

11. Жаринов О.О., Видин Б.В., Шек-Иовсепянц Р.А. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 4 (68). – С. 21–27.
12. Бондаренко И.Б., Коробейников А.Г., Прохожев Н.Н., Михайличенко О.В. Принятие технических решений с помощью многоагентных систем // NB: Кибернетика и программирование. – 2013. – № 1. – С. 16–20.

- Книга Екатерина Викторовна* – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, ekovinskaya@gmail.com
- Жаринов Игорь Олегович* – Россия, Санкт-Петербург, ФГУП «Санкт-Петербургское опытно-конструкторское бюро «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», доктор технических наук, доцент, руководитель учебно-научного центра, igor_rabota@pisem.net

УДК 004; 621.39; 681.2

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППЫ ПОЛЕВЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.М. Денисов, А.В. Радиллов

Обоснована актуальность задачи разработки группы полевых геофизических приборов нового поколения. Представлены обобщенные функциональные требования, предъявляемые к этим приборам со стороны отрасли. Описана единая платформа, которая может быть использована для их создания. Показаны преимущества ее использования. Описан опыт разработки полевого радиометра как первого полевого прибора, созданного на принципах единой приборной платформы.

Ключевые слова: геофизические приборы, приборная платформа, полевой радиометр.

Введение

Важнейшим фактором, определяющим возможности развития отечественной экономики и промышленности, являются природные ресурсы страны. Состояние минерально-сырьевого комплекса и его технико-технологическое обеспечение в значительной степени определяют экономическую безопасность России. В современных условиях к технико-технологическому обеспечению геологоразведочных работ предъявляются особые требования, обусловленные исчерпанием фонда приповерхностных, сравнительно легко открываемых месторождений, а также тем, что появились факторы, усложнившие геоморфологическую обстановку проведения поисковых работ – большой интервал глубин, арктические широты, горные районы с отсутствующей инфраструктурой, шельф северных морей и др.

Вместе с тем, общий ход научного и технического развития привел к качественному изменению ситуации. С одной стороны, появились новые геологические идеи, основанные на связи размещения полезных ископаемых с глубинными процессами, происходящими в земной коре и в мантии. С другой стороны, развитие информационно-компьютерных технологий, микроэлектроники, средств спутниковой навигации, появление беспроводных каналов связи позволяет создать инструментальные средства для реализации новых геологических идей. Как следствие, качественно новой основой для изучения земных недр становится инструментальная геология. Наряду с этим хорошо известно, что современная приборная база отечественных геологических организаций и уровень их геолого-геофизических технологий значительно отстают от развитых зарубежных стран.

К настоящему времени в секторе приборного обеспечения геологической отрасли Российской Федерации (РФ) сложилась следующая ситуация. Имеющийся парк приборов устарел физически и морально. В отрасли продолжается эксплуатация приборов, основная часть которых разработана в 60–90-х годах прошлого века. Одновременно с этим в стране уменьшаются разведанные запасы минеральных ресурсов. Освободившиеся ниши в технико-технологическом обеспечении активно осваиваются зарубежными компаниями. Более 90% сейсмических партий, выполняющих работы на территории России, оснащены импортной техникой (продукция фирм Франции и США). Объем гравиметрических работ, выполняемых с использованием канадских гравиметров, составляет более 70% от общего объема этих работ. Более 80% глубинных электромагнитных зондирований выполняется с использованием аппаратуры компании Phoenix Geophysics (Канада). Этот перечень можно продолжать.

Сегодня в РФ начали действовать государственные программы по воспроизводству природных ресурсов. Однако без системного восстановления приборного обеспечения отрасли эти программы не могут быть выполнены в поставленные сроки [1–3].

Таким образом, актуальность задачи удовлетворения спроса на современные полевые геофизические приборы и восстановления процесса непрерывного инструментального обеспечения геологической

отрасли не вызывает сомнения. Для решения столь масштабной задачи необходимо осуществить разработку группы полевых приборов и обеспечить их серийное производство.

В работе представлены результаты исследования принципов функциональной организации не отдельного прибора, а группы геофизических приборов различного назначения. Разработаны принципы системной интеграции ряда современных технологий в рамках общей архитектуры, на основе которых разработан опытный образец полевого радиометра, входящего в данную группу приборов.

Функциональные требования к современным приборам полевой геологии

В рамках настоящей работы рассмотрены системные вопросы разработки геофизических приборов нового поколения, предназначенных для ведения радиометрической разведки, магнитометрической разведки, электроразведки, сейсморазведки. В состав группы этих приборов входят полевые радиометры и спектрометры, магнитометры и магнитометры–градиентометры, приборы для проведения магнитотеллурического зондирования, приборы электро- и сейсморазведки и ряд других приборов.

Достижения в области современного приборостроения позволяют решить задачу регулярного инструментального обеспечения геологической отрасли на качественно новом уровне. При этом речь должна идти не о воссоздании хорошо известных технических решений на новой элементной базе. Необходимо исходить из того, что современные технологии предоставляют уникальную возможность разработать и передать в отечественную геологию группу полевых геофизических приборов с принципиально новыми функциональными возможностями. Фактически это означает возможность одним шагом перейти из пространства технических решений прошлого в современное приборное пространство, минуя этап медленных эволюционных преобразований (рис. 1).

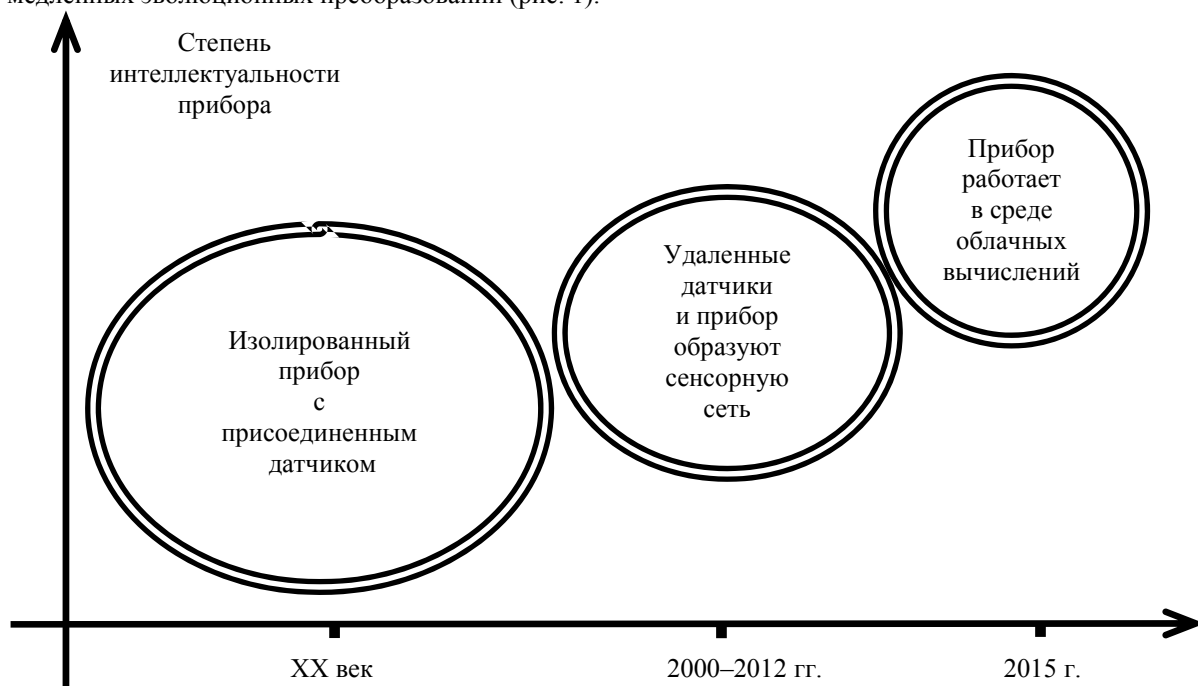


Рис. 1. Смена поколений полевых геофизических приборов

Со времени создания предыдущего поколения приборов принципиальным образом изменилась технологическая база приборостроения. Это дает возможность широкого применения беспроводных каналов связи, Интернета и облачных вычислений, спутниковой навигации. Полевые приборы могут использовать мощные специализированные вычислители с расширяемым программным обеспечением (ПО). Технологии речевого управления уже сегодня являются реальной альтернативой традиционным способам управления режимами с помощью кнопок и клавиш.

Появление на рынке геофизических приборов с подобным набором функций позволяет изменить традиционное представление об организации полевых работ. В первую очередь это связано с возможностью увеличения объемов проводимых работ, расширением возможностей обработки данных непосредственно в полевых условиях.

Анализ запросов, предъявляемых со стороны профессионального сообщества, позволил сформировать единый набор требований к функциональным возможностям современных геофизических приборов.

1. Режимы измерения:

- интерактивный режим измерений в ходе пешеходной съемки;

- автономный режим измерений при стационарном развертывании прибора в полевых условиях, временной интервал накопления информации от минут до нескольких суток.
- В общем случае пешеходные приборы могут использоваться в стационарном состоянии, а многоканальные полевые приемники–регистраторы – в режиме движения.
- 2. Многоканальный прием информации (мультисенсорный режим измерений):**
 - приборы, предназначенные для пешеходной съемки, используют один–два параллельных измерительных канала, дополнительными информационными каналами могут служить канал спутниковой навигации, каналы аудио- и видеоинформации и др;
 - полевые приемники–регистраторы используют многоканальный прием информации, поступающей от группы однородных датчиков.
 - 3. Предварительная обработка.** Выделение слабых аналоговых входных сигналов на фоне шумов с использованием фильтрующих процедур, а также 24- и 32-разрядного аналого-цифрового преобразования (АЦП).
 - 4. Математическая обработка информации.** Сложность математической обработки информации в полевых условиях должна приближаться к возможностям обработки в условиях стационарной лаборатории. Пакет прикладных программ обработки должен иметь способность к наращиванию.
 - 5. Каналы вывода информации.** Накопленная информация должна сохраняться в памяти прибора и (или) передаваться для хранения и обработки во внешние, в том числе удаленные центры обработки.
 - 6. Использование беспроводных каналов связи:**
 - между датчиками;
 - между датчиками и собственным (приборным) центром обработки;
 - между собственным и внешним центрами обработки.
 - 7. Облачные вычисления.** При проведении математической обработки повышенной сложности необходимо обеспечить возможность использования ресурсов среды облачных вычислений: корпоративные и (или) коммерческие облака должны применяться для обработки и хранения полевых данных.
 - 8. Подключение к мировому телекоммуникационному пространству** должно обеспечивать возможности:
 - передачи результатов измерений во внешний центр обработки;
 - доступа в среду облачных вычислений;
 - удаленного контроля состояния прибора.
 - 9. Измерение мирового времени** должно обеспечивать высокую точность синхронизации датчиков (сети сенсоров) и центра обработки.
 - 10. Определение географических координат** должно сопровождать процесс измерения физических полей с целью автоматической привязки данных к координатной сетке.
 - 11. Использование интерактивного режима с речевым управлением** обеспечивает возможность оперативного управления прибором с использованием голосовых команд.
 - 12. Дополнительные каналы информации** служат для ввода аудио- и видеоданных, которые синхронизируются с массивами результатов измерения физических полей.
 - 13. Автономное питание:**
 - для пешеходных приборов – до 10 часов;
 - для стационарно установленных приборов запас мощности должен обеспечивать непрерывную работу в течение всего штатного цикла измерений.
 - 14. Массо-габаритные ограничения.** Приборы, предназначенные для ведения пешеходной съемки, должны удовлетворять современным эргономическим требованиям.
 - 15. Климатические условия эксплуатации:**
 - для пешеходных приборов – температура от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - для стационарно установленных: приборов – от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$;
 - повышенная влажность (степень защиты IP66, IP67).
 - 16. Контроль состояния.** Прибор должен обеспечивать возможность автоматической самодиагностики.
- Рассмотрим в качестве примера схему полевого спектрометра, предназначенного для измерения спектров излучения естественных радионуклидов K, U, Th (калий, уран, торий) с целью расчета их концентрации (рис. 2).
- Специализированный полевой вычислитель (приборный центр обработки) получает информацию от датчика гамма-излучения спектрометра по беспроводному каналу связи. При этом расстояние между вычислителем и датчиком может составлять несколько десятков метров. Приемник GPS/Glonass-навигации встроен в общий корпус вычислителя (как вариант – встроен в корпус измерительного датчика [4]).
- Канал ввода аудиоинформации позволяет наложить речевой комментарий оператора с описанием места проведения измерений. Тот же канал используется для речевого управления прибором.

Вычислитель производит обработку полученных сигналов, автоматически распознавая соответствующие линии в спектре и вычисляя значения концентрации радионуклидов. Результат распознавания отображается на экране прибора. При необходимости оператор может переслать полученный спектр для обработки в один из облачных ресурсов и (или) в собственную корпоративную сеть для обработки и хранения. После завершения обработки ее результат будет передан обратно на приемник полевого прибора.

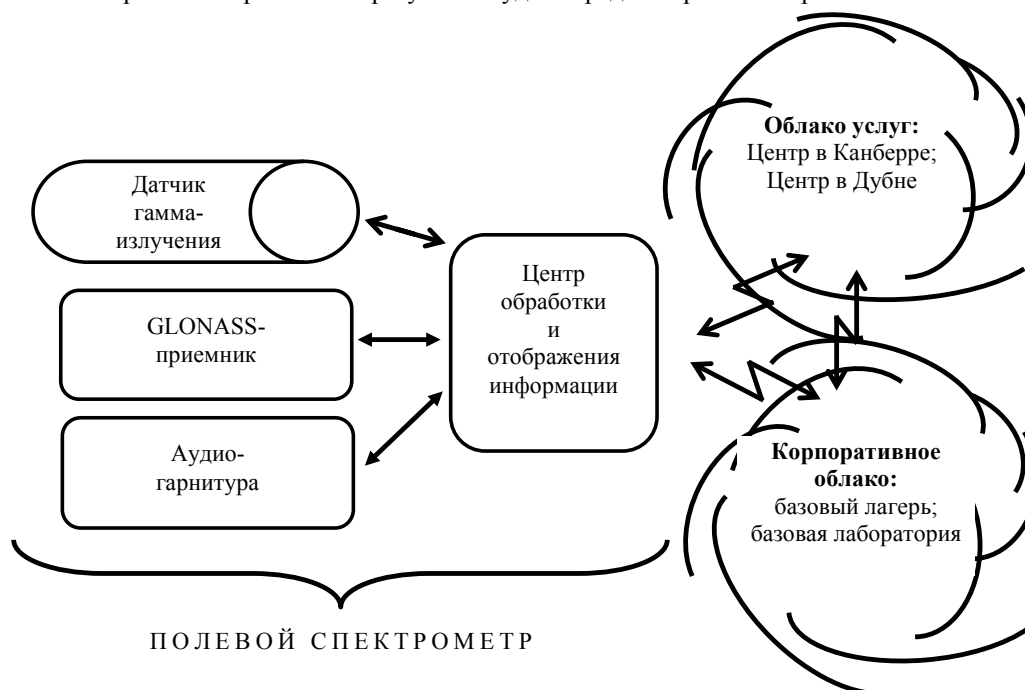


Рис. 2. Пример измерения и обработки в полевых условиях спектров излучения естественных радионуклидов К, U, Th

Единая платформа полевых геофизических приборов

Базовый принцип, использованный при создании настоящей концепции, состоит в требовании выполнить разработку группы полевых геофизических приборов на единой технологической платформе. Идентичность основных функциональных требований, предъявляемых к различным типам геофизических приборов, позволяет уверенно говорить о возможности создания такой платформы, что, в конечном счете, позволит начать их конвейерную разработку.

Сегодня каждое предприятие-разработчик специализируется на создании лишь одного, реже – двух типов приборов. Использование единой платформы позволит в рамках одной производственной кооперации разрабатывать и выпускать приборы разного назначения. При этом значительно снижается себестоимость разработок, потребитель получает приборы разного назначения, но совместимые по интерфейсу, с однородными эргономическими характеристиками, с идентичным сервисным обслуживанием.

Под платформой приборов будем понимать совокупность аппаратных, программных и аппаратно-программных модулей, позволяющих создавать конкретные приборные приложения в рамках единой группы геофизических приборов.

Платформа группы полевых приборов представляет собой систему программно-аппаратных средств, включающую в себя:

- набор подсистем (модулей), общих для всех полевых приборов разного назначения и образующих ядро архитектуры;
- конечный расширяемый набор специализированных подсистем (модулей);
- технологию интегрирования общих и специализированных подсистем платформы в соответствии с требованиями прикладной задачи.

Процесс интеграции специализированных подсистем и подсистем общего ядра обеспечивает технологию создания конкретной приборной реализации. Фактически речь идет о технологии превращения платформы в конкретный полевой прибор, такой как, например, радиометр, магнитометр или многоканальный приемник сейсмических сигналов.

Представленная таблица фактически отображает процесс создания нового прибора:

- выбор соответствующего датчика;
- разработка специализированных подсистем;
- интеграция на базе общего ядра платформы.

Прибор	Специализированные подсистемы				Подсистемы общего ядра платформы
	Тип датчика	ПО датчиков	Прикладное ПО	Конструктивные особенности	
Радиометр пешеходный	сцинтилляционный детектор	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> – типовой входной канал с контроллером предобработки и АЦП, варианты 24 и 32 разрядов; – устройство мультипликации входных каналов; – центральный процессор; – флэш-память; – прямо-передающие модули беспроводной передачи информации; – GSM, 3G-модуль; – GPS / GLONASS-модуль; – модуль индикации и управления; – система каналов ввода-вывода; – микрофон, динамики, видеокамера; – модуль речевого управления; – модуль автономного питания (батарейное, аккумуляторное); – программное обеспечение общего назначения
Спектрометр пешеходный	сцинтилляционный детектор	+	+	+	
Магнитометр пешеходный	Датчик Оверхаузера	+	+	+	
Магнито-метр-градиенто-метр	Датчик Оверхаузера	+	+	+	
Полевой приемник электромагнитных полей	Индукционные датчики электромагнитного поля	+	+	+	
Полевой приемник геоэлектрических данных	Дипольные приемники	+	+	+	
Полевой приемник сейсмических данных	Сейсмоприемники разных типов	+	+	+	

Таблица. Платформа полевых геофизических приборов

Опыт создания полевого радиометра как первого прибора из группы полевых геофизических приборов нового поколения

Полевой радиометр стал прибором, на котором проводилась опытная отработка базовых принципов единой приборной платформы (рис. 3). В приборе реализовано большинство требований, предъявляемых со стороны общей платформы полевых приборов (функции сетевой обработки и речевого управления будут реализованы в следующей модификации радиометра) [5].

Прибор предназначен, главным образом, для радиометрического обследования местности и горных выработок (измерение уровня гамма-излучения в условиях пешеходной съемки). Новизной данного прибора, существенно расширяющей его возможности, является способность измерять спектр излучения радионуклидов.

В зависимости от поставленных задач съемка может проводиться в нескольких режимах.

Режим регулярного обследования территории – это основной режим, предназначенный для радиометрического обследования территории и поиска аномалий. Ведется непрерывное измерение уровня радиационного фона. Одновременно производится определение и запись координат маршрута пользователя. При необходимости можно вести непрерывную запись уровня гамма-фона по всему маршруту следования. В итоговый протокол включаются все измеренные значения вместе с координатами и временем измерения, а также статистические данные о фоне гамма-излучения на обследуемой территории в соответствии с требованиями нормативных документов.

Режим измерения общего (интегрального) фона в точке используется при измерении уровня радиационного фона в предварительно заданных точках или в точках найденных аномальных зон. В этом режиме производится одноразовое измерение уровня фона с увеличенным временем усреднения (5–10 с).

Результаты измерений вместе с координатами точки, временем измерения записываются в память радиометра. В этом же режиме предусмотрена запись аудиокомментариев. Режим ориентирован на прохождение профилей, результаты данных измерений по каждому профилю объединяются в общем файле.

Режим уточнения состава излучения в точке служит для оценки физической природы аномалии. В этом режиме производится измерение спектра излучения и определяется тип источника излучения, включая как естественные излучатели – уран, торий, калий, так и искусственные – цезий, кобальт и др. Время накопления информации в точке составляет 5–10 мин. Полученные спектры вместе с координатами точки, временем измерения и аудиокомментариями записываются в память. Одновременно на экране отображается значение интегрального фона.



Рис. 3. Полевой радиометр: внешний вид (а); вид на главную панель (б)

К основным конструктивным особенностям прибора можно отнести:

- встроенный GPS/ГЛОНАСС-приемник, обеспечивающий точность определения координат места точки измерения (среднеквадратическое отклонение) не хуже 5 м;
- беспроводный интерфейс, с помощью которого осуществляется беспроводной обмен между блоком регистрации и отображения и блоком детектирования;
- мощный внутренний контроллер, позволяющий выполнять обработку данных в полевых условиях;
- 1024-канальный АЦП и карта памяти на 2 Гб, общий объем памяти позволяет хранить результаты двух–трех недель работы с радиометром;
- жидкокристаллический дисплей размером 3.7" с разрешением 320×240 пикселей.

Питание осуществляется от батарей или аккумуляторов типа R-14. Длительность непрерывной работы — не менее 8 часов. Примененные конструктивные решения позволили обеспечить устойчивую регистрацию гамма-квантов в диапазоне энергий 20–3000 кэВ.

Допускаемая основная погрешность не превышает 10%. Количество каналов определения спектра излучения – 1024. Нелинейность характеристик не более 1%. Радиометр предназначен для работы в диапазоне температур от –20°C до +50°C.

На рис. 4, 5 представлены примеры измеренных спектров излучения.

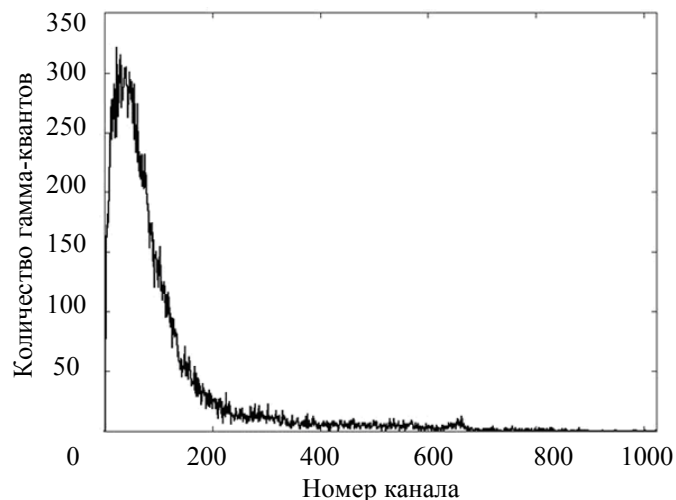


Рис. 4. Естественный фон в пределах городской черты. Время накопления – 5 мин.
Линия калия (642-й канал)

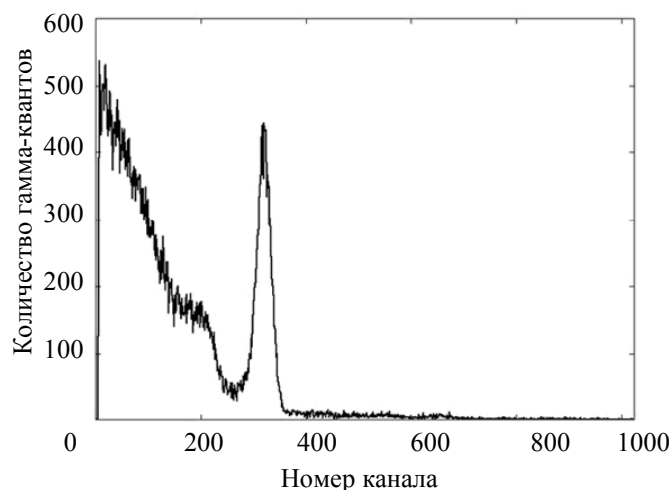


Рис. 5. Естественный фон в сочетании с излучением Цезий-137 (точечный эталонный источник, активность в источнике 7 кБк)

Заключение

Настоящая работа посвящена вопросам восстановления регулярного приборного обеспечения отечественной геологоразведки. Речь идет о том, чтобы запустить процесс разработки современных полевых приборов, в которых интегрированы новейшие технические достижения, включая сетевые и мобильные технологии, спутниковую навигацию, беспроводные каналы, мощные специализированные вычислители, способные работать в полевых условиях.

Сформулированы общие функциональные требования к приборам. Выявленная при этом идентичность требований позволила сделать вывод о возможности разработки полевых геофизических приборов на общей платформе. При этом пользователь получает в руки универсальный инструмент для решения задач полевой геофизики с единым интерфейсом, однородным набором функциональных возможностей, расширяемым программным обеспечением, единым сервисом. Использование общей платформы позволяет также снизить себестоимость и сроки разработок.

Основные выводы были проверены и подтверждены в ходе разработки опытного образца полевого радиометра, который стал первым прибором, разработанным на базе единой платформы.

Общие принципы единой приборной платформы могут быть использованы при создании измерительных устройств, применяемых также и в других отраслях [6–8]. В первую очередь речь идет о задачах, решение которых требует:

- применения подвижных или стационарно установленных датчиков различных типов, передающих информацию по беспроводным каналам связи;
- использования каналов Интернета, в том числе для выполнения облачных вычислений;
- применения автономных режимов работы в удалении от источников сетевого питания;
- использования сложной математической обработки данных.

Литература

1. Стратегия развития геологической отрасли Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1039-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072179/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения 14.10.2013).
2. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=130606&print=Y>, свободный. Яз. рус. (дата обращения 14.10.2013).
3. Орлов В.П. По материалам докладов на парламентских слушаниях в Совете Федерации ФС РФ Реалии и проблемы отечественной геологоразведки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/645/279/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения 14.10.2013).
4. Денисов В.М., Радилов А.В., Зайцев Д.Б. Полевой спектрометр гамма излучения. Патент на полезную модель RU 129268 U1.
5. Денисов В.М., Радилов А.В. Флагман Гамма – новый пешеходный радиометр для измерения уровня и спектрального состава гамма-излучения // Геофизический вестник. – 2012. – № 11–12. – С. 9–13.

6. Марусина М.Я., Суворов Н.Б., Козаченко А.В., Толкович Д.В. Синхронизация физиологических сигналов интеллектуальной деятельности человека с помощью многофункционального измерительного комплекса // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 4 (86). – С. 49–56.
7. Арсеньев А.В., Волченко А.Н., Лихачева Л.В., Печерский В.И. Применение метода ВЧ-ближнепольного зондирования в диагностике биообъектов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 2 (72). – С. 154–157.
8. Коробейников А.Г., Копытенко Ю.А., Исмагилов В.С. Интеллектуальные информационные системы магнитных измерений // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1 (71). – С. 39–45.

Денисов Виктор Маевич – Россия, Санкт-Петербург, ЗАО «Специальное конструкторское бюро приборов подземной навигации», доктор технических наук, заместитель генерального директора, 070255@gmail.com

Радилов Андрей Владимирович – Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, ведущий программист, andrad@mail.ru

УДК 004.75, 004.62, 004.942

АГЕНТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ С АДАПТАЦИЕЙ МЕХАНИЗМОВ РАБОТЫ И ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

А.В. Владимиров

Изложена проблема функционирования крупных информационных систем, обрабатывающих большие объемы разнородной информации на предприятии. Разработана структура адаптивной информационной системы с выделением основных сегментов: административный и сервис-агентный, сегмент оперирования с данными, интеллектуальный сегмент. Приведены функции компонентов системы. Разработана структура агентной составляющей адаптивной информационной системы. Выделены основные составляющие модели агентного взаимодействия: агент координации, агент адаптации, агент базы знаний, агент базы данных, агент пользователя для разработки модели процесса взаимодействия агентов в многоагентной адаптивной информационной системе с использованием аппарата цветных сетей Петри. Рассмотрены основные состояния агентов, используемые в процессе обработки задач. Исследована работа модели на разных этапах, произведен анализ основных свойств системы. Анализ позволил выявить наиболее загруженные составляющие. Проведен сбор статистики использования инструментов пользователями предприятия. На основе полученных статистических данных пользователей разработаны и исследованы процессы адаптации механизмов работы системы, интерфейса. Применение элементов алгоритма позволило сократить время, затрачиваемое работниками предприятия на поиск необходимых элементов, инструментов, упростить процесс взаимодействия пользователей с системой, модифицировать работу системы при высоких нагрузках с копированием исполняющих агентов.

Ключевые слова: многоагентные адаптивные системы, моделирование взаимодействия агентов, цветные сети Петри, агентная архитектура.

Введение

В настоящее время на промышленных предприятиях нужны системы, способные адаптироваться под возникающие требования к их функционированию. В некоторых случаях необходимо производить адаптацию работы системы при минимальном вмешательстве человека или при его отсутствии. Важными проблемами в сфере функционирования крупных адаптивных информационных систем являются проблемы внутреннего взаимодействия компонентов, которые порождаются большими объемами неупорядоченной разнородной информации. Адаптивные информационные системы позволяют динамически учитывать предоставляемые персональные требования пользователей, перераспределять рабочие процессы между компонентами системы, реагировать на возникающие проблемные ситуации, более эффективно использовать ресурсы системы.

На рассматриваемых в процессе исследования предприятиях использовались информационные системы, не позволяющие решать такие проблемы, как объединение больших объемов гетерогенной информации, поиск по распределенным источникам информации, быстрый доступ к распределенной информации, предоставление пользователям набора инструментов, позволяющего быстрее решать поставленные задачи, снизить нагрузку на некоторые элементы, входящие в структуру системы. Применение агентно-ориентированного подхода с использованием элементов адаптации механизмов работы системы и ее интерфейсов позволяет упростить процесс взаимодействия пользователей с системой, сократить затрачиваемое на выполнение задач время, снизить потребление ресурсов системой [1, 2]. Использование многоуровневой архитектуры при построении информационной системы совместно с агентно-ориентированным подходом и элементами адаптации является отличительной особенностью проводимого исследования.