

# 数据库系统概论新技术篇

## 内存数据库

张延松

中国人民大学信息学院

2017年4月

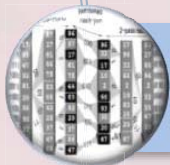
# 目录



什么是内存数据库



新硬件技术推动内存数据库发展



内存数据库技术示例



内存数据库发展历程



内存数据库发展趋势



# 内存数据库未来发展趋势分析



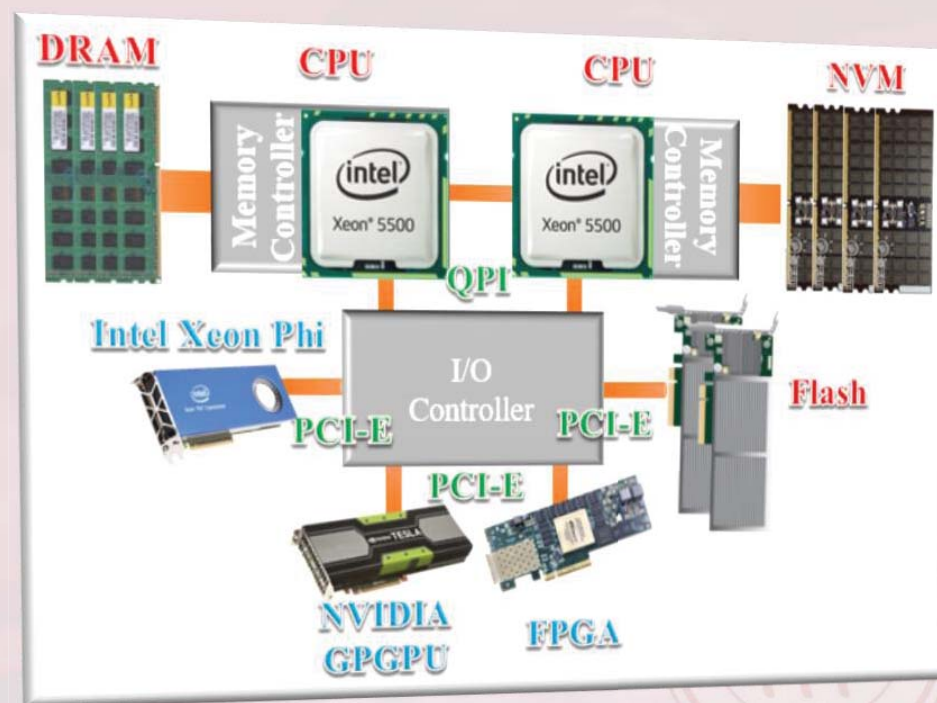
# 内存数据库实现技术未来研究方向

## ❖ 新型存储设备上的查询优化技术：

- 面向NVM非易失性内存的事务处理、并发控制、日志、索引维护等优化技术
- 面向NVM非易失性内存的查询优化实现技术
- 混合存储架构下的查询优化技术

## ❖ 新型处理器平台上的查询优化技术：

- 面向未来众核计算平台的查询实现和优化技术
- 面向异构计算平台的查询实现和优化技术





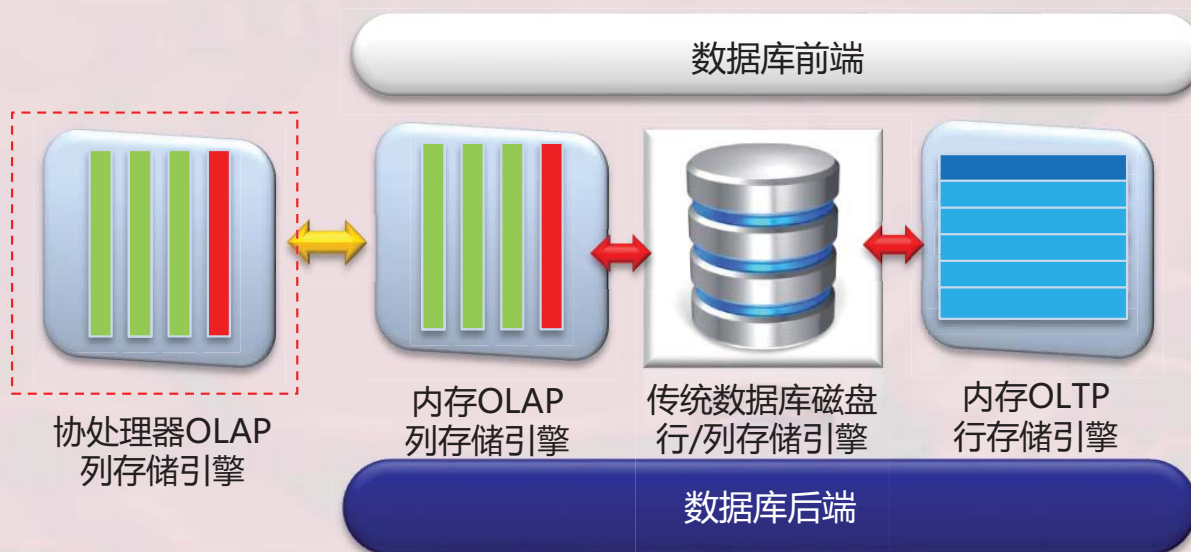
# 内存数据库系统实现未来发展趋势

## ❖ 内存事务&分析处理:

- 事务处理与分析处理融合查询处理引擎
- 支持行存储与列存储融合存储引擎
- 支持内存数据库引擎与传统数据库引擎融合

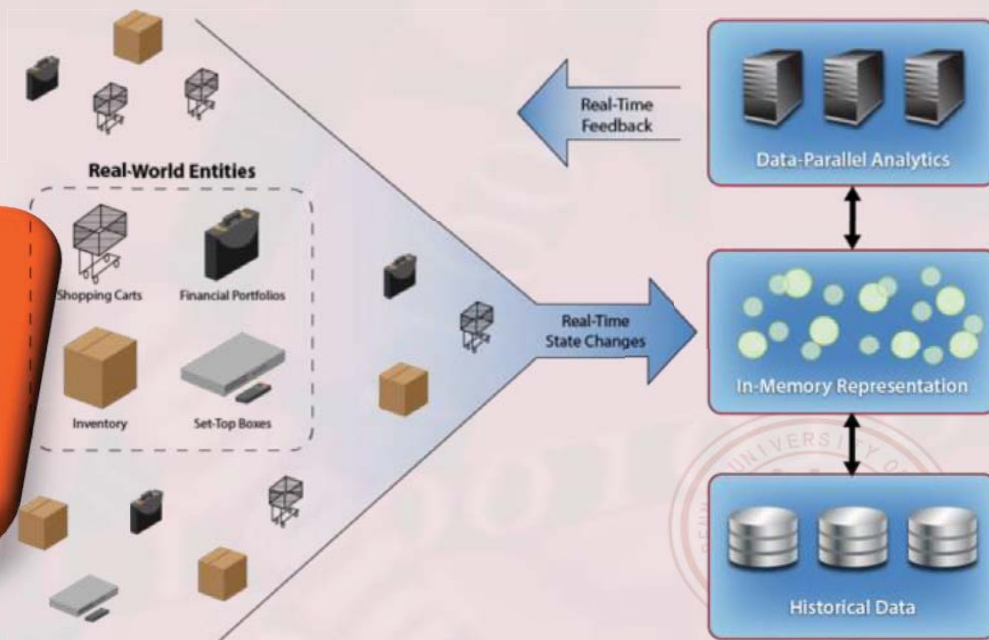
## ❖ 面向新硬件的内存数据库扩展技术:

- 通过内核扩展支持对新型内存及众核处理器技术支持
- 通过模块化组件为内存数据库增加众核计算平台加速能力



# 内存大数据实时分析处理

- ❖ 内存数据库成为高性能大数据处理平台
  - 新型内存技术、数据压缩及集群技术支持大数据时代内存数据库存储与处理能力
- ❖ 内存数据库技术支持实时大数据分析处理能力
  - 内存事务及分析处理性能支持实时数据存储及分析处理
  - 内存数据库支持更加复杂的实时分析处理需求
- ❖ 内存数据库支持复杂数据类型处理能力
  - 内存数据库支持多样化数据处理



# 附录

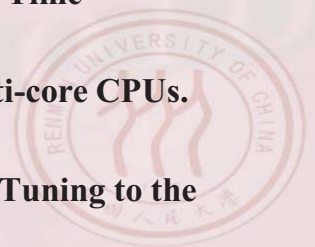
相关参考文献  
及

中国人民大学高性能数据库团队内存数据库研究简介



# 主要参考文献

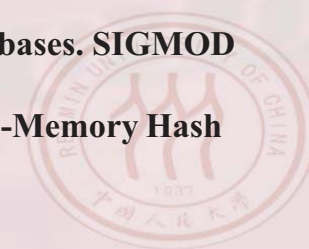
1. Jun Rao, Kenneth A. Ross: Making B+-Trees Cache Conscious in Main Memory. SIGMOD Conference 2000: 475-486
2. Peter A. Boncz, Martin L. Kersten, Stefan Manegold: Breaking the memory wall in MonetDB. Commun. ACM 51(12): 77-85 (2008)
3. Marcin Zukowski, Peter A. Boncz, Niels Nes, Sándor Héman: MonetDB/X100 - A DBMS In The CPU Cache. IEEE Data Eng. Bull. 28(2): 17-22 (2005)
4. Marcin Zukowski, Mark van de Wiel, Peter A. Boncz: Vectorwise: A Vectorized Analytical DBMS. ICDE 2012: 1349-1350
5. Ronald Barber, Peter Bendel, Marco Czech, Oliver Draese, Frederick Ho, Namik Hrle, Stratos Idreos, Min-Soo Kim, Oliver Koeth, Jae-Gil Lee, Tianchao Tim Li, Guy M. Lohman, Konstantinos Morfonios, René Müller, Keshava Murthy, Ippokratis Pandis, Lin Qiao, Vijayshankar Raman, Sandor Szabo, Richard Sidle, Knut Stolze: Blink: Not Your Father's Database! BIRTE 2011: 1-22
6. Alfons Kemper, Thomas Neumann, Jan Finis, Florian Funke, Viktor Leis, Henrik Mühe, Tobias Mühlbauer, Wolf Rödiger: Processing in the Hybrid OLTP & OLAP Main-Memory Database System HyPer. IEEE Data Eng. Bull. 36(2): 41-47 (2013)
7. Vishal Sikka, Franz Färber, Anil K. Goel, Wolfgang Lehner: SAP HANA: The Evolution from a Modern Main-Memory Data Platform to an Enterprise Application Platform. PVLDB 6(11): 1184-1185 (2013)
8. Per-Åke Larson, Adrian Birka, Eric N. Hanson, Weiyun Huang, Michal Nowakiewicz, Vassilis Papadimos: Real-Time Analytical Processing with SQL Server. PVLDB 8(12): 1740-1751 (2015)
9. Spyros Blanas, Yinan Li, Jignesh M. Patel: Design and evaluation of main memory hash join algorithms for multi-core CPUs. SIGMOD Conference 2011: 37-48
10. Cagri Balkesen, Jens Teubner, Gustavo Alonso, M. Tamer Özsu: Main-memory hash joins on multi-core CPUs: Tuning to the underlying hardware. ICDE 2013: 362-373





# 主要参考文献

11. Cagri Balkesen, Gustavo Alonso, Jens Teubner, M. Tamer Özsu: Multi-Core, Main-Memory Joins: Sort vs. Hash Revisited. PVLDB 7(1): 85-96 (2013)
12. Martina-Cezara Albutiu, Alfons Kemper, Thomas Neumann: Massively Parallel Sort-Merge Joins in Main Memory Multi-Core Database Systems. PVLDB 5(10): 1064-1075 (2012)
13. Ronald Barber, Guy M. Lohman, Ippokratis Pandis, Vijayshankar Raman, Richard Sidle, Gopi K. Attaluri, Naresh Chainani, Sam Lightstone, David Sharpe: Memory-Efficient Hash Joins. PVLDB 8(4): 353-364 (2014)
14. Stefan Richter, Victor Alvarez, Jens Dittrich: A Seven-Dimensional Analysis of Hashing Methods and its Implications on Query Processing. PVLDB 9(3): 96-107 (2015)
15. Stefan Schuh, Xiao Chen, Jens Dittrich: An Experimental Comparison of Thirteen Relational Equi-Joins in Main Memory. SIGMOD Conference 2016: 1961-1976
16. Jiong He, Shuhao Zhang, Bingsheng He: In-Cache Query Co-Processing on Coupled CPU-GPU Architectures. PVLDB 8(4): 329-340 (2014)
17. Bingsheng He, Mian Lu, Ke Yang, Rui Fang, Naga K. Govindaraju, Qiong Luo, Pedro V. Sander: Relational query coprocessing on graphics processors. ACM Trans. Database Syst. 34(4): 21:1-21:39 (2009)
18. Yuan Yuan, Rubao Lee, Xiaodong Zhang: The Yin and Yang of Processing Data Warehousing Queries on GPU Devices. PVLDB 6(10): 817-828 (2013)
19. Saurabh Jha, Bingsheng He, Mian Lu, Xuntao Cheng, Huynh Phung Huynh: Improving Main Memory Hash Joins on Intel Xeon Phi Processors: An Experimental Approach. PVLDB 8(6): 642-653 (2015)
20. Orestis Polychroniou, Arun Raghavan, Kenneth A. Ross: Rethinking SIMD Vectorization for In-Memory Databases. SIGMOD Conference 2015: 1493-1508
21. Robert J. Halstead, Ildar Absalyamov, Walid A. Najjar, Vassilis J. Tsotras: FPGA-based Multithreading for In-Memory Hash Joins. CIDR 2015



# 主要参考教材

1. 王珊，萨师煊，数据库系统概论（第5版），高等教育出版社，2014年9月，北京
2. 张延松，王珊，内存数据库技术与实现，高等教育出版社，2016年5月，北京
3. 普拉特纳，内存数据管理，清华大学出版社，2012年8月，北京



# 相关项目

1. 国家高技术研究发展计划(863计划)项目, 2015AA015307, 基于内存计算的数据管理系统研究与开发, 100万(总课题经费441万)
2. 中央高校基本科研业务费专项资金项目(团队基金), 16XNLQ02, 面向未来硬件平台的数据库系统关键技术研究, 2016/1-2018/12, 100万
3. 华为开放基金项目, HIRP 20140510, Research on Multidimensional Query Processing for In-memory Data Warehouse, 2015/7-2016/7, 18.6万元
4. 华为企业合作项目, 基于MIC众核处理器的内存数据库查询优化技术研究, 2014/7-2015/10, 100万元
5. 华为企业合作项目, 数据库一体机软件关键技术-事务优化技术研究, 2013/7-2014/7, 56万元
6. 华为企业合作项目, 基于多核的分析型数据库性能优化技术研究, 2013/7-2014/7, 66万元
7. 中国人民大学科学研究基金(中央高校基本科研业务费专项资金)项目, 13XNLF01, 大数据内存分析处理关键技术研究, 2013/04-2015/12, 10万元
8. 日电(中国)有限公司国际合作项目, 基于列存储的内存云数据高效访问技术研究, 2012/06-2012/12
9. 国家重大科技专项基金项目, 核高基项目2010ZX01042-001-002-002, 国产数据库高性能高安全关键技术研究, 2010/01-2013/06, 665万
10. 北京市教委产学研合作项目, 基于内存的联机分析系统, 2007/4-2008/7
11. 国际合作项目 HP Lab (HP 实验室), 大规模数据管理系统研究, 2008/08-2009/04
12. 国际合作项目 HP Lab (HP 实验室), 并行数据库核心技术及应用研究 (parallel database core technology and applications), 2007/4-2008/7
13. 国际合作项目 HP Lab (HP 实验室), 大规模可扩展数据管理系统研究 (Large Scale Data Management), 2006/7—2007/7

# 主要发表论文

1. **Yansong Zhang , Xuan Zhou , Ying Zhang, Yu Zhang, Mingchuan Su, Shan Wang, Virtual Denormalization via Array Index Reference for Main Memory OLAP, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2016.04.01, 28 (4) : 1061~1074**
2. **张宇, 张延松 , 陈红, 王珊, 一种基于众核架构Phi协处理器的内存OLAP外键连接算法, 软件学报, 2017.03.1, 28 (3) : 490~501**
3. **张延松, 焦敏, 张宇, 王珊, 并发内存OLAP查询优化技术研究, 计算机研究与发展, 2016.12.15, (12) : 2836~2846**
4. **张宇, 张延松 , 陈红, 王珊, 一种适应GPU的混合OLAP查询处理模型, 软件学报, 2016.5.1, 27 (5) : 1246~1265**
5. **焦敏, 张延松 , 王珊, 陈红, 内存OLAP多核并行查询优化技术研究, 软件学报, 2014.9.1, 37 (9) : 1895~1910**
6. **朱阅岸, 张延松 , 周烜, 王珊, 一个基于三元组存储的列式OLAP查询执行引擎, 软件学报, 2014.4.15, (04) : 753~767**
7. **朱阅岸, 周烜, 张延松 , 周明, 牛嘉, 王珊, 多核处理器下事务型数据库性能优化技术综述, 计算机学报, 2015.9.15, (09) : 1865~1879**
8. **薛忠斌, 周烜, 张延松 , 周新, 王珊, 内存列存储数据库中优化的混合自适应索引, 计算机科学, 2015.11.15, (11) : 28~31+36**
9. **Jiao, Min , Zhang, Yansong , Wang, Zhanwei, Wang, Shan, MiNT-OLAPcluster: minimizing network transmission cost in OLAP cluster for main memory analytical database, FRONTIERS OF COMPUTER SCIENCE, 2012.12.1, 6 (6) : 668~676**
10. **张延松, 焦敏, 王占伟, 王珊, 周烜, 海量数据分析的One-size-fits-all OLAP技术, 计算机学报, 2011.10.1, 34 (10) : 1936~1946**
11. **Yansong ZHANG , Shan WANG, Jiaheng LU, Improving performance by creating a native join-index for OLAP, Frontiers of Computer Science in China, 2011.6.1, 5 (2) : 236~249**



# 授权专利

## 美国PCT授权专利:

1. 王珊, 张延松, **MULTI-DIMENSIONAL OLAP QUERY PROCESSING METHOD ORIENTED TO COLUMN STORE DATA WAREHOUSE**, 2014.2.25, 美国, 13/514294
2. 王珊, 张延松, **CONCURRENT OLAP-ORIENTED DATABASE QUERY PROCESSING METHOD**, 2014.6.24, 美国, 13/514293
3. 张延松, 王珊, **OLAP QUERY PROCESSING METHOD ORIENTED TO DATABASE AND HADOOP HYBRID PLATFORM**, 2016.11.22, 美国, 13/514,296
4. 张延松, 王珊, 周烜, 焦敏, 王占伟, **ACCESS OPTIMIZATION METHOD FOR MAIN MEMORY DATABASE BASED ON PAGE-COLORING**, 2015.2.24, 美国, 13/514291

## 中国授权专利:

1. 张延松, 王珊, 面向列存储数据仓库的多维OLAP查询处理方法, 2012.9.12, 中国, CN201210114111.6
2. 王珊, 张延松, 面向并发OLAP的数据库查询处理方法, 2012.9.12, 中国, CN201210113665.4
3. 张延松, 王珊, 面向数据库与Hadoop混合平台的OLAP查询处理方法, 2012.9.12, 中国, CN201210114112.0
4. 王珊, 张延松, 基于页面染色技术的内存数据库访问优化方法, 2012.9.12, 中国, CN201210113917.3
5. 张延松, 张宇, GPU和CPU混合架构下的OLAP星型连接查询优化方法, 2016.6.29, 中国, CN201310204514.4
6. 张延松, 张宇, 王珊, 列存储数据库中基于多维数组的分组聚集计算方法, 2016.6.29, 中国, CN201310263880.7
7. 张延松, 张宇, 王珊, 一种内存数据库OLTP&OLAP并发查询优化方法, 2017.2.1, 中国, CN201410198279.9
8. 张延松, 张宇, 王珊, 一种面向哈希连接的数据存储优化方法, 2017.3.8, 中国, CN201410199090.1



