

# HyPer: A Hybrid OLTP&OLAP Main Memory Database System Based on Virtual Memory Snapshots

## ABSTRACT

在线事务处理（OLTP）和在线分析处理（OLAP）这两个领域对数据库体系结构提出了不同的挑战。目前，具有高关键任务事务率的客户已将其数据拆分为两个独立的系统，一个用于OLTP的数据库和一个用于OLAP的所谓数据仓库。虽然允许合适的事务处理速率，但这种分离有许多缺点，包括由于仅周期性地启动Extract Transform Load-data staging引起的延迟导致的数据淡化问题以及由于维护两个独立的信息系统而导致的过多资源消耗。我们提出了一种高效的混合系统，称为HyPer，它可以通过使用硬件辅助复制机制来同时处理OLTP和OLAP，以维护事务数据的一致快照。HyPer是一个主存数据库系统，它保证OLTP事务的ACID属性，并在相同的，任意当前和一致的快照上执行OLAP查询会话（多个查询）。利用处理器固有的虚拟内存管理支持（地址转换，缓存，更新时复制）同时产生：前所未有的高达每秒100000的高事务率和单个系统上非常快的OLAP查询响应时间并行执行两个工作负载。性能分析基于TPC-C和TPC-H组合基准。

## INTRODUCTION

从历史上看，数据库系统主要用于在线事务处理。这种交易处理系统的典型例子是销售订单输入或银行交易处理。这些事务只访问和处理整个数据的一小部分，因此可以非常快速地执行。根据标准化的TPC-C基准测试结果，目前最强大的系统每秒可以处理超过100,000个这样的销售交易。

大约二十年前，数据库系统的新用法发生了变化：商业智能（BI）。BI应用程序依赖于长时间运行的所谓在线分析处理（OLAP）查询，这些查询处理大部分数据以便为业务分析人员生成报告。典型报告包括按地理区域，产品类别或客户分类等分组的汇总销售统计数据。初始尝试 - 例如SAP的EIS项目[1] - 在操作OLTP数据库上执行这些查询被视为OLAP查询处理导致资源争用并严重损害关键任务事务处理。因此，设计了数据分段架构，其中事务处理在专用OLTP数据库系统上执行。此外，还安装了一个单独的数据仓库系统，用于商业智能查询处理。周期性地，例如在夜间，提取OLTP数据库变化，将其转换为数据仓库模式的布局，并加载到数据仓库中。此数据暂存及其关联的ETL（Extract-Transform-Load）显然会导致数据过期问题，因为ETL过程只能定期执行。

最近，对所谓的实时商业智能提出了强有力的争论。SAP的联合创始人哈索普拉特纳（Hasso Plattner）提倡“触手可及的数据” - 企业资源规划系统的目标[2]。OLTP数据

库上当前执行的事务处理分离以及仅定期刷新的数据仓库上的BI查询处理违反了此目标，因为业务分析人员必须根据过时（过时）数据做出决策。实时/运营商业智能需要在事务性OLTP数据的当前最新状态下执行OLAP查询。我们建议使用高效的查询处理功能来增强事务数据库 - 从而将查询处理（部分）从DW转移到OLTP系统。因此，必须支持在同一数据库上的OLTP事务处理和OLAP查询处理的混合工作负载。这与最近为不同应用场景构建专用系统的趋势有些相反。将这两种截然不同的工作负载集成在同一系统上需要大幅提升性能，这可以通过主存储器数据库架构来实现。

对于我们的HyPer系统，我们采用主存储器架构进行事务处理。我们遵循[5]中首次提出的无锁方法，即所有OLTP事务按顺序执行 - 或在私有分区上执行。由于唯一的更新事务“拥有”整个数据库 - 或其数据库的私有分区，因此该体系结构消除了对数据对象或索引结构的昂贵锁定和锁存的需要。显然，这种串行执行方法仅适用于纯主存储器数据库，其中不需要通过交错地将CPU用于其他事务来代表一个事务来屏蔽IO操作。在主存储器架构中，典型的商业交易（例如，订单输入或支付处理）具有仅几个到十微秒的持续时间。这种系统对OLTP处理的可行性之前已经在由麻省理工学院，耶鲁大学和布朗大学的Mike Stonebraker领导的研究人员进行的名为H-Store [6]的研究原型中得到证实。 H-Store原型最近由一家名为VoltDB的初创公司商业化。