

С.В. КУЛЕШОВ, П.П. КОКОРИН
**АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СУБД
В ИНФОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Кулешов С.В., Кокорин П.П. Аппаратная реализация СУБД в инфологических системах.

Аннотация. В статье рассматривается проект программно-аппаратной реализации системы управления базами данных (СУБД) с использованием микросхем программируемой логики (ПЛИМ) в виде системы на кристалле (СнК). Приводится вариант реализации и оценка эффективности.

Ключевые слова: инфологическая система, поисковая система, СУБД, система на кристалле.

Kuleshov S.V., Kokorin P.P. Hardware implementation of the DBMS for infological systems.

Abstract. The article discusses the project hardware and software implementation database management system (DBMS) using programmable logic chips (FPGA) as a system on chip (SoC). A possible implementation, and evaluation.

Keywords: infological system, search engine, DBMS, system on chip.

1. Введение. Возрастающая популярность поисковых систем в сети Интернет сопровождается повышающимися требованиями к производительности таких систем, так как системе приходится обслуживать несколько тысяч поисковых запросов в секунду. Наиболее узким местом при этом является система управления базами данных (СУБД), входящая в состав поисковых систем.

Типовым решением обеспечения требуемой производительности СУБД для высоконагруженных приложений является фрагментация базы данных (БД) по нескольким хостам, объединенным в вычислительный кластер, или полное копирование БД на различных хостах с распараллеливанием поступающих запросов.

Другим решением проблемы повышения производительности является перенос наиболее критичных по временным затратам функций на аппаратное обеспечение. Естественно, аппаратная реализация резко сужает область применимости системы, как правило, до некоторого подмножества конкретной модели представления данных. Тем не менее существует ряд моделей представлений данных и доступа к данным, полная поддержка которых обеспечивает применимость к классу задач хранения коллекции текстовых документов и осуществления быстрого поиска по коллекции [1]. В работе предлагается инфологический подход, обеспечивающий реализацию набора сервисных функ-

ций, таких как хранение коллекции документов в виде семантических окружений, поиск документа по коллекции, автоматического реферирования документов. Возможность использования инфологического подхода для перечисленных функций показана авторами в [2, 3] (созданы Интернет-сервисы семантического поиска, автоматического реферирования документов и ряд других).

Особенностью инфологической СУБД является ориентация на хранение в дисковых массивах данных, представленных в виде графов (семантического окружения текстовых данных). При этом основной ресурсоемкой операцией является поиск подграфа в графе.

В рамках инфологического подхода текст документа представляется в виде графа T_i связей между элементарными синтаксическими единицами, а множество текстов представляется графом $C = \bigcup_i T_i$, являющимся объединением графов всех текстов, составляющих коллекцию.

Граф C представляется в виде списка ребер, который хранится в упорядоченном виде в СУБД. В основе процедуры поиска в коллекции документов лежит выборка из списка ребер, удовлетворяющих заданным условиям поиска и формирование набора документов, к которым относятся выбранные ребра графа.

В условиях реальной эксплуатации (при наличии баз данных большого и сверхбольшого размера, множества одновременных пользовательских запросов) основная часть времени ответа сервера уходит на выполнение выборки данных из СУБД. Для снижения общего времени ответа сервера возможно наиболее ресурсоемкую часть операции реализовать аппаратно.

Аппаратное решение представляет собой набор плат расширения, реализующих трансляцию команд высокого уровня (в рамках инфологической модели данных) в низкоуровневые команды жестких дисков, интерпретацию дисковой структуры и выдачу результата операции.

Существующие аппаратные решения для ускорения операций СУБД используют графический процессор (GPU) видеоадаптеров фирмы nVidia, поддерживающих возможность вывода обработанных данных с GPU в основной процессор (CPU). Реализация выполнена на языке CUDA и дает ускорение в 20–70 раз для оператора выборки SELECT в зависимости от типа данных и размера выборки [4, 5].

Недостатком таких систем является неудовлетворительное значение критерия «эффективность/цена», вызванное неэффективностью

архитектуры, изначально спроектированной для задач обработки видеоданных.

Решение, представленное на рис. 1, предполагается реализовать в виде платы расширения PCI, выполняющей функции контроллера SATA (или SCSI), контроллера буферной памяти и инфологического процессора, сформированных в виде системы на кристалле (СнК). Для коммуникации с аппаратной СУБД (АСУБД) имеется драйвер устройства и библиотеки пользовательского уровня для организации взаимодействия с программными компонентами информационной системы.

Разработка архитектуры в виде системы на кристалле, содержащей процессор для декодирования языка запросов и организации общего процесса взаимодействия всех модулей АСУБД, позволяет адаптировать систему под изменяющиеся потребности и расширения функциональных возможностей без замены ее аппаратной части.

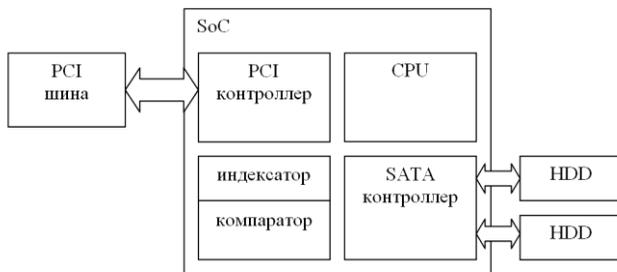


Рис. 1. Аппаратная реализация СУБД.

Логическая структура системы, использующей инфологическую аппаратную СУБД, приведена на рис. 2. Такая структура способна обеспечить базовые функциональные возможности в рамках языка запросов SQL.

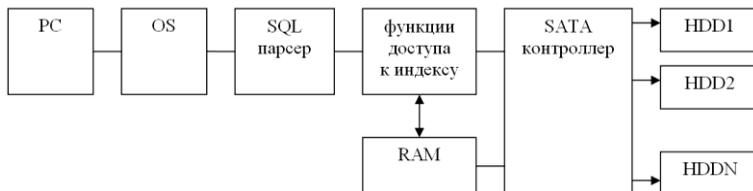


Рис. 2. Логическая схема аппаратной СУБД.

Аппаратный контроллер, реализованный в виде PCI-платы (возможен вариант реализации сетевого хранилища NAS с доступом через

локальную сеть), взаимодействует с массивом жестких дисков HDD1, HDD2, ..., HDDN. Контроллер также содержит процессор для анализа запросов (SQL—интерпретатор) и формирования команд чтения/записи к жестким дискам, согласно плану выполнения проанализированного запроса. Контроллер памяти используется для организации интерфейса к буферу, используемому для промежуточного хранения данных, считанных с массива жестких дисков, и окончательного формирования результатов выборки.

Для доступа к аппаратной части СУБД используется специализированный драйвер операционной системы (возможна реализация в виде процесса), принимающий SQL-запрос и передающий его аппаратной части, а также возвращающий данные, полученные в результате запроса от СУБД.

Для оценки эффективности в качестве расчетной использована микросхема FPGA Altera Cyclone III емкостью порядка 20 тысяч макроблоков и буферная память типа DDR-2. Предварительные оценки показали возможность построения на базе одного хоста с четырьмя контроллерами АСУБД системы, эквивалентной кластеру из восьми хостов на базе Intel Xeon с применением программной СУБД.

Предлагаемое решение может быть использовано в крупных Интернет-проектах для уменьшения времени ответа системы, а также в рамках систем корпоративного документооборота с большими и сверхбольшими БД (сотни гигабайт, терабайты) для оптимизации функций поиска документов. Применение аппаратных СУБД может снизить суммарные расходы на эксплуатацию (стоимость владения) при некотором увеличении стоимости внедрения.

Литература

1. *Александров В.В., Андреева Н.А., Кулешов С.В.* Системное моделирование. Методы построения информационно-логистических систем. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 95 с.
2. *Александров В.В., Кулешов С.В.* Семиологические информационные системы – аналитическое самореферирование // Материалы X Междунар. конф. и российской науч. школы «Системные проблемы надежности, качества, информационных технологий (Инноватика-2005)». Ч. 6. М., 2005. С. 9–14.
3. *Кокорин П.П.* Семиология и понятийная кластеризация для каталогизации текстов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2008. № 10. Т. 6. С. 62–66.
4. *Bakkum P., Skadron K.* Accelerating SQL Database Operations on a GPU with CUDA: Extended Results. University of Virginia Department of Computer Science Technical Report CS-2010-08, May 2010.
5. *Byna S., Meng J., Raghunathan A., Chakradhar S.T.* Best-effort Semantic Document Search on GPUs // Tech. Rep. NEC Laboratories America (2010-L021), Jan 2010.

Кулешов Сергей Викторович — канд. техн. наук, с. н. с. лаборатории автоматизации научных исследований Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: инфологические информационные системы, аналитический мониторинг Интернет, обработка видео данных. Число научных публикаций — 60. kuleshov@iias.spb.su, www.sial.iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия, д. 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)323-5139, факс +7(812)328-4450.

Kuleshov Sergey Viktorovich — PhD in Tech.; researcher, Laboratory of Research Automation, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: semiologic information systems, video data streams processing. kuleshov@iias.spb.su, www.sial.iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)323-5139, fax +7(812)328-4450.

Кокорин Павел Петрович — младший научный сотрудник лаборатории автоматизации научных исследований Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: исследование и разработка инфологических информационных систем. Число научных публикаций — 10. kokorin@list.ru, www.sial.iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия, д. 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)323-5139, факс +7(812)328-4450. Научный руководитель — д-р техн. наук, проф. В. В. Александров.

Kuleshov Sergey Viktorovich — PhD in Tech.; researcher, Laboratory of Research Automation, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: semiologic information systems, video data streams processing. kuleshov@iias.spb.su, www.sial.iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)323-5139, fax +7(812)328-4450.

Kokorin Pavel Petrovich — junior researcher, Laboratory of Research Automation, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). kokorin@list.ru, www.sial.iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)323-5139, fax +7(812)328-4450.

Рекомендовано лабораторией автоматизации научных исследований, заведующий лабораторией, д-р техн. наук, проф. В.В. Александров.
Статья поступила в редакцию 15.12.2010.

РЕФЕРАТ

Кулешов С.В., Кокорин П.П. Аппаратная реализация СУБД в инфологических системах.

Возрастающая популярность поисковых систем в сети Интернет сопровождается повышающимися требованиями к производительности таких систем, так как системе приходится обслуживать несколько тысяч поисковых запросов в секунду. Наиболее узким местом при этом является система управления базами данных (СУБД), входящая в состав поисковых систем. Типовым решением обеспечения требуемой производительности СУБД для высоконагруженных приложений является фрагментация базы данных (БД) по нескольким хостам, объединенным в вычислительный кластер, или полное копирование БД на различных хостах с распараллеливанием поступающих запросов. Другим решением повышения производительности является перенос наиболее критичных по временным затратам функций на аппаратное обеспечение.

В работе предлагается инфологический подход, обеспечивающий реализацию набора сервисных функций, таких как хранение коллекции документов в виде семантических окружений, поиск документа по коллекции, автоматического реферирования документов.

Предлагается архитектура аппаратной СУБД (АСУБД) в виде системы на кристалле, содержащей процессор для декодирования языка запросов и организации общего процесса взаимодействия всех модулей АСУБД. Подобное решение может быть использовано в крупных Интернет-проектах для уменьшения времени ответа системы, а также в рамках систем корпоративного документооборота с большими и сверхбольшими БД (сотни гигабайт, терабайты) для оптимизации функций поиска документов.

SUMMARY

Kuleshov S.V., Kokorin P.P. **Hardware implementation of the DBMS for infological systems.**

The increasing popularity of search engines on the Internet is accompanied by increasing demands for performance of such systems so as the system has to serve several thousand searches per second. Most bottleneck here is the database management system (DBMS), part of the search engines. Typical solutions to ensure the required performance database applications for high from the fragmentation of the database (DB) on several hosts, combined in a computing cluster or full copy databases on different hosts with parallel incoming requests. Another decision of increasing productivity is to transfer the most critical for time-consuming functions in hardware.

The paper proposes infological approach to ensuring the implementation of a set of service functions, such as keeping a collection of documents in the form of semantic environments, the search for a document collection, automatic summarization of documents.

The proposed architecture of the hardware database management system (HDBMS) as a system on a chip containing a processor for decoding the query language and organization of the overall process of interaction between all the modules HDBMS. Such a solution can be used in large Internet projects to reduce the response time of the system, as well as in systems of corporate document large and extra-large database (hundreds of gigabytes, terabytes) to optimize the functions of the document search.