



Петрозаводский государственный университет  
Факультет математики и информационных технологий  
Кафедра информатики и математического обеспечения



Денис Васильевич Ковальчук

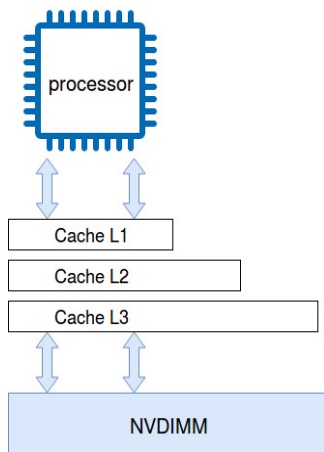
## Разработка структур данных для персистентной памяти NVDIMM

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
Направление 09.03.02 — Информационные системы

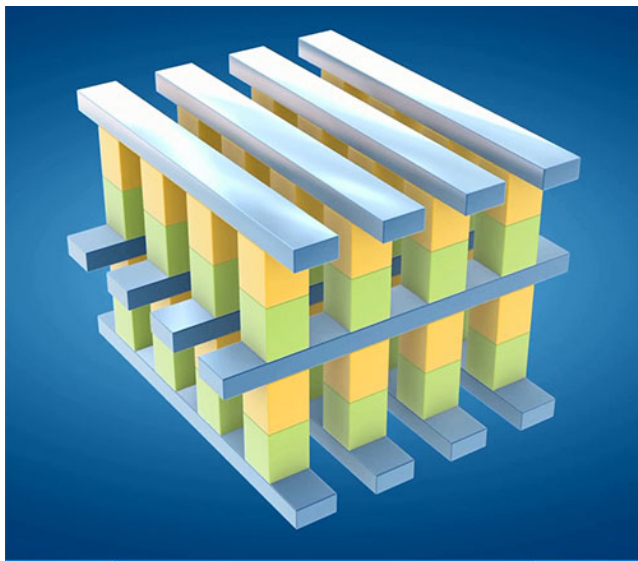
Научный руководитель: ст. преподаватель А. В. Бородин

# Персистентная память NVDIMM

- Способна сохранять своё содержимое при аварийных сбоях
- Скорость доступа к данным значительно выше, чем у SSD
- Прямой доступ к данным



# Технология 3D XPoint

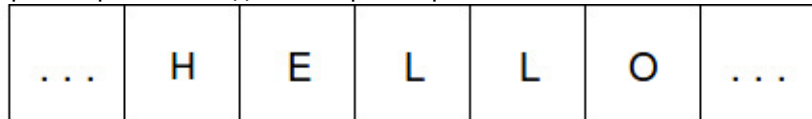


3D XPoint™ Technology



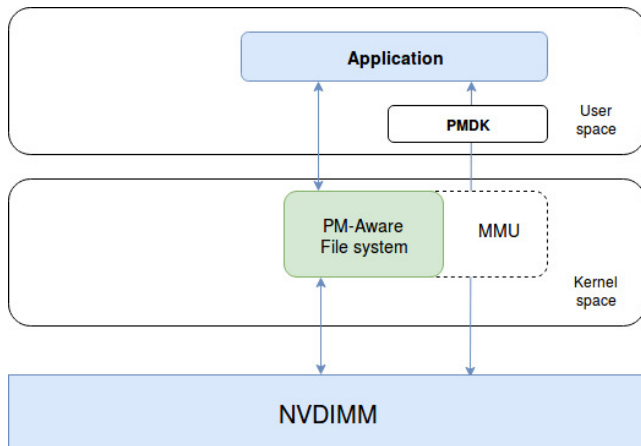
# Проблема консистентности данных

Консистентность — целостность, согласованность и непротиворечивость данных при аварийном сбое.



# Persistent Memory Development Kit

PMDK - коллекция библиотек и инструментов для операционных систем Linux и Windows, основанная на технологии прямого доступа DAX.



# Транзакции

— серия модификаций над объектами в персистентной памяти, которые либо происходят все, либо не происходят вовсе.

- 1 Перед модификацией данных сделать их копию и сохранить в журнале отмены.
- 2 Модифицировать оригинал.
- 3 В случае сбоя - вернуться к сохраненной копии.
- 4 В случае успеха - очистить журнал отмены.



# $B^+$ -дерево

— структура данных, сбалансированное дерево поиска.

- Используется для хранения данных во внешней памяти
- Позволяет конфигурировать размер узлов
- Сильно ветвистое



ORACLE<sup>®</sup>  
DATABASE



Microsoft<sup>®</sup>  
SQL Server<sup>®</sup>



SQLite



# Персистентные структуры данных

— это структуры данных, которые при внесении в них каких-то изменений сохраняют все свои предыдущие состояния и доступ к этим состояниям.

- Сохранять только последнюю версию
- Обеспечить атомарный переход к новой версии





# Подходы к версионированию

	<b>Версионирование элементов</b>	<b>Дублирование узлов</b>
Дополнительные затраты памяти	16 байт на каждый элемент	x2
Сборщик мусора	Необходим	Необходим
Производительность относительно транзакций	Ниже	Выше



# Результаты

- Изучены технологии, принципы и особенности проектирования программного обеспечения для персистентной памяти
- Изучены и оптимизированы алгоритмы лежащие в основе версионного  $B^+$ -дерева
- Реализована версионная структура данных  $B^+$ -дерево, способная обеспечивать консистентность данных на персистентной памяти
- Проведено функциональное тестирование на операционных системах Linux и Windows
- Произведены замеры производительности на эмуляторе персистентной памяти и аппаратной платформе
- Результат работы был включен в официальный репозиторий проекта



Спасибо за внимание!

