

# Использование облачного сервиса на основе базы данных в памяти для ускорения обработки геофизических данных

Фальфушинский Владислав Владимирович<sup>1</sup>, Тульчинский Вадим Григорьевич<sup>1</sup>, Маликов Сергей Александрович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАНУ, пр. Глушкова 40, Киев, Украина

<sup>2</sup>Cundus Switzerland AG, Цюрих, Швейцария

vladislav.falfushinsky@gmail.com, dep145@gmail.com, sergiy.malikov@gmail.com

**Аннотация.** *Описан опыт использования облачного сервиса с базой данных в памяти (in-memory database) для ускорения работы геофизических программ. Представлена архитектура распределенной базы данных МикроПоиск на основе сервис-ориентированного подхода. Рассмотрены технические аспекты использования в этой архитектуре базы данных в памяти. Показан пример реализации облачного сервиса СУБД МикроПоиск. Обсуждаются вопросы построения облачного хранилища и удаленной работы с геофизическими данными через медленные интернет-каналы.*

## Ключевые слова

Базы данных, базы данных в памяти, in-memory database, облачные вычисления, SAP HANA.

## 1 Введение

Проблема обработки больших объемов данных требует развития технологий для увеличения скорости ввода/вывода. Пока основным средством хранения данных являются жесткие диски, быстродействие ввода/вывода ограничено скоростью и точностью механического перемещения магнитной головки, резервы повышения которых почти исчерпаны. При произвольном доступе к данным жесткие диски особенно сильно уступают другим видам памяти. В связи со значительным снижением цены оперативной памяти в середине 2000-х появилась возможность разместить в ней все данные для долговременного хранения в процессе интенсивного ввода-вывода [1]. Параллельно развивались и другие подходы к применению оперативной памяти для увеличения скорости доступа к данным, в т.ч. гибридные хранилища и кэш большего объема [2].

История гибридных хранилищ началась в 1995 г. с системы WebDNA [3]. В то время она обеспечивала оптимальное соотношение производительности и цены. Одновременно в 1996 г. Oracle выпустила первую базу данных в памяти TimesTen [4]. Вскоре аналогичные решения для наиболее востребованной части данных предложили Microsoft, VMWare, SAP, IBM и др. К настоящему времени базы данных в памяти приобрели популярность в экономике и статистике на верхнем уровне хранилищ данных. Их использование обеспечивает частое обновление и оперативную обработку больших объемов порождаемых данных с целью визуального анализа (OLAP), и статистической обработки (data mining).

В 2010 г. компания SAP представила разработанную “с нуля” базу данных в памяти SAP HANA (High-Performance Analytic Appliance) [5]. Основное отличие решения SAP HANA – это ориентация на сервис-ориентированную архитектуру компонентов (SOA) [6] и SIMD-архитектуру параллельной обработки данных. SAP HANA не только предоставляет услуги специализированной СУБД для обработки больших объемов данных, но может интегрироваться в существующие системы как промежуточный слой между программой и обычной клиент-серверной СУБД для ускорения доступа к данным, а также настраивается под разные модели облачных вычислений. SAP HANA уже доступна в составе популярных платформ облачных вычислений CloudShare, Amazon Web Services, Microsoft Azure [7].

В 2013-2014 гг. Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины принимал участие в международной научной программе по разработке и ускорению приложений баз данных с применением платформы SAP. В программе участвовали 25 компаний и организаций из разных стран и сфер деятельности (промышленное производство, консалтинг, разработка ПО и т.д.) [8]. Программа была организована компанией SAP для расширения сотрудничества в сфере информационных технологий и распространения опыта работы с новыми продуктами компании SAP среди разработчиков ПО. В рамках проектов программы участникам были

предоставлены гранты на прохождения курсов и лицензии на продукты SAP для разработки и тестирования, а также услуги индивидуального консультанта, с которым проводились регулярные семинары. Для наших задач наиболее интересным продуктом оказалась SAP HANA, так как быстродействие геофизических программ, которые мы разрабатываем [9, 10], существенно зависит от скорости выполнения запросов к базе данных. Цель доклада состоит в том, чтобы оценить практический эффект от применения параллельной СУБД с данными в памяти в нескольких конфигурациях платформы облачных вычислений.

## 2 МикроПоиск и SAP HANA

СУБД МикроПоиск является собственной разработкой Института кибернетики (Гречко В.О.) и с 1990х г. используется для автоматизации построения проблемно-ориентированных систем обработки данных в научных и инженерных приложениях. Инструментальный характер МикроПоиска означает наличие в нем штатных средств проектирования и ведения реляционно-сетевых БД, поддержки программирования и генерации приложений БД (ориентированных на различные категории пользователей). В 2012 году была разработана реализация СУБД МикроПоиск как промежуточного уровня (надстройки) над реляционной СУБД, в т.ч. обеспечена поддержка популярных СУБД Oracle, Microsoft SQL Server, Microsoft Access, MySQL [11].

Инструментарий базового языка программирования МикроПоиска основан на Си и включает две группы штатных средств: сервер языка запросов MPSQL и средства пользовательского интерфейса – редактор запросов и генератор запросов. API сервера языка запросов реализует интерфейс с приложениями, написанными на разных языках программирования. В частности, для языка Си поддерживается обмен данными с СУБД через массивы структур [12], есть и объектно-ориентированные средства программного интерфейса типа ADO (MPDO). Использование МикроПоиска в геофизических программах обусловлено ее высокой производительностью и поддержкой нереляционных структур данных. Миграция на SQL-базы обеспечила сетевой режим работы, разграничение доступа и лучшую интеграцию с разнообразными штатными средствами пользователей. Однако производительность при работе с SQL-базами данных оказалась значительно ниже, чем с собственными базами СУБД МикроПоиск, и этот недостаток производительности становится особенно существенным при выполнении сложных запросов и при работе в сетях с низкой пропускной способностью. Анализ выявил несколько основных факторов, снижающих быстродействие:

- 1) первоначальная реализация надстройки СУБД МикроПоиск над реляционной СУБД не предполагала размещения базы данных в географически удаленном месте. Когда такая потребность появилась в контексте вынесения базы данных в облако, оказалось, что при увеличении объема участвующих в запросе данных, сеть становится узким местом;
- 2) в силу различия базовой модели данных, один запрос МикроПоиска транслируется в несколько запросов на SQL, что приводит к дополнительной нагрузке на ядро базы.

Для решения первой проблемы понадобилась реализация удаленной работы с базой данных в форме веб-сервиса.

Для решения второй проблемы целесообразно использовать параллельные базы данных и размещение всех данных в памяти. В случае сложных структур данных (характерных для приложений МикроПоиска), производительность может быть повышена при использовании специального формата таблиц (column-based storage с разделением данных по колонкам, а не по строкам). При распараллеливании запросов к БД на кластере, такой формат уменьшает поток данных через сеть и снижает накладные расходы на синхронизацию. SAP HANA обладает перечисленными свойствами: параллельность, данные в памяти, хранение по колонкам.

Кроме основных средств параллельной обработки запросов в состав базы данных SAP HANA входят (рис. 1):

- Обработчик SQL Script. Обработчик SQL-подобного языка, который дает возможность писать микропрограммы для базы данных и вызывать внешние функции из других библиотек.
- Упрощенный веб-сервер. База данных дает возможность разрабатывать приложения с помощью JavaScript и HTML5. Также существует возможность разрабатывать пользовательские REST интерфейсы для доступа к базе данных.
- Встроенные библиотеки для бизнес-аналитики, статистики и прогнозирования.
- Дисковое хранилище. Данные, над которыми производятся операции, хранятся в памяти. Но через определенный период времени производится синхронизация с дисковой системой. Хотя прямой доступ пользователей к файловому хранилищу на жестких дисках не разрешен, система поддерживает интеграцию с разными типами хранилищ.

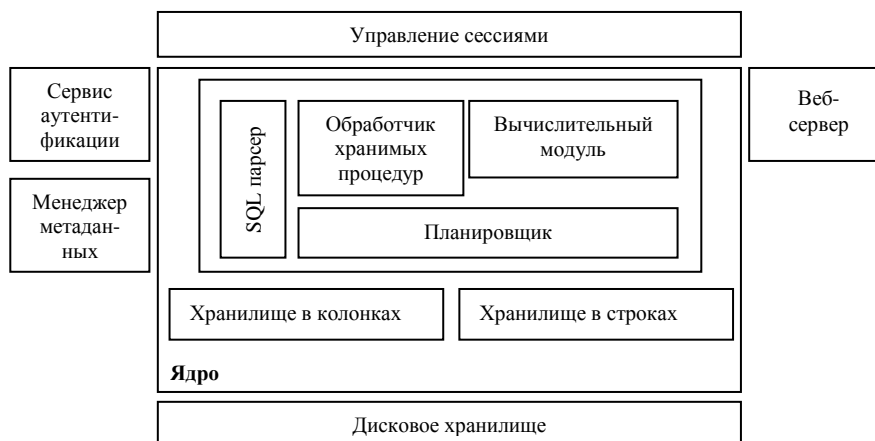


Рис. 1. Архитектура SAP HANA

### 3 Миграция базы данных для работы с данными в памяти

В комплект SAP HANA входят средства импорта/экспорта данных, но они работают только с базовыми типами, и их гибкости не хватает для переноса структурированных данных. Поэтому во многих приложениях миграция данных оказывается наиболее трудоемкой операцией при внедрении SAP HANA. (Усилия могут также понадобиться для перевода триггеров и процедур базы данных, иногда для согласования диалектов SQL, но в этом отношении адаптация к SAP HANA не отличается от адаптации к другим СУБД.) Для автоматизации миграции данных нами были разработаны на SQL Script процедуры экспорта в промежуточных форматах, конвертирования некоторых встроенных типов данных и загрузки данных. На их основе разработан универсальный формат файла для переноса и резервирования данных МикроПоиска. Этот файл является архивом, который состоит из SQL-скриптов для создания служебных таблиц, и XML-файлов, описывающих схему БД МикроПоиска. (Язык описания схем баз МикроПоиска выходит за пределы возможностей реляционной модели, поэтому эти схемы, как метаданные, хранятся в служебных таблицах SQL-базы вместе с таблицами данных.) В конечном итоге для миграции данных МикроПоиска между разными реляционными базами разработано специальное средство администратора.

### 4 Сервис-ориентированная архитектура для базы данных в облаках

Применение SAP HANA в целом решило проблему ускорения запросов при локальной обработке данных с учетом возможного масштабирования системы в пределах кластера. Но для решения проблемы обмена данными с базой по медленной и ненадежной сети (через интернет), пришлось радикально изменить архитектуру. Был использован подход, аналогичный тому, на котором основана SAP HANA, – переход с клиент-серверной на сервис-ориентированную архитектуру (SOA). В SOA между клиентом и сервером используются стандартизированные интерфейсы и протоколы: интерфейсы реализуются в виде набора веб-служб, взаимодействующих по протоколам SOAP или REST. В обычных приложениях реляционных баз данных для перехода к SOA достаточно использовать встроенный веб-сервер SAP HANA. Но в нашем случае SAP HANA использовалась на нижнем уровне архитектуры, поэтому веб-службу нам пришлось самостоятельно реализовать в составе сервера СУБД МикроПоиск (рис. 2).

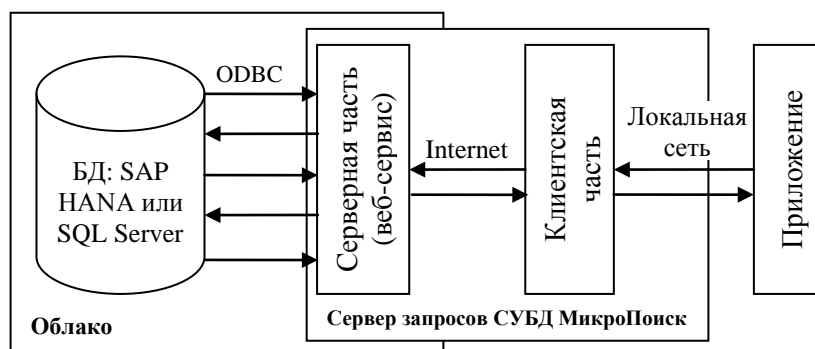


Рис 2. SOA-архитектура СУБД МикроПоиск

Переход к сервис-ориентированной архитектуре повлиял на следующие показатели:

- 1) повысилась стабильность работы в ненадежных сетях и в сетях с низкой пропускной способностью;
- 2) снизилась нагрузка на сеть при обработке больших объёмов данных и ускорение выполнения запросов через сети с низкой пропускной способностью;
- 3) упростилась интеграция с другими продуктами за счет повышения уровня взаимодействия (с логического на концептуальный) и использования стандартных интерфейсов веб-служб;
- 4) улучшилась управляемость разработки за счет более явного разделения базы данных и клиентского приложения;
- 5) расширились возможности аутентификации: теперь клиент может быть аутентифицирован не только по паре логин-пароль, но и по сертификату. На стороне сервера используется метод, который поддерживается производителем и текущей версией базы данных. Правила аутентификации настраиваются администратором.

## 5 Тестирование

Для тестирования быстродействия СУБД МикроПоиск интегрированной с SAP HANA была выбрана небольшая база геофизических данных пакета ГеоПоиск [12]. Эксперименты проводились со следующими тремя конфигурациями в центрах облачных вычислений.

- Облачные ресурсы центра SAP HANA Cloud Platform. Этот центр специально учрежден компанией SAP для проведения разработки и тестирования продуктов для клиентов и академических организаций. Для тестирования был предоставлен доступ к платформе SAP HANA как к сервису (Platform as a Service, PaaS). В этой конфигурации веб-сервис МикроПоиска выступал как клиент, обращавшийся к БД SAP HANA через виртуальную персональную сеть (VPN) [13] и ODBC [14]. МикроПоиск был установлен в приватном облаке Института кибернетики им. В. М. Глушкова и должен был работать как удаленный клиент SAP HANA. Однако эксперимент не был завершен. Загрузка данных происходила с такой низкой скоростью, что эта конфигурация была признана нежизнеспособной.
- Облачные ресурсы центра Amazon Web Services. Это – коммерческий облачный центр, специализирующийся на сдаче в аренду вычислительных ресурсов. Последнее время компания Amazon предлагает научным организациям специальные льготные условия. Для тестирования был предоставлен доступ к платформе SAP HANA как к сервису. МикроПоиск выступал как клиент, обращавшийся к БД SAP HANA через ODBC. Для SAP HANA был использован один сервер (два 2-х ядерных Intel Xeon E5504 с 4Гб ОЗУ) под ОС Windows 2008 Server. На нем же был установлен SQL Server 2005 Express Edition в качестве альтернативной дисковой СУБД. Этот эксперимент также был прерван в силу неудовлетворительной скорости загрузки данных. И эта конфигурация была признана нежизнеспособной.
- Облачные ресурсы центра Amazon Web Services. Во время экспериментов и SAP HANA, и МикроПоиск работали в режиме PaaS, т.е. МикроПоиска был размещен в облаке вместе с SAP HANA, и приложения обращались к нему как к веб-сервису через клиентскую часть, установленную в приватном облаке Института кибернетики. Для развертывания такой конфигурации в облаке были использованы три сервера под ОС Windows 2008 Server. Сервер, выделенный под МикроПоиск, имел одноядерный процессор и 1 Гб ОЗУ, а серверы, выделенные под SAP HANA и SQL Server 2005 Express Edition, – по два 2-х ядерных Intel Xeon E5504 и по 4Гб ОЗУ. Между серверами была проложена виртуальная сеть Amazon VPC. Связь сервера МикроПоиска с обеими базами осуществлялась посредством ODBC, а по отношению к клиенту сервер МикроПоиска играл роль веб-сервиса.

**Таб.1.** Сравнение результатов экспериментов

Облако:	SAP HANA Cloud Platform	Amazon Web Services			
		1 сервер		3 сервера	
База данных:	SAP HANA	SAP HANA	SQL Server	SAP HANA	SQL Server
Тип соединения с облаком:	VPN+ODBC	ODBC	ODBC	веб-сервис	веб-сервис
Загрузка данных:	-	-	-	1 ч. 42 мин.	2 ч. 28 мин.
Среднее время выполнения запроса МикроПоиска:	-	-	-	7 мсек	10 мсек

## 6 Выводы

Использование облачной платформы для размещения базы данных обеспечивает такие ценные преимущества как защита данных от уничтожения, безотказная работа, простое масштабирование и единообразный доступ с любой точки через интернет. Однако достижение приемлемого быстродействия при работе с базами данных в облаках требует специальных усилий. В частности, клиент-серверная архитектура приложения плохо функционирует в географически-распределенной среде с медленным и ненадежным соединением. Полезной альтернативой является использование сервис-ориентированной архитектуры с переносом основной нагрузки по обработке данных в облако. Резерв ускорения удаленной работы с данными за счет использования высокопродуктивных решений, в частности, SAP HANA значительно превосходит интуитивные ожидания, и может быть существенным даже в конфигурациях с медленными сетями.

## Литература

- [1] Plattner H., Zeier A. In-memory data management: an inflection point for enterprise applications. – Springer, 2011. – 236 p.
- [2] Фальфушинский В.В. Кэширование в кластерных системах // Компьютерная математика. – 2008. – № 2. – С. 64- 73.
- [3] База данных WebDNA, <http://www.webdna.us/>
- [4] База данных Oracle TimesTen, <http://www.oracle.com/us/corporate/features/database-in-memory-option/index.html>
- [5] Word J. SAP HANA Essentials eBook. – Epistemy Press, 2014. – 363 p.
- [6] Bell M. SOA Modeling Patterns for Service-Oriented Discovery and Analysis. – Wiley & Sons, 2010. – 390 p.
- [7] SAP HANA в Amazon Cloud, <http://aws.amazon.com/sap/saphana/>
- [8] SAP PartnerEdge program for Application Development, <https://www.sapappsdevelopmentpartnercenter.com/en/>
- [9] GeoPoisk, <http://www.geopoisk.com>
- [10] Tesseract, <http://www.tesseract-geo.com>
- [11] Фальфушинский В. В. Миграция устаревших программных платформ // Управляющие системы и машины. – 2012. – N 4. – С. 75-82.
- [12] Развитие технологии "ГеоПоиск" для изучения нефтегазовых и рудных месторождений / Косаченко В.Д., Красножон М.Д., Тульчинский В.Г., Тульчинский П.Г. // Каротажник. – 2007. – Вып. 155. – С. 50-67.
- [13] Центр облачных технологий SAP HANA Cloud Platform, <https://hana.ondemand.com>
- [14] Gleeson B., Lin A., Heinanen J. A Framework for IP Based Virtual Private Networks // The Internet Society, RFC2764. – 2000. – 14 p.
- [15] ISO/IEC 9075-3:2003: Information technology – Database languages – SQL – Part 3: Call-Level Interface (SQL/CLI)