов во временной и частотной областях без ограничений по длине, которые характерны для других средств усреднения. Пакет работает с высокоскоростными дигитайзерами серий PCIe M4i и M2p. Серия M4i включает модели, которые могут осуществлять выборку сигналов со скоростью до 5 Гсэмпл/с с разрешением 8 бит, 500 Мсэмпл/с с разрешением 14 бит или 250 Мсэмпл/с с разрешением 16 бит. Дигитайзеры M2p предлагают частоту дискретизации от 20 до 125 Мсэмпл/с с 16-битным разрешением и до 8 каналов на одну плату. Это позволяет пользователям выбрать оптимальный уровень производительности, соответствующий их требованиям.

Пакет на базе SCAPP также содержит набор примеров для взаимодействия с дигитайзером и параллельной обработки CUDA для основных функций усреднения. Всё программное обеспечение написано на C/C++ и может быть легко интегрировано и модифицировано. Запуск проверенных и оптимизированных примеров параллельной



**НА ВЕРШИНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ,
УНИВЕРСАЛЬНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ**







- Встраиваемые 1/8/16-портовые KVM-консоли оператора
- Заказные компьютерные платформы для специальных применений
- Защищенные портативные рабочие станции для ответственных применений



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама



CompactPCI ■ Компьютеры специального назначения

Блочные корпуса с различными механическими характеристиками, в том числе с ударопрочностью до **25g**

Эффективное электромагнитное экранирование

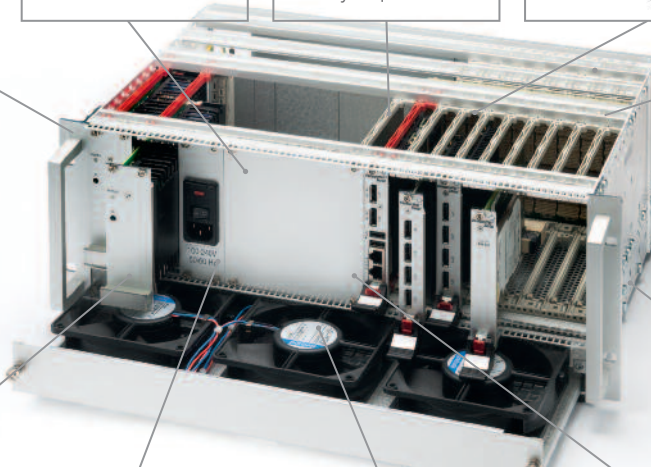
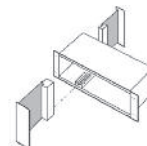


Процессорные модули PICMG 2.0, 2.16, 2.30; CPCI-S.0 (Serial) на различных процессорных платформах AMD и Intel для работы в жёстких условиях эксплуатации

Кросс-платы и модули расширения PICMG 2.0, 2.16, 2.30, CPCI-S.0 (Serial)



Подключение модулей тыльного ввода-вывода



Источники питания одинарные или резервированные: встраиваемые или в виде сменных блоков



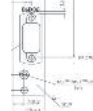
Панели ввода с клеммами заземления и разъёмами питания разных типов



Вентиляторы с возможностью «горячей» замены. Система охлаждения, в том числе с кондуктивным отводом тепла



Лицевые панели универсальные и заказные для вставных блоков



Различные габариты и варианты компоновки



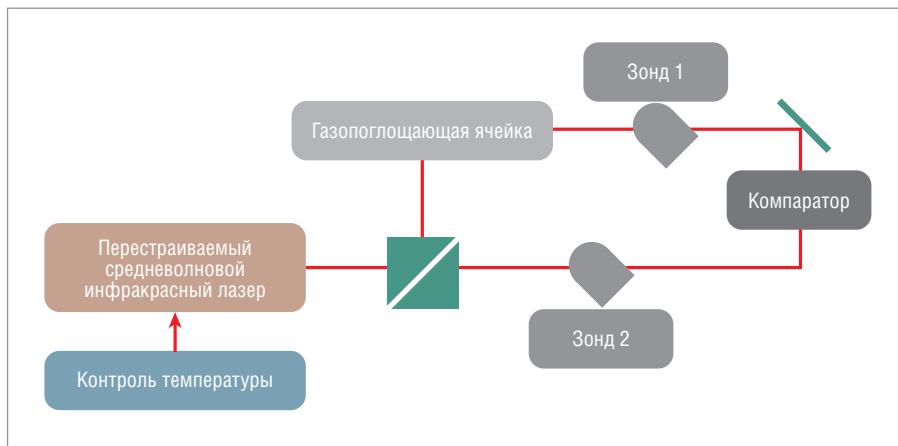


Рис. 5. Структурная схема оптической системы для спектрального анализа атмосферы

обработки позволяет сразу получить результаты, а возможность их модификации позволяет пользователям быстрее разработать собственные алгоритмы усреднения. Пакет усреднения даёт возможность передавать данные с использованием RDMA напрямую в графический процессор для ПК под управлением Linux или через ЦП для систем с операционной системой Windows.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИГИТАЙЗЕРА В СОСТАВЕ ЛИДАРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Вследствие активного индустриального роста изучение промышленных выбросов в атмосферу и их компонентов стало делом особой важности. Например, в Китае министерство охраны окружающей среды провело мониторинг уровня содержания в атмосфере диоксида серы (SO₂) и оксидов азота (NO_x), которые являются наиболее распространёнными опасными веществами, обнаруживаемыми вблизи про-

мышленных зон. Мониторинг этих газов крайне важен, так как SO₂ вызывает сильнейшее раздражение дыхательных путей и глаз. Также SO₂ является основной причиной выпадения кислотных дождей, которые, помимо вреда для животных и растений, приводят к загрязнению воды и почвы.

Китайский Нанкинский институт передовых лазерных технологий (China's Nanjing Institute of Advanced Laser Technology) совместно с Нанкинским университетом информационных наук и технологий (Nanjing University of Information Science and Technology) разрабатывают новейшую технологию активного дистанционного зондирования для обнаружения загрязнения воздуха. Одним из инструментов, который особенно полезен для обнаружения загрязняющих газов, является лидар дифференциального поглощения (DIAL – Differential Absorption LIDAR). Принцип DIAL заключается в том, что две разные длины волны лазера выбираются таким образом, чтобы одна из длин

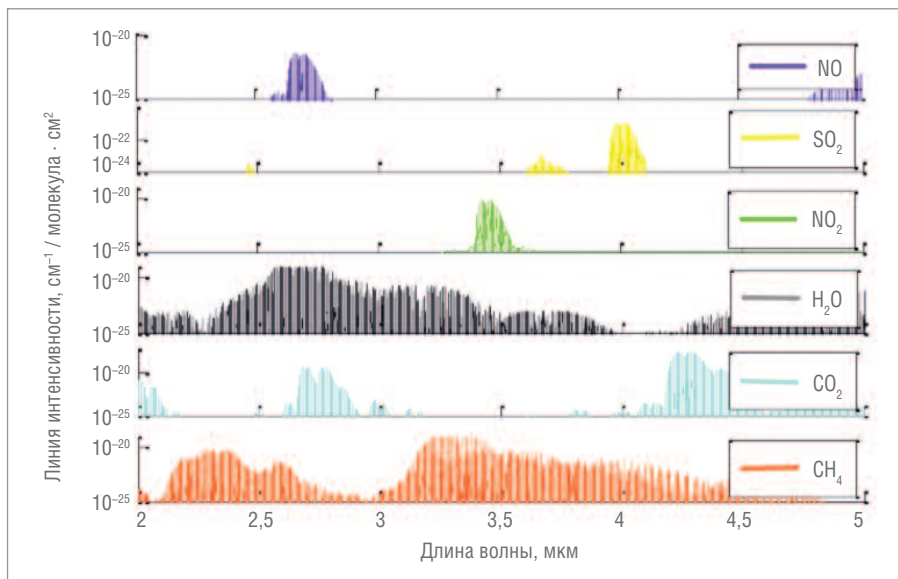


Рис. 6. Данные интенсивности линий трёх загрязняющих газов и фоновых веществ

волн поглощалась интересующими молекулами газа, а другая – нет. Измеряя последующую разницу в интенсивности двух обратных лазерных сигналов, можно определить концентрацию исследуемого газа. Блок-схема DIAL показана на рис. 5.

Исследовательская группа решила сосредоточиться на создании системы DIAL, работающей в средней инфракрасной области (MI-DIAL). Средняя зона инфракрасного излучения больше всего подходит для выявления пиков поглощения многих газов, включая органические и неорганические молекулы. Кроме того, эффективность поглощения в средней инфракрасной зоне выше, чем у ультрафиолета, на 2–3 порядка, что повышает точность и расширяет диапазон измерений.

Ключевыми элементами системы MI-DIAL являются детекторы VIGO-PVI-4TE с полосой пропускания 5 МГц и дигитайзер M2i.4960-ехр компании Spectrum Instrumentation, который осуществляет обработку сигналов от детекторов со скоростью 40 Мсэмпл/с и разрешением 16 бит. Сам лазер выдаёт импульсы шириной 20 нс с частотой повторения импульсов 500 Гц.

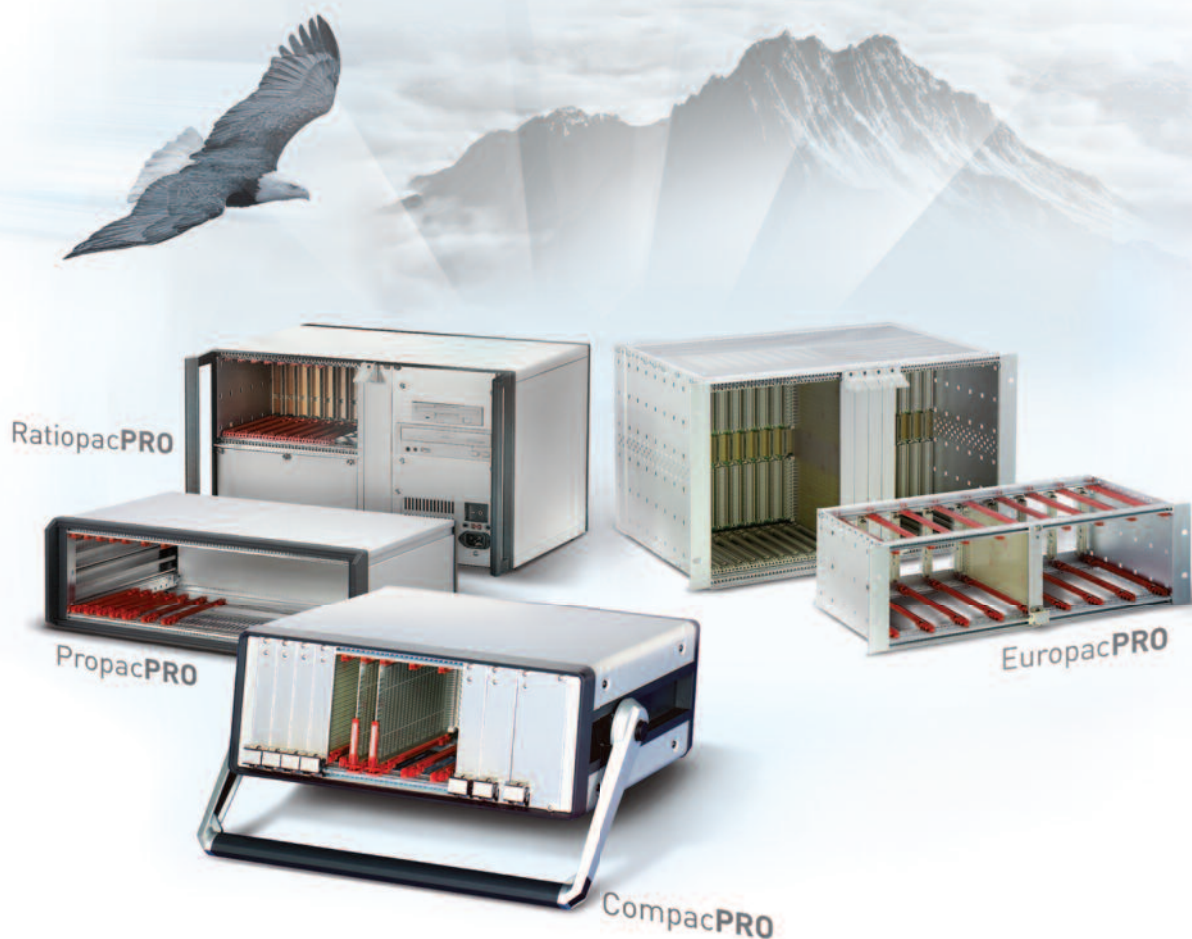
Данные, собранные дигитайзером, затем передаются на ПК, где они могут быть проанализированы. На рис. 6 показаны данные интенсивности спектральных линий трёх загрязняющих газов и фоновых веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лидары уже достаточно прочно вошли в повседневную жизнь. Различные лазерные системы безопасности, определения расстояния и распознавания объектов используются и на бытовом уровне (лазерные дальномеры), и в промышленности (лазерные сканеры), и в роботизированных автономных системах (лазерные дальномеры, распознавание объектов). Но возможности лидаров гораздо больше, для их расширения необходимо применение функциональных устройств обработки данных с датчиков лидара, например, таких как дигитайзеры компании Spectrum Instrumentation. Высокопроизводительные дигитайзеры Spectrum в сочетании с технологией обработки данных на графическом процессоре SCAPP помогут в мониторинге атмосферы земли, сейсмологии, геодезии и геологии, а также во многих других отраслях. ●

E-mail: ssacompany@mail.ru

Платформа EuropacPRO — евромеханика высокого полёта



PROгрессивные блочные каркасы и приборные корпуса

- Безграничное разнообразие конфигураций из унифицированных компонентов
- Современный промышленный дизайн
- Высокая прочность и надёжность
- Доработка под индивидуальные требования

