

УДК 551.2.08:534.23:551.594.6

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ларионов И.А.

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка,
Камчатский край, igor@ikir.ru*

Введение

На границе соприкосновения литосферы и атмосферы происходят взаимодействие и преобразование различных геофизических полей. Наиболее интенсивно это проявляется в сейсмоактивных регионах, где постоянно протекающий сеймотектонический процесс сопровождается более сильным деформированием пород. Непрерывно происходящие разномасштабные вариации этих полей отражают сложные связи между их источниками, а также свойствами твёрдой и газообразной сред [5].

Исследования геоакустических и электромагнитных полей в периоды повышенной сейсмической активности проводились в различных регионах [6,7]. В лабораторных исследованиях [8] зарегистрировано, что при деформационных нагрузках горных пород возникают акустические и электромагнитные излучения. С целью обнаружения природных сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссий, имеющих общую деформационную природу возникновения, в сейсмоактивном регионе на Камчатке проводятся одновременные комплексные наблюдения. Сигналы поступают от удалённых станций ИКИР ДВО РАН, объединённых в сеть.

Одним из важных вопросов при создании удалённых автономных систем регистрации научных данных является их энергоэффективность при высокой вычислительной способности и их гибкой настройке под изменяющиеся требования. В работе представлен разработанный аппаратно-программный комплекс анализа сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссий для автоматизированной оценки состояния системы поверхностный слой Земли - низкие слои атмосферы в периоды предшествующие опасным сейсмическим событиям. Проведена апробация системы наблюдений на реальных потоках данных со станции наблюдений ИКИР ДВО РАН.

Аппаратно-программный комплекс

Для регистрации широкополосного сигнала с различных систем наблюдений в режиме реального времени разработан аппаратно-программный комплекс (АПК), состоящий из двух пространственно разнесённых частей (автономной и стационарной). Стационарная часть комплекса находится в лабораторном корпусе ИКИР ДВО РАН. Автономная часть расположена в пункте наблюдений «Карымшина», удалённом на 18 км юго-юго-западнее Института. Между частями АПК организована высокоскоростная wi-fi линия связи для обмена данными и контроля работы удалённого оборудования. Структура комплекса представлена на рис. 1.

В автономной части АПК аналоговый сигнал, полученный с помощью первичных преобразователей исследуемых геофизических полей, обозначенных на рисунке «Датчик 1» «Датчик N», проходит предварительное усиление и поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Далее персональный компьютер (ПК), используя программы регистрации [1,2], производит запись цифрового сигнала на внутренний накопитель в формате RIFF (WAVE) без использования сжатия. Исключается ситуация переполнения носителей информации, что обеспечивает непрерывность записи данных. Число одновременно хранимых суточных данных задаётся пользователем системы, исходя из объёма свободного пространства на используемом носителе. Для хранения полученных данных используется буферный накопитель большой ёмкости, на который они копируются с предварительным переводом в формат FLAC (Free Lossless Audio Codec). Этот формат позволяет производить сжатие аудиоданных без потерь. Заполненный накопитель своевременно меняется на новый и помещается в банк данных лаборатории. Следует отметить, что в архитектуру разработанного программного продукта заложена возможность одновременной и независимой работы с несколькими АЦП.

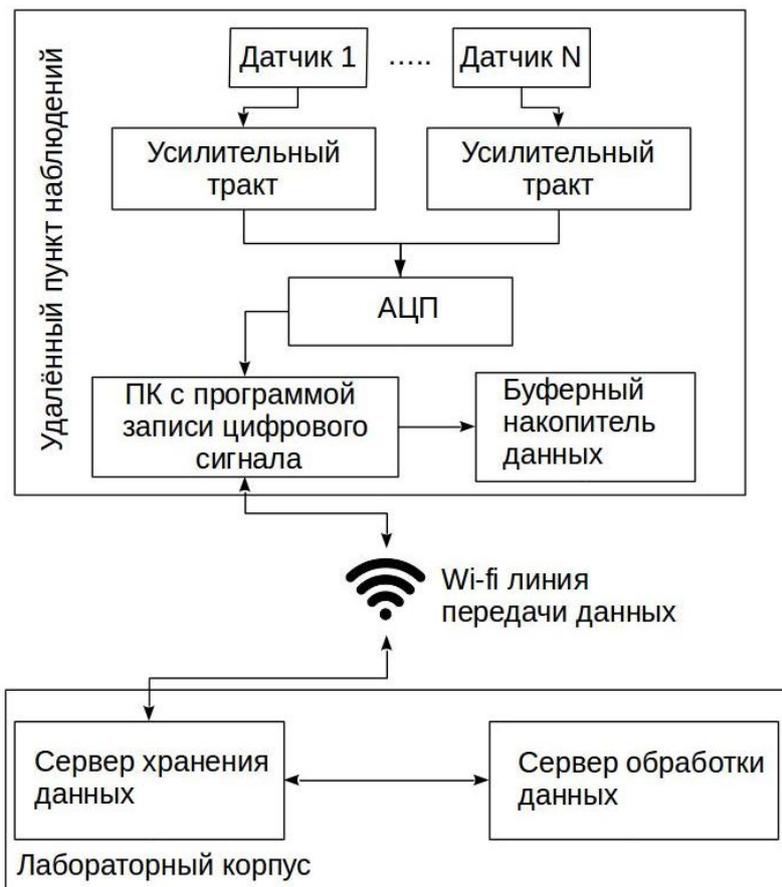


Рис. 1. Структурная схема АПК для регистрации широкополосных сигналов с различных систем наблюдений

Важно, что на удалённой станции наблюдений, не имеющей централизованного электроснабжения, в качестве ПК используются энергоэффективные низкопроизводительные ноутбуки, т.к. основную нагрузку по обработке данных они не несут. В настоящее время, с развитием микроэлектроники и миникомпьютерной индустрии, в широком доступе появились недорогие миникомпьютеры с высокой вычислительной мощностью и малым потреблением электроэнергии. Поэтому, на замену ноутбукам, приходят оптимально подобранные по параметрам производительности миникомпьютеры, проверенные в тестовом режиме в АПК, что позволяет повысить энергоэффективность системы регистрации в целом.

В стационарной части АПК для оптимизации функций обработки и хранения данных, используются два сервера. Один из них оснащается мощными процессорами и расширяемым дисковым пространством и предназначен для сбора данных с автономной части комплекса, их предварительной обработки, хранения и обработки запросов пользователей (рис. 2). В реализованном АПК данный сервер включает:

1. 16-ядерную двухпроцессорную систему на базе Intel Xeon с тактовой частотой 2.4 ГГц;
2. оперативную память объёмом 64 Гб;
3. 12 Тб дискового пространства.

Особенностью второго сервера в АПК является наличие одновременно подключённых четырёх современных видеокарт с поддержкой технологии параллельных вычислений NVIDIA CUDA. Он производит основную обработку данных, используя высокопроизводительные видеокарты, а также программный комплекс, состоящий из программы «IAC» для цифровой фильтрации [3] и программы для разреженной аппроксимации импульсных сигналов с применением параллельных вычислений [4].

Программа «IAC» состоит из двух независимых модулей: обработчика и монитора. Обработчик – консольная программа, написанная на языке C++, выполняющая основные расчёты на графических процессорах видеокарт. Для реализации данной функциональности используется открытый стандарт гетерогенных вычислений OpenCL и его реализация для видеокарт NVIDIA, основанная на технологии CUDA. Программы, написанные под этот стандарт, могут выполняться на любых современных видеокартах, а при их отсутствии – на центральном процессоре. Обработчик в качестве входных данных получает широкополосный сигнал в формате WAVE, производит его

частотно-временную обработку, отображает результаты и сохраняет их в соответствующие каталоги на сервер хранения данных. Цифровая фильтрация осуществляется в семи частотных поддиапазонах (F1 -- F7 на рис. 6): от 0.1 до 10, от 30 до 60, от 70 до 200, от 200 до 600, от 600 до 2000, от 2000 до 6500 и более 6500 Гц с последующим детектированием, интегрированием и синхронной записью отсчётов с частотой 1 Гц. Монитор – приложение с графическим пользовательским интерфейсом, написанное с использованием фреймворка Qt. Его задачей является визуализация обработанных данных за последние сутки в удобном виде. Интерфейс главного окна модуля «Монитор» представлен на рис. 3.

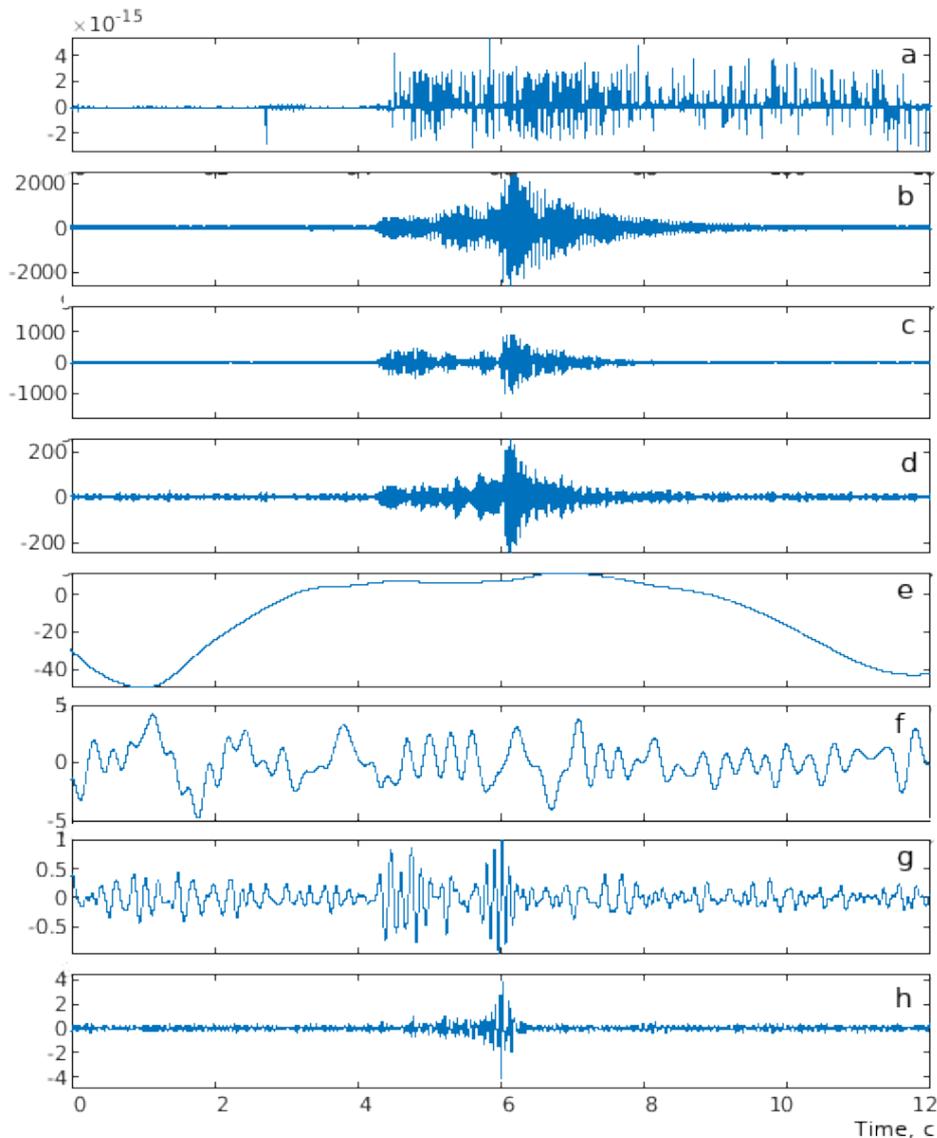


Рис. 2. Пример обработки и визуализации данных сервером, предназначенным для сбора файлов с автономной части комплекса, их предварительной обработки. а) Скорость деформации; b,c,d) Данные геофона с различных направлений, в полосе частот 10-30 Гц; e,f,g,h) Данные микробарометра, в полосах частот 0.13-0.6 Гц, 0.6-5 Гц, 5-10 Гц и 10-30 Гц соответственно.

Для раскрытия внутренней структуры сигнала, используется метод согласованного преследования для частотно-временного анализа сигналов. Данный подход основан на разложении импульсов в сигнале по некоторому набору базисных функций. Программа для разреженной аппроксимации сигналов, выполняющая эту задачу, также использует открытый стандарт гетерогенных вычислений OpenCL и его реализацию для видеокарт NVIDIA по технологии CUDA [9].

Таким образом, основное преимущество сервера обработки данных заключается в использовании десятка тысяч процессоров на нескольких видеокартах и технологии CUDA для обеспечения параллельных вычислений. Это даёт возможность производить обработку и мониторинг сигналов наблюдений с различных систем регистрации в масштабе реального времени. Максимальная пропускная способность для решаемых задач составляет более 10 Гб/мин.

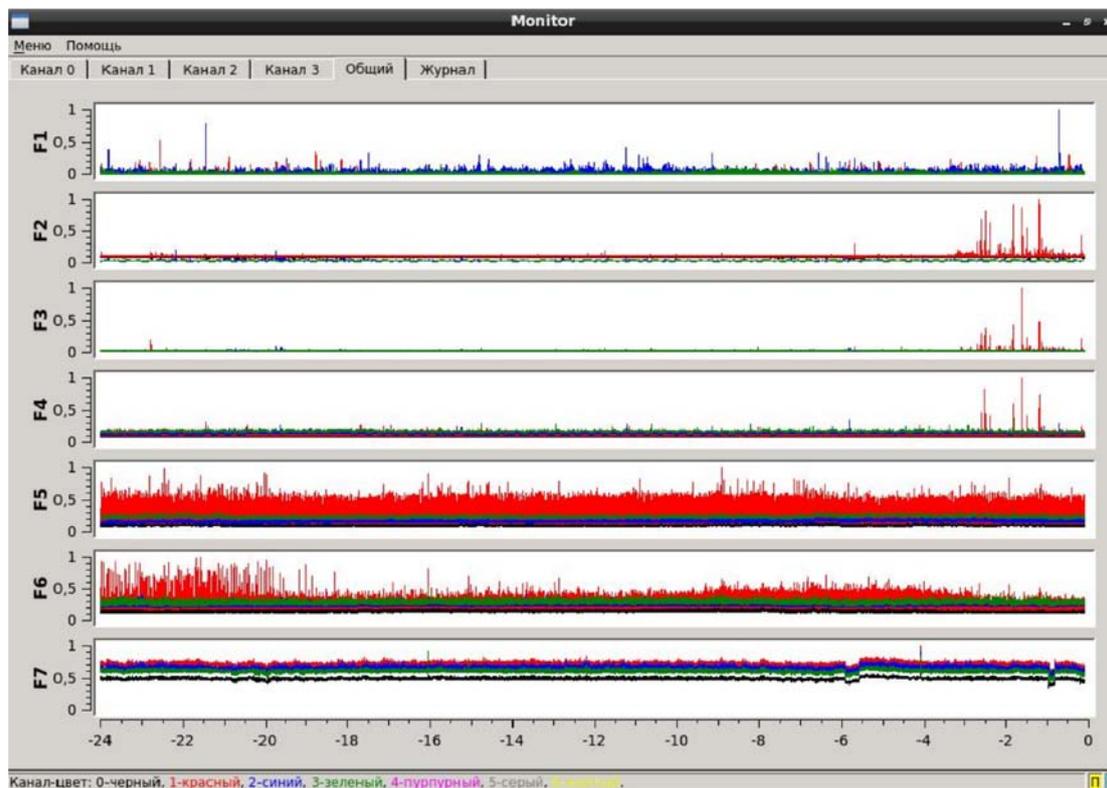


Рис. 3. Интерфейс главного окна модуля «Монитор»

Все описанные системы регистрации и комплексы обработки работают в автоматическом режиме. Важные модули или исполняющие обработку программы имеют возможность сообщать о статусе своей работы в графическом режиме. Также, сервер хранения данных позволяет контролировать состояние работы АПК через интерфейс, доступный в сети INTERNET.

Заключение

Реализован автоматизированный аппаратно-программный комплекс, который может быть использован для оперативного мониторинга, идентификации и выделения эффектов, возникающих в периоды прогнозируемых сейсмических событий в масштабе реального времени, их анализа и записи на цифровые носители.

Проведена апробация АПК на реальных сигналах геоакустической и электромагнитной эмиссий.

Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект №18-11-00087)

Список литературы

1. А.с. 9537. Программа регистрации акустического сигнала Sound Processor v.1.1.
2. А.с. 9766. Программа для выделения геоакустических импульсов и вычисления их направлений SmartPeleng v.0.7.
3. А.с. 19790. Программный комплекс для цифровой фильтрации сигнала с использованием параллельных вычислений "IAC" версия 1.0.
4. А.с. 2015613613. Программа для разряженной аппроксимации сигналов геоакустической эмиссии с применением параллельных вычислений.
5. Адушкин В.В., Стивак А.А. Приповерхностная геофизика: комплексные исследования литосферно-атмосферных взаимодействий в окружающей среде // Физика Земли. 2012. №3. С. 3–21
6. Гохберг М.Б. и др. Сейсмoeлектромагнитные явления. М.: Наука. 1988. 174 с.
7. Садовский М. А. и др. Электромагнитные предвестники землетрясений. М.: Наука, 1982. 89 с.
8. Mori Y., Obata Y., Sikula J. Acoustic and electromagnetic emission from crack created in rock sample under deformation // Acoustic Emission. 2009. №29. P. 157–166.
9. Tristanov A.B., Marapulets Yu.V., Lukovenkova O.O., Kim A.A. A new approach to study of geoaoustic emission signals // Pattern Recognition and Image Analysis. 2016. V. 26. № 1. P. 34–44.