Андрей Николаенко
IBS

Машины баз данных: концентрированное обозрение

I. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИИ

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Integrated infrastructure

$ 5,9 млрд

$373 млн

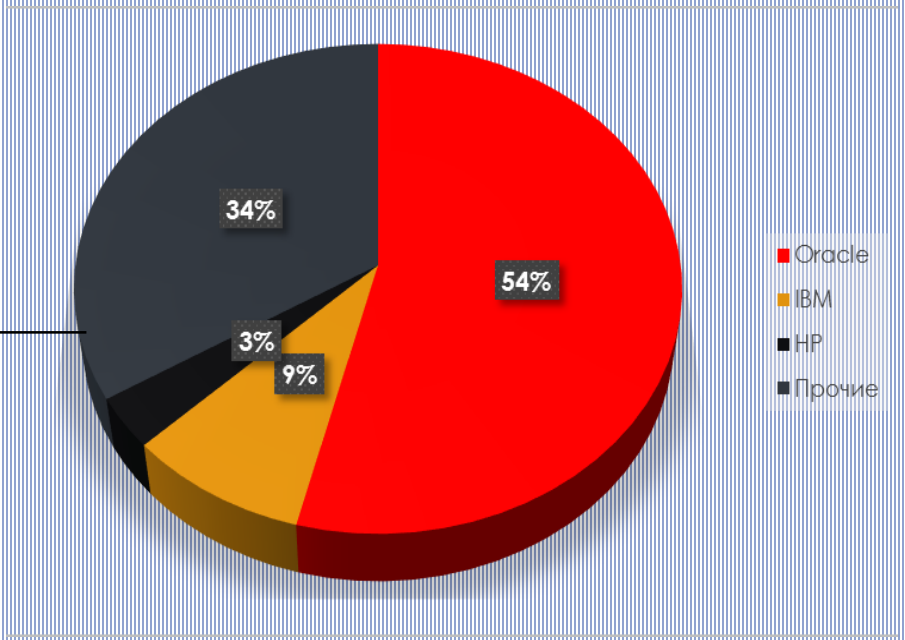
Hyperconverged systems

Integrated platform

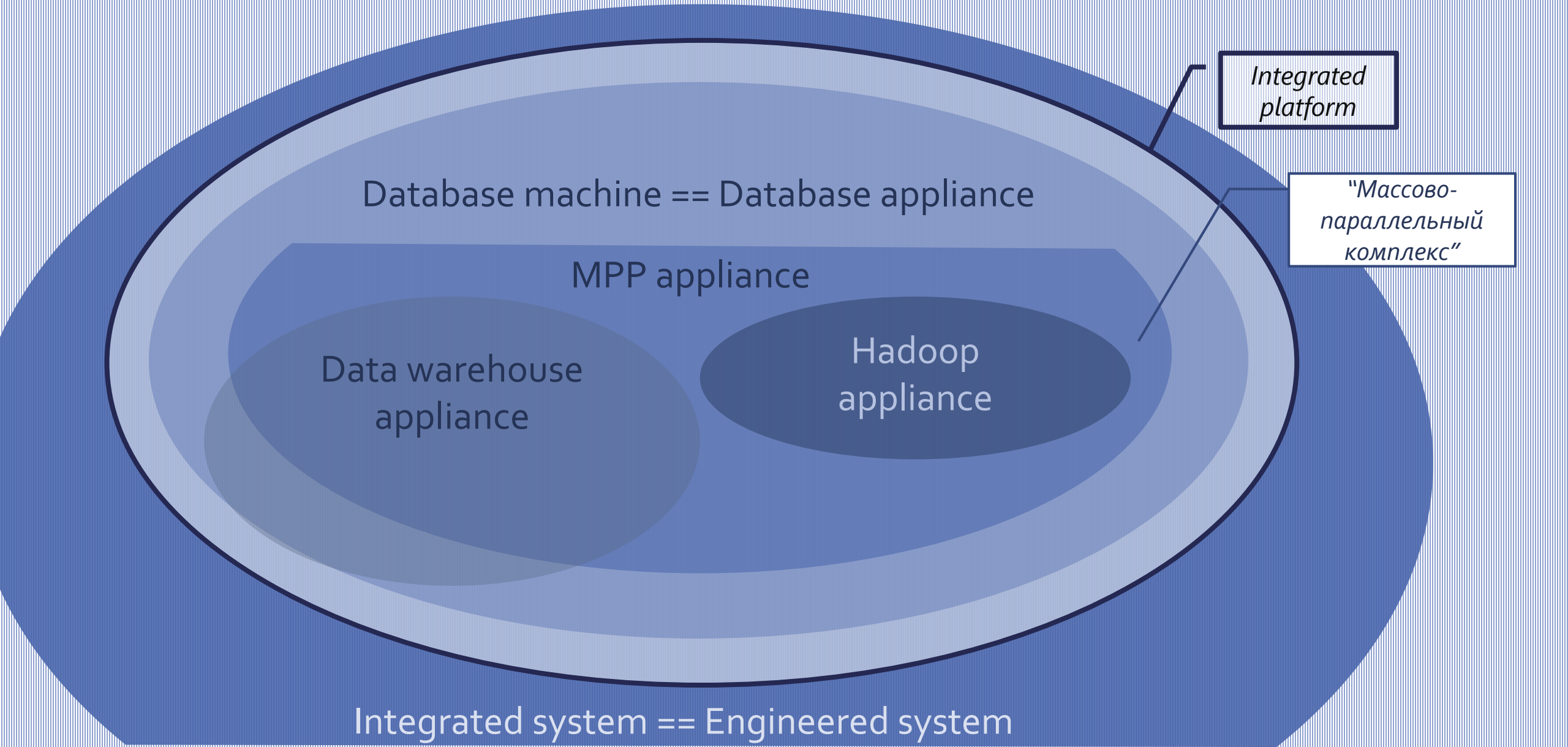
$ 3,5 млрд

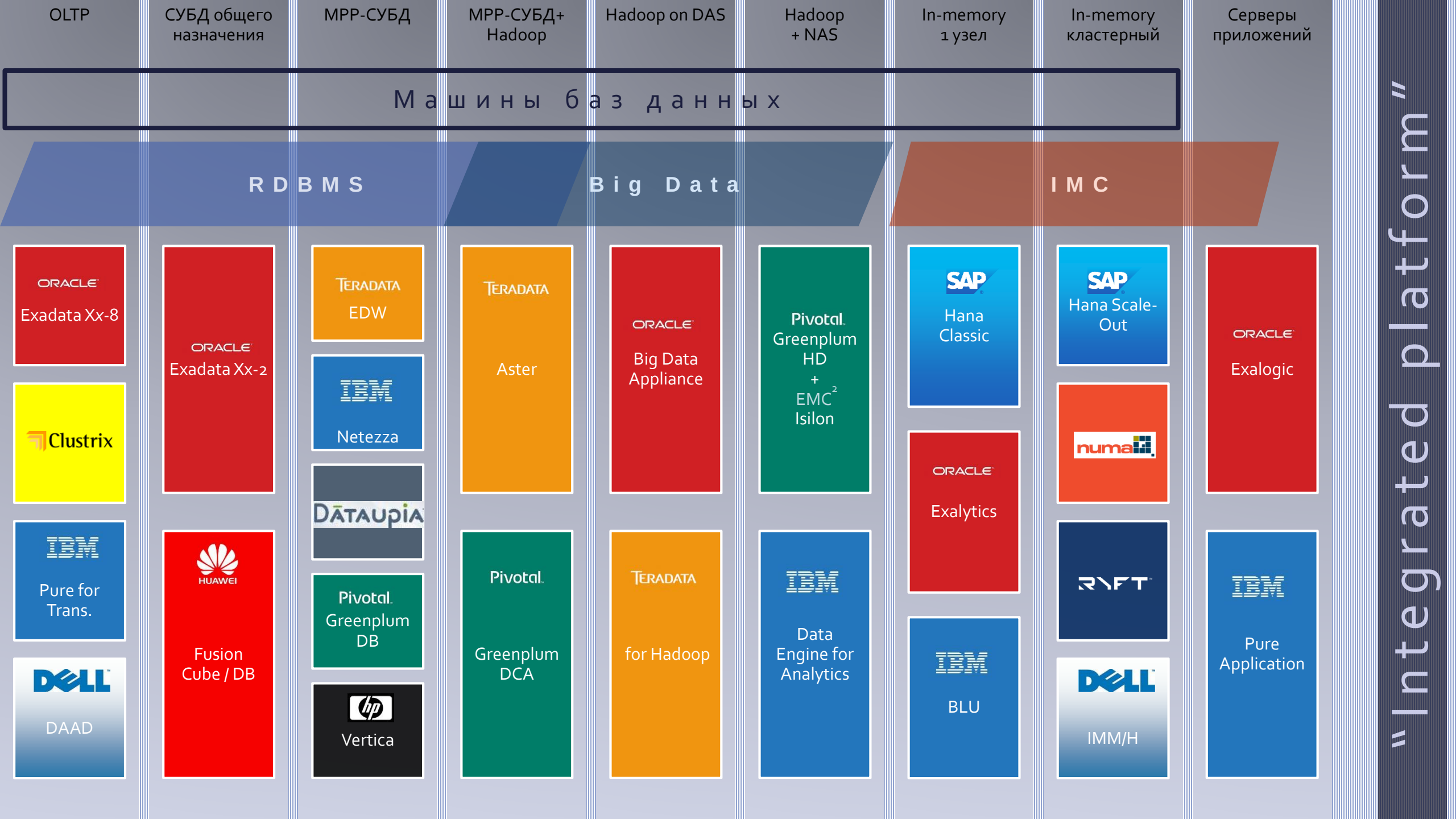
Database machines

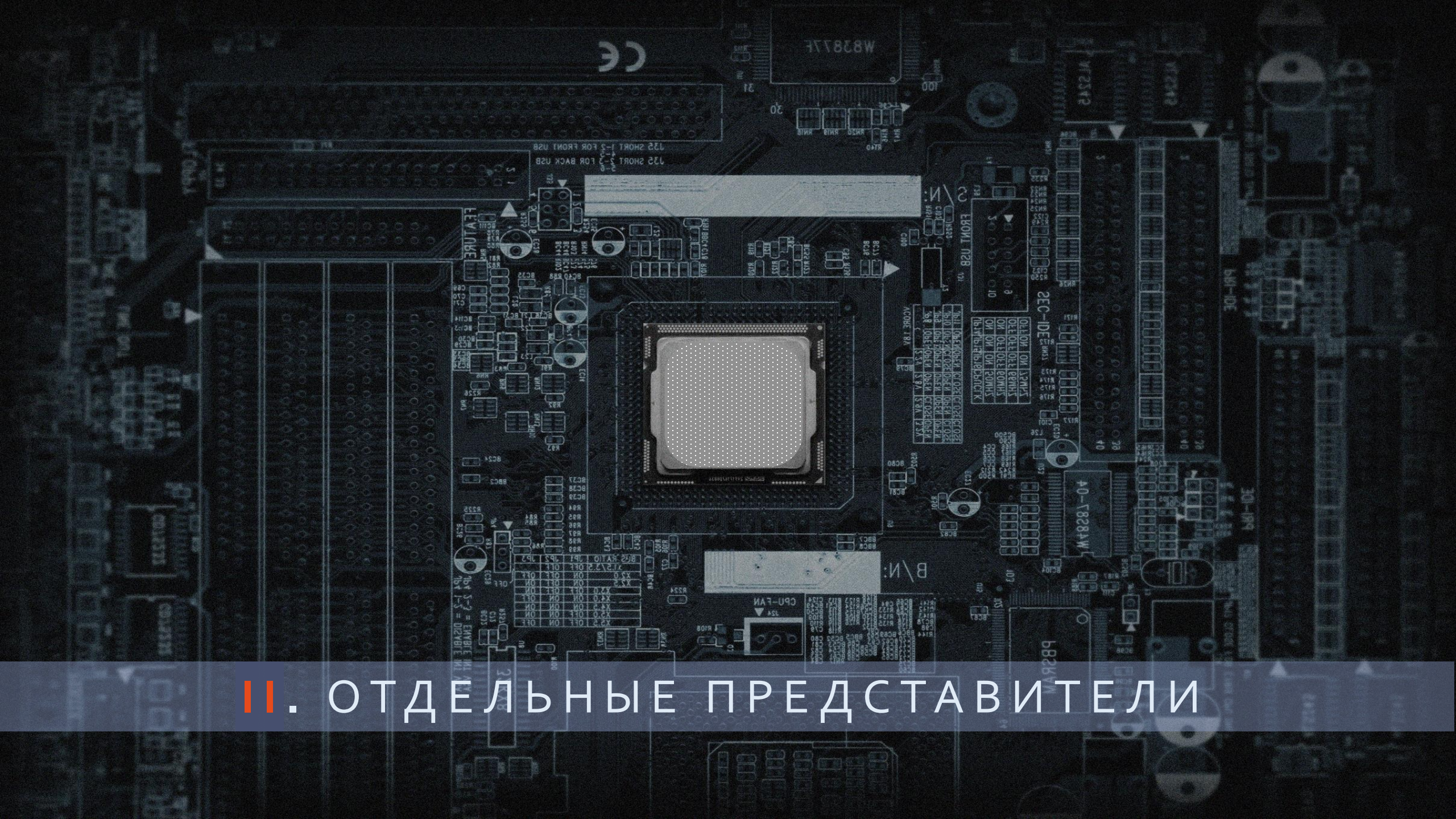
Данные IDC на 2015 год



ТЕРМИНЫ В ВАРИАНТАХ

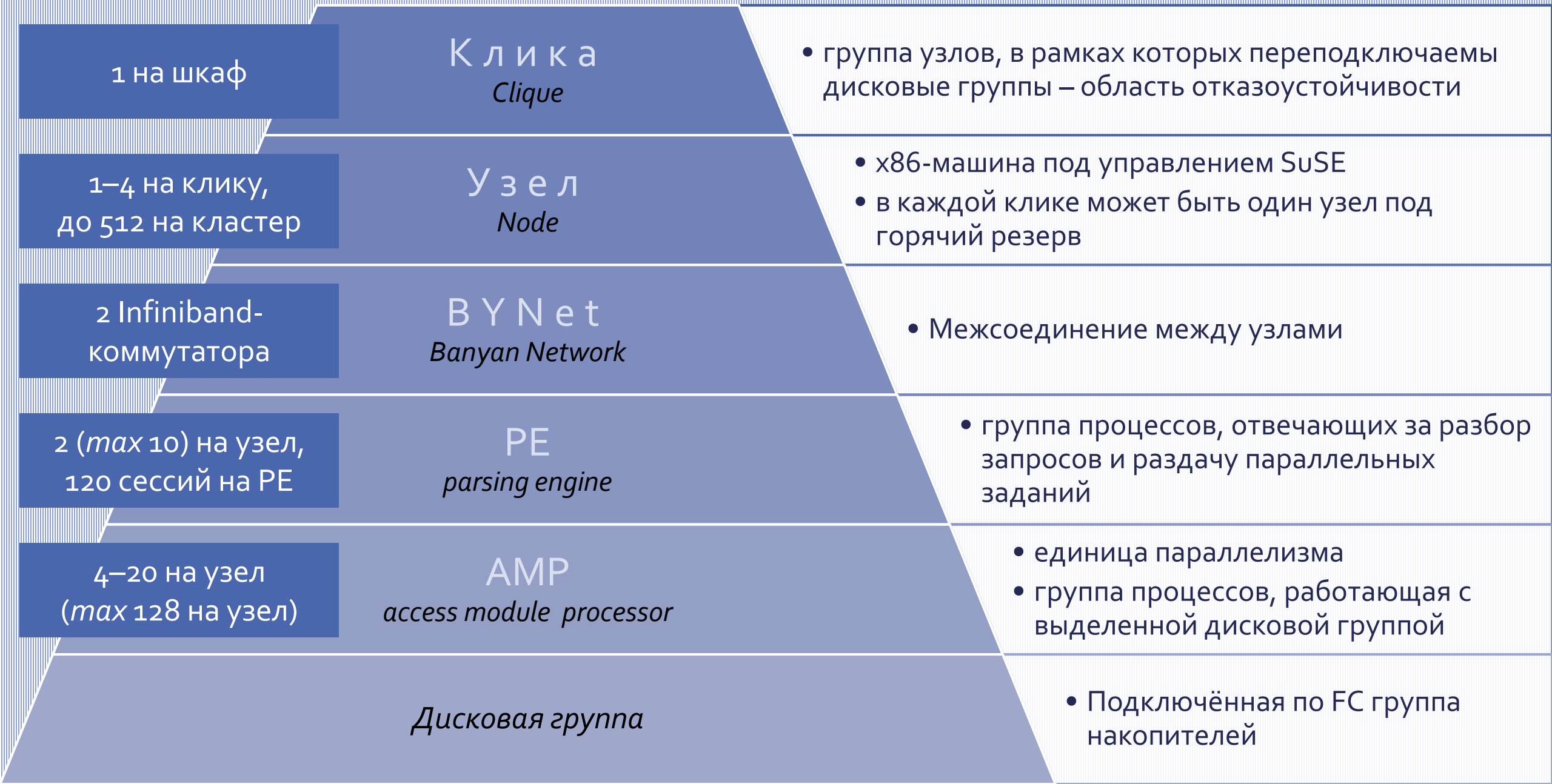



OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
ORACLE Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
ORACLE Exadata Xx-2
HUAWEI Fusion Cube / DB
TERADATA EDW
IBM Netezza
DATAUPIA
Pivotal Greenplum DB
Vertica
TERADATA Aster
Pivotal Greenplum DCA
ORACLE Big Data Appliance
TERADATA for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
ORACLE Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
ORACLE Exalogic
IBM Pure Application
"Integrated platform"



II. ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ

TERADATA (классическая)



NETEZZA

Шкаф

- 1…8 на кластер

SMP-host

- x86-узел, RHEL
- 1…2 на кластер

Snippet – единица параллелизма

Сниппет-блейд

- x86-узел, RHEL

Сниппет-ПЛИС

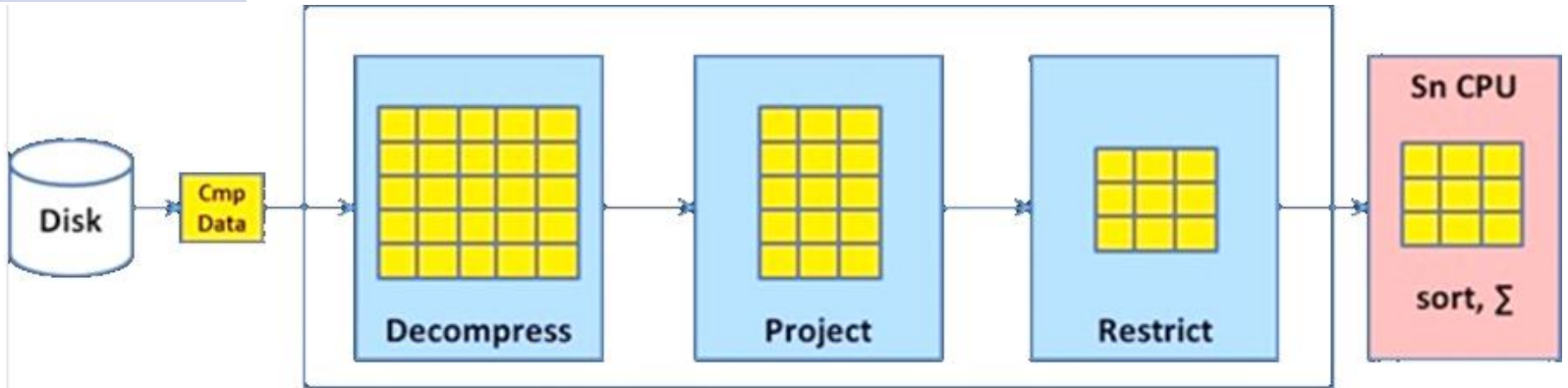
- Xilinx Virtex 6
- 2 на сниппет-блейд
- Обрабатывает весь ввод-вывод к своей дисковой группе

Диски

- Сгруппированы в RAID1-группы
- Напрямую подключены через ПЛИС в сниппеты

A[symmetric]MPP

Операции на ПЛИС: *…на ЦПУ:*



EXADATA

Узлы СУБД

- 2…8 x86-узлов на шкаф
  - Xx-2: 2×22-core Xeon E5
  - Xx-8: 8×18-core Xeon E7
- Oracle Linux
- Oracle Database, RAC, ASM

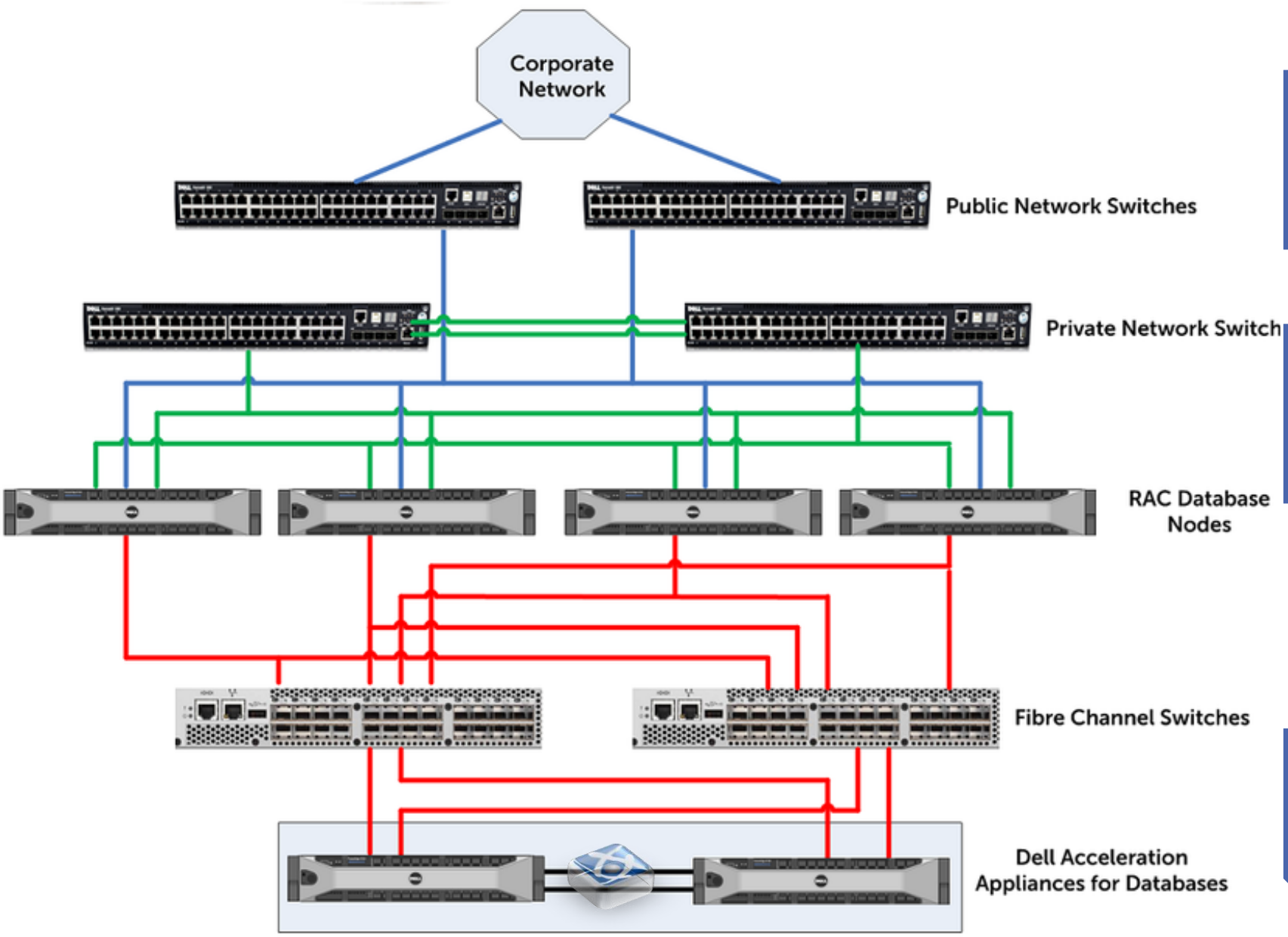
Infiniband-межсоединение

- 2 коммутатора Infiniband QDR
- Протокол iDB [поверх RDS {поверх RDMA}]

Ячейки хранения

- 3..14 x86-узлов на шкаф
  - HC: 12 HDD, 4 NVMe
  - EF: 8 NVMe
- Oracle Linux
- Oracle storage software

DELL DAAD



x86-стройблок для узлов СУБД и узлов хранения

- Dell PowerEdge, 2 × Xeon E5

Три вида сетевых технологий

- 10G
- FC в межсети для ASM
- Infiniband для соединения узлов хранения

Fusion-io ION на узлах хранения

ORACLE BIG DATA APPLIANCE & TERADATA APPLIANCE FOR HADOOP

18×2×CPU x86	18×2×CPU x86
• 12×8TB JBOD в каждом	• 12×8TB JBOD в каждом
Infiniband/QDR	**BYNet [Infiniband/QDR]**
• Межсоединение IPoIB • Соединяемость с Exadata	• Межсоединение IPoIB • Соединяемость с Teradata
Предустановленный софт	**Предустановленный софт**
• Cloudera Data Hub Edition • Oracle Table Access for Hadoop • Oracle NoSQL CE • Oracle R Enterprise • ….	• Cloudera CDH или Hortonworks

DELL-EMC DCA & ISILON

DB Compute

DB Standard

HD

HD Compute

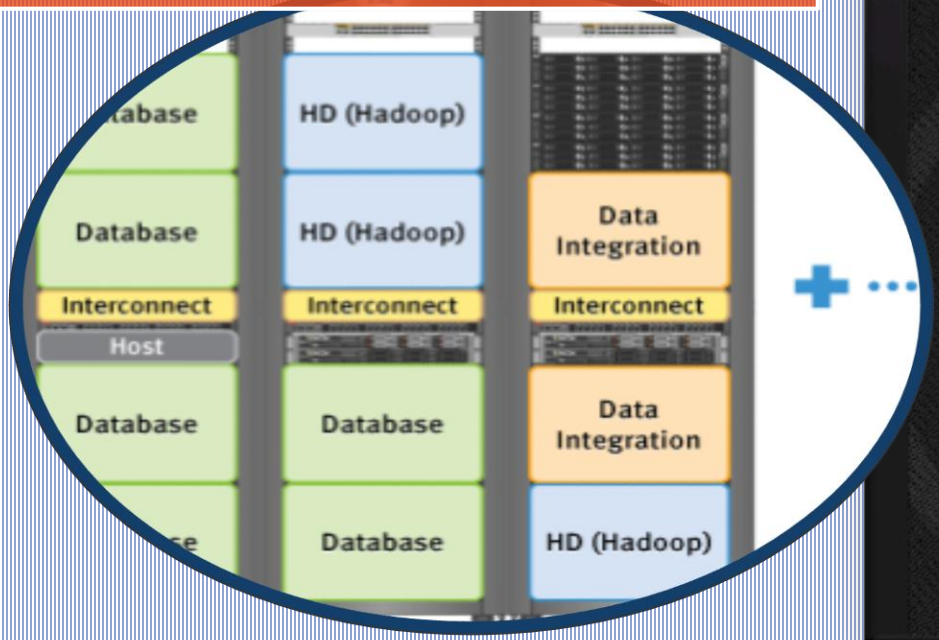
Isilon HD

Greenplum appliance (DB only)

EMC Greenplum Data Computing Appliance (+Hadoop, 2013)

EMC Data Computing Appliance (2015)

NAS,
доступный по HDFS



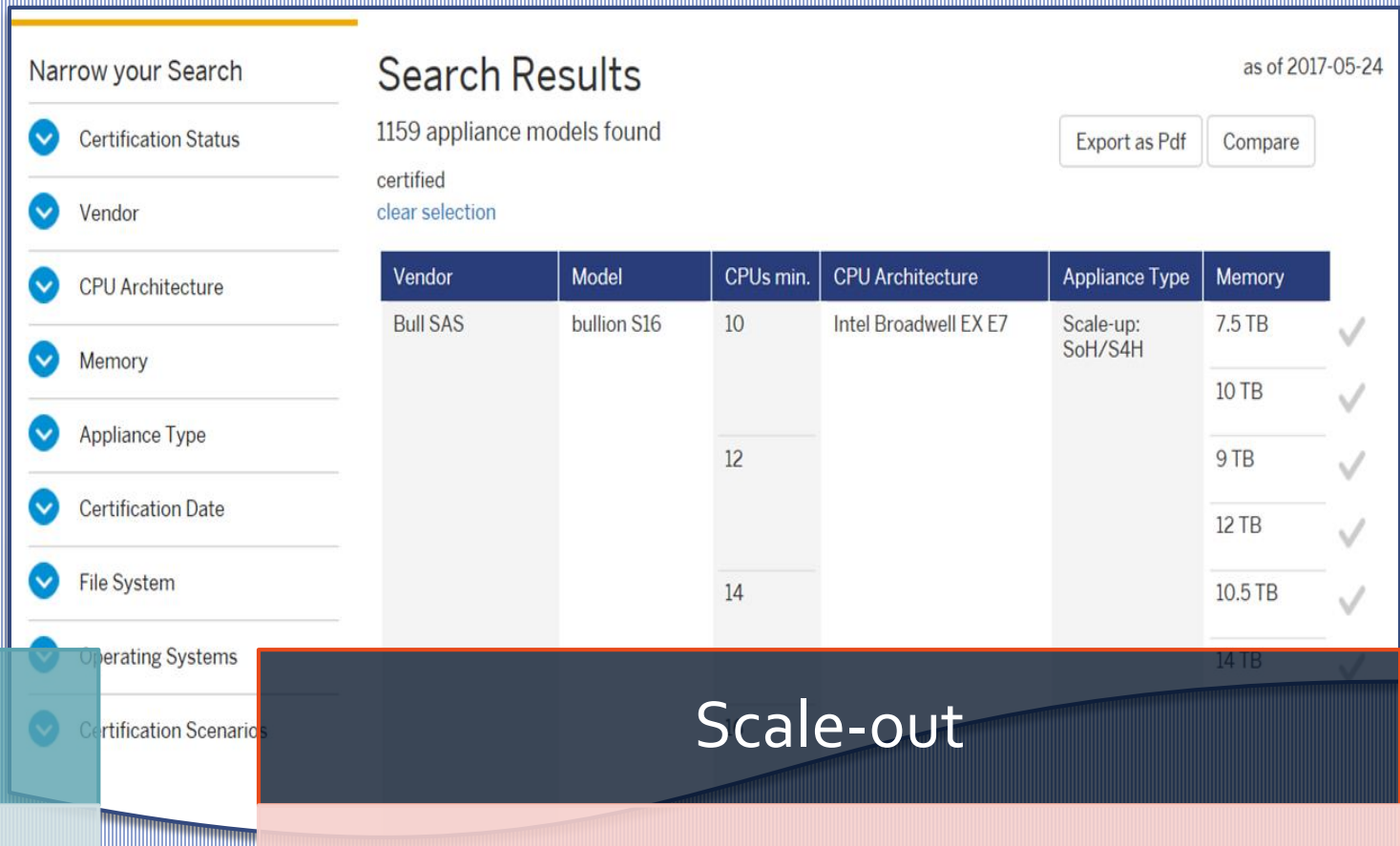
SAP HANA

Фактически: сертифицированные на стороне SAP некоторые аппаратные платформы

Некоторые базовые условия

Xeon E7

Есть системы на IBM Power



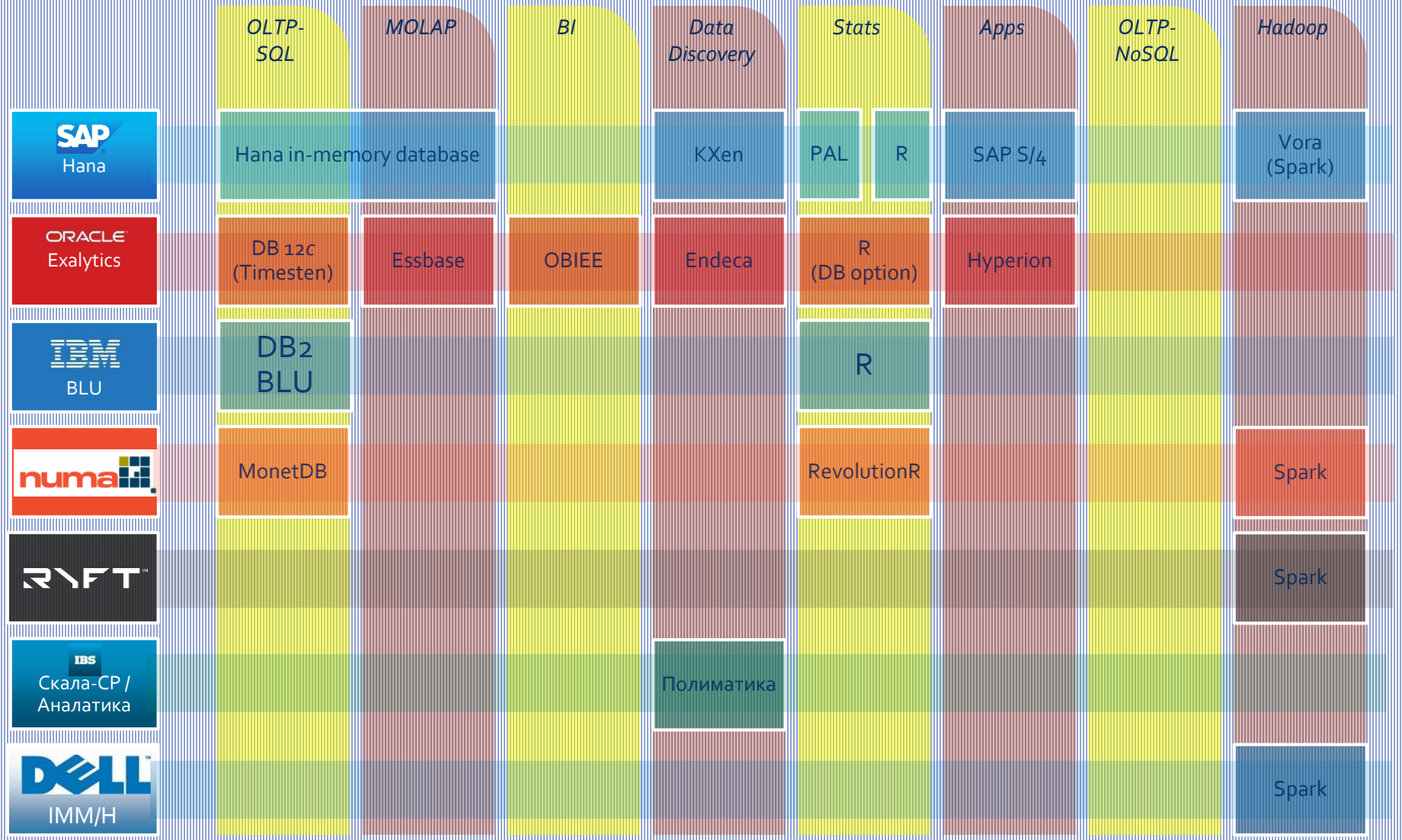
Scale-up

- Один узел
- Для ERP
- Много ОЗУ
- Много ЦПУ

Scale-out

- Много узлов
- Для BW, аналитики…
- С марта 2017 – и для S4/Hana

РЕЗИДЕНТНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ «В ЖЕЛЕЗЕ»



ШАБЛОНЫ ПОСТРОЕНИЯ

Гиперконвергенция

- Универсальный строительный блок
- Каждый узел выполняет работу по хранению и обработке

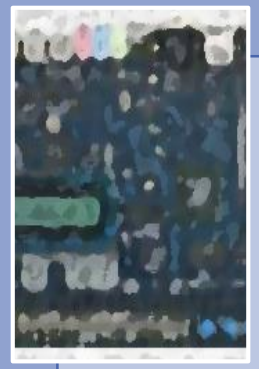
Дезагрегация

- Узлы обработки
- Узлы хранения
- Специальный протокол общения

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

n × [Commodity x86] как строительный блок

Infiniband/RDMA
[часто – просто 10G]

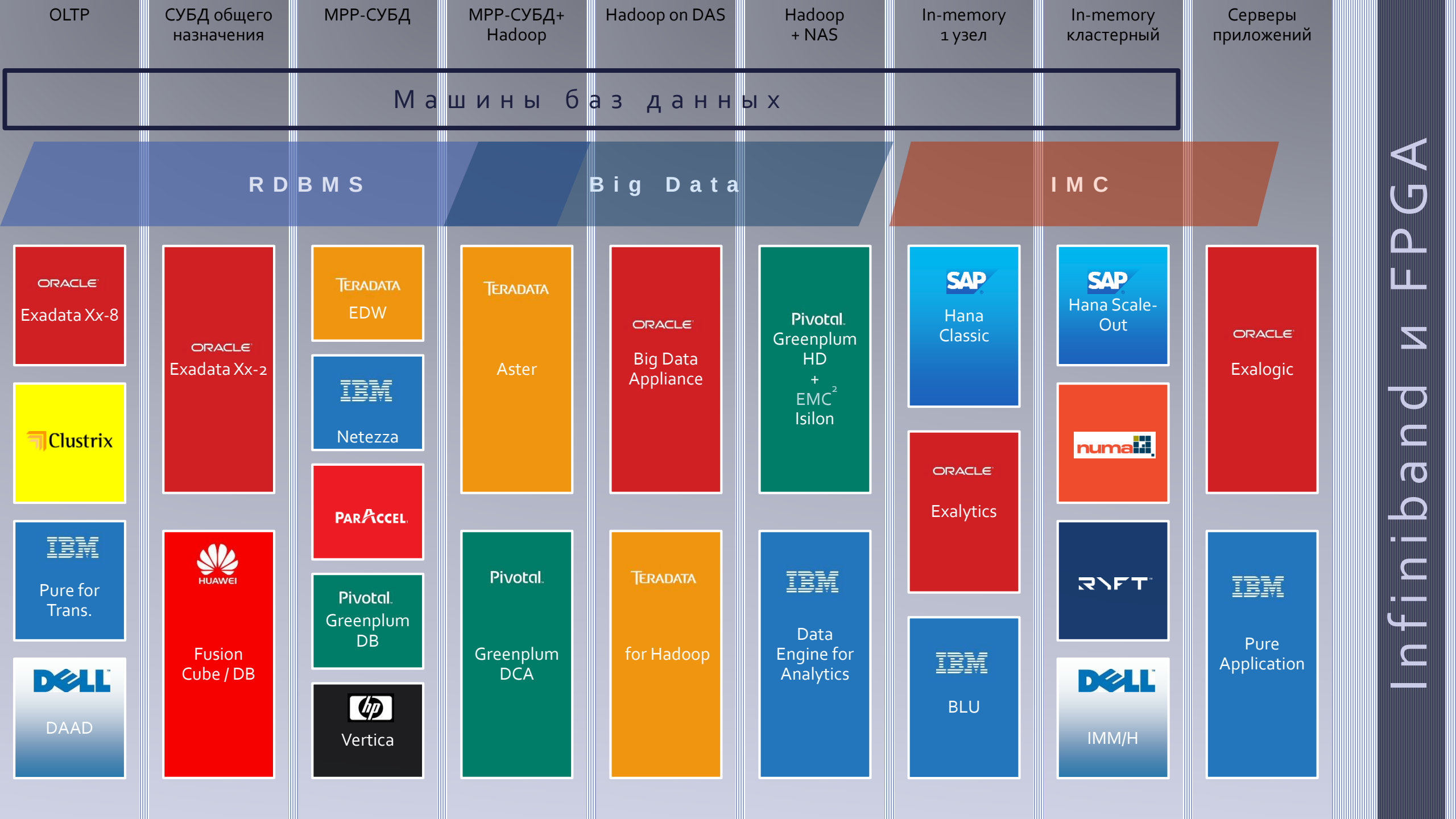


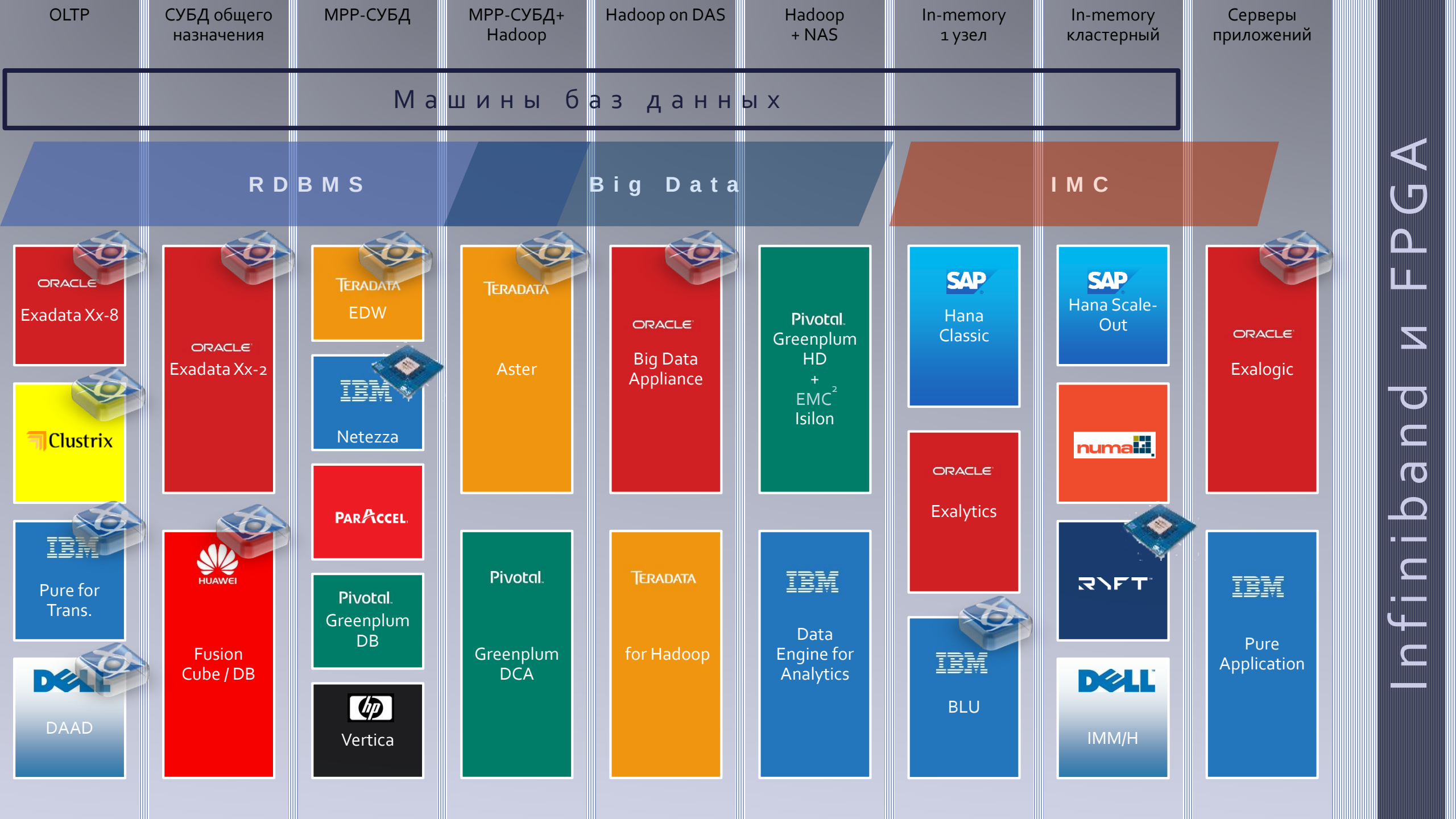
FPGA
[редко]

Программные добавки, программная определеяемость

Без единых точек отказа, дублирование компонентов, самолечение
[не всегда и не во всём]

Pre-configured, self-managed, DBaaS off-the-shelf


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
Infiniband и FPGA
ORACLE Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
ORACLE Exadata Xx-2
HUAWEI Fusion Cube / DB
TERADATA EDW
IBM Netezza
PARACCEL
Pivotal Greenplum DB
Vertica
TERADATA Aster
Pivotal Greenplum DCA
ORACLE Big Data Appliance
TERADATA for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
ORACLE Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
ORACLE Exalogic
IBM Pure Application


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
Oracle Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DAAD
Oracle Exadata Xx-2
Huawei Fusion Cube / DB
Teradata EDW
IBM Netezza
ParAccel
Pivotal Greenplum DB
HP Vertica
Teradata Aster
Pivotal Greenplum DCA
Oracle Big Data Appliance
Teradata for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
Oracle Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RNFT
DELL IMM/H
Oracle Exalogic
IBM Pure Application
Infiniband и FPGA

АРХИТЕКТУРНЫЙ КОНТИНУУМ

Поддерживаемые инфраструктурные компоненты

- “Linux x86-64”
- “10GbE”

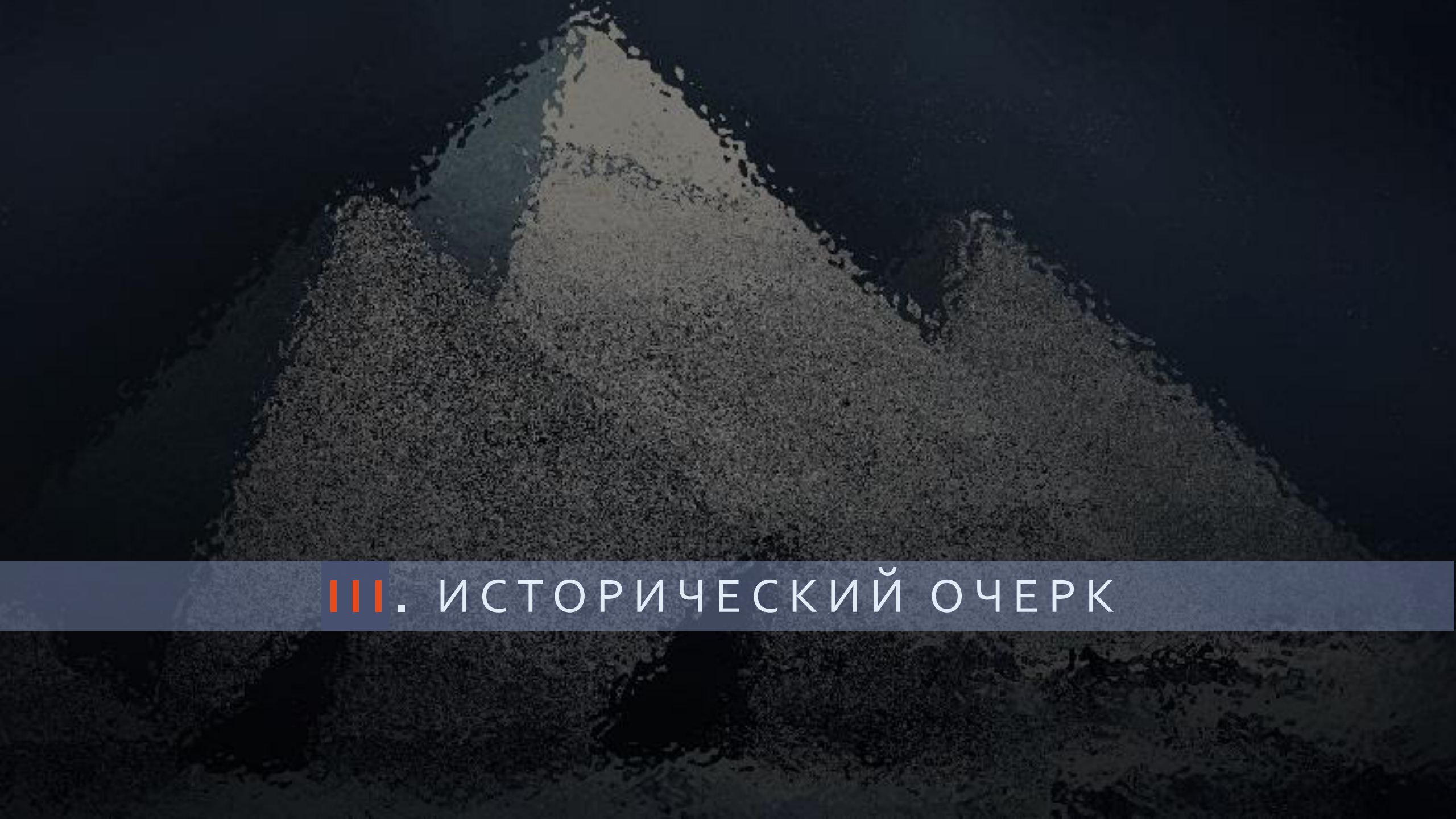
Рекомендуемое оборудование и рекомендованные параметры

- “2×CPU, HW RAID”
- “CentOS 6.5…”
- `kernel.shmmax = xxx`
- `DB_BLOCK_SIZE=4k…`

Референтная архитектура

- “3×PowerEdge…”
- “Cisco Nexus”

Машина баз данных



III. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

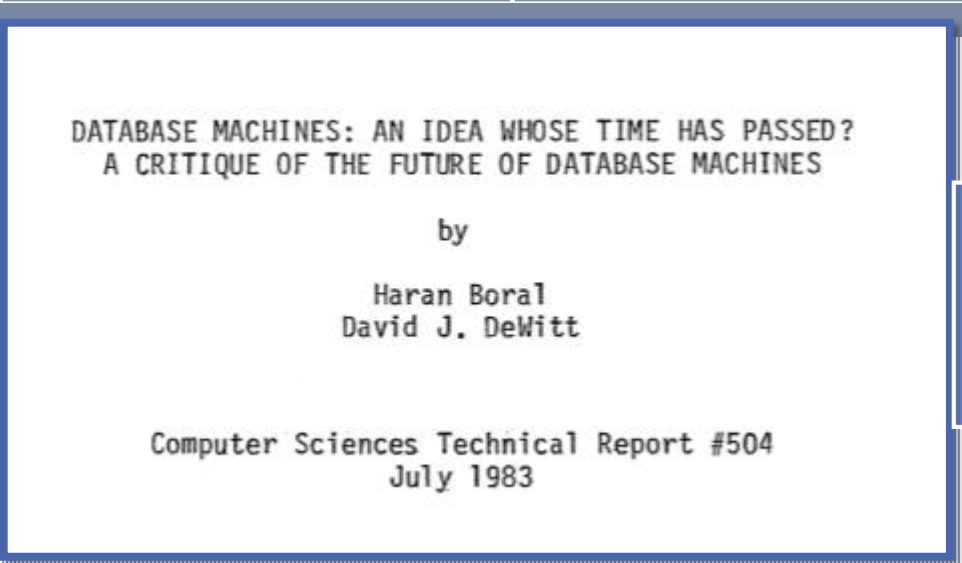
ДОИСТОРИЧЕСКАЯ ДИСКУССИЯ

D. Slotnik. Logic per Track Devices // Adv. In Computing, vol. 10 (**1970**)

David Hsiao. Data Base Machines Are Coming, Data Base Machines Are Coming! // IEEE Computer, vol. 12 (**1979**), Issue 3 (March)

Недостатки фон-неймановской архитектуры для СУБД

Альтернативные процессорные архитектуры	Ассоциативная память	Ассоциативная обработка	Разделение центральных процессоров и процессоров ввода-вывода	…в одной машине



DATABASE MACHINES: AN IDEA WHOSE TIME HAS PASSED?
A CRITIQUE OF THE FUTURE OF DATABASE MACHINES

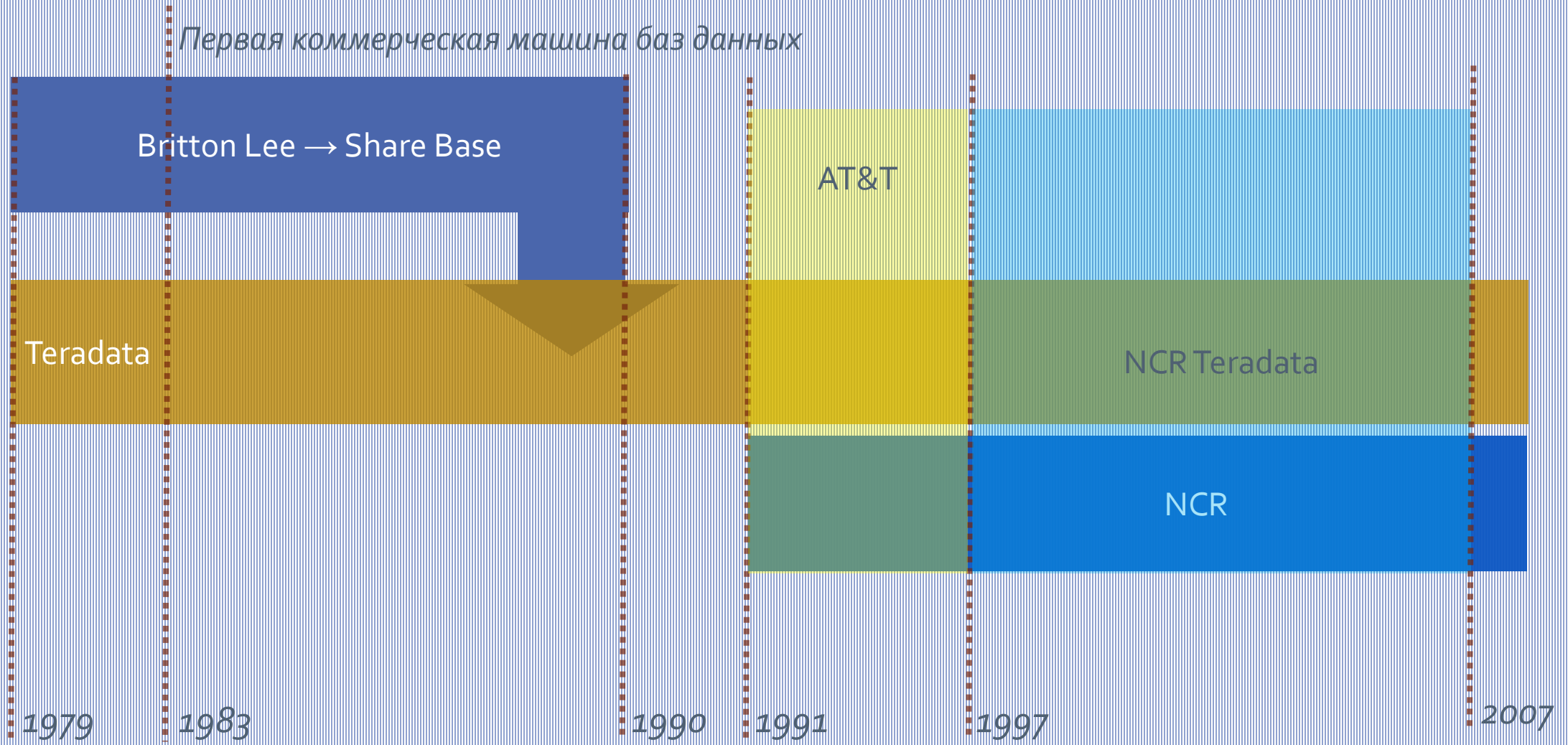
by

Haran Boral
David J. DeWitt

Computer Sciences Technical Report #504
July 1983

Прогресс в дисковых массивов и подсистем ввода-вывода миникомпьютеров сделали разработку машины баз данных экономически нецелесообразной

BRITTON LEE И ЕЁ ПОСЛЕДСТВИЯ

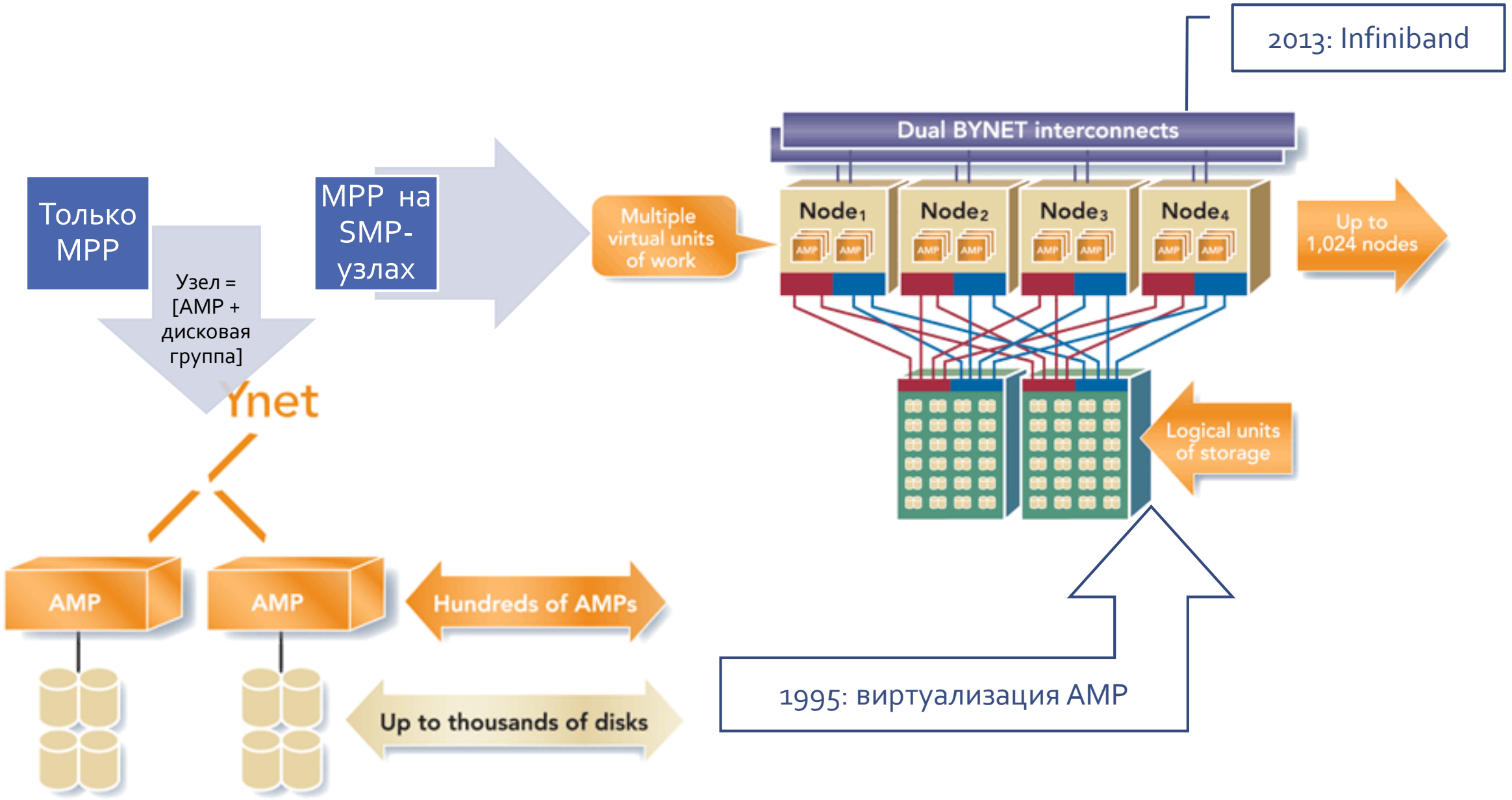


MPP DATABASE, SHARED-NOTHING ARCHITECTURE

Michael Stonebraker. The Case for Shared Nothing // Database Engineering, vol. 9 (**1986**), No. 1

SM	SD	SN
• shared memory	• shared disk	• shared nothing

TERADATA: I ПЕРЕДЕЛ (1995)



Изображение: Teradata, ©2011

NETEZZA: DWH APPLIANCE

2002:

момент идентификации рынка машин хранилищ данных

Фостер Хиншоу
сооснователь Netezza,
основатель Dataupia

«ВОЗЬМЁМ-КА POSTGRESQL!»

Netezza

- IBM

Greenplum

- Pivotal / Dell-EMC

ParAccel

- Actian

Aster Data

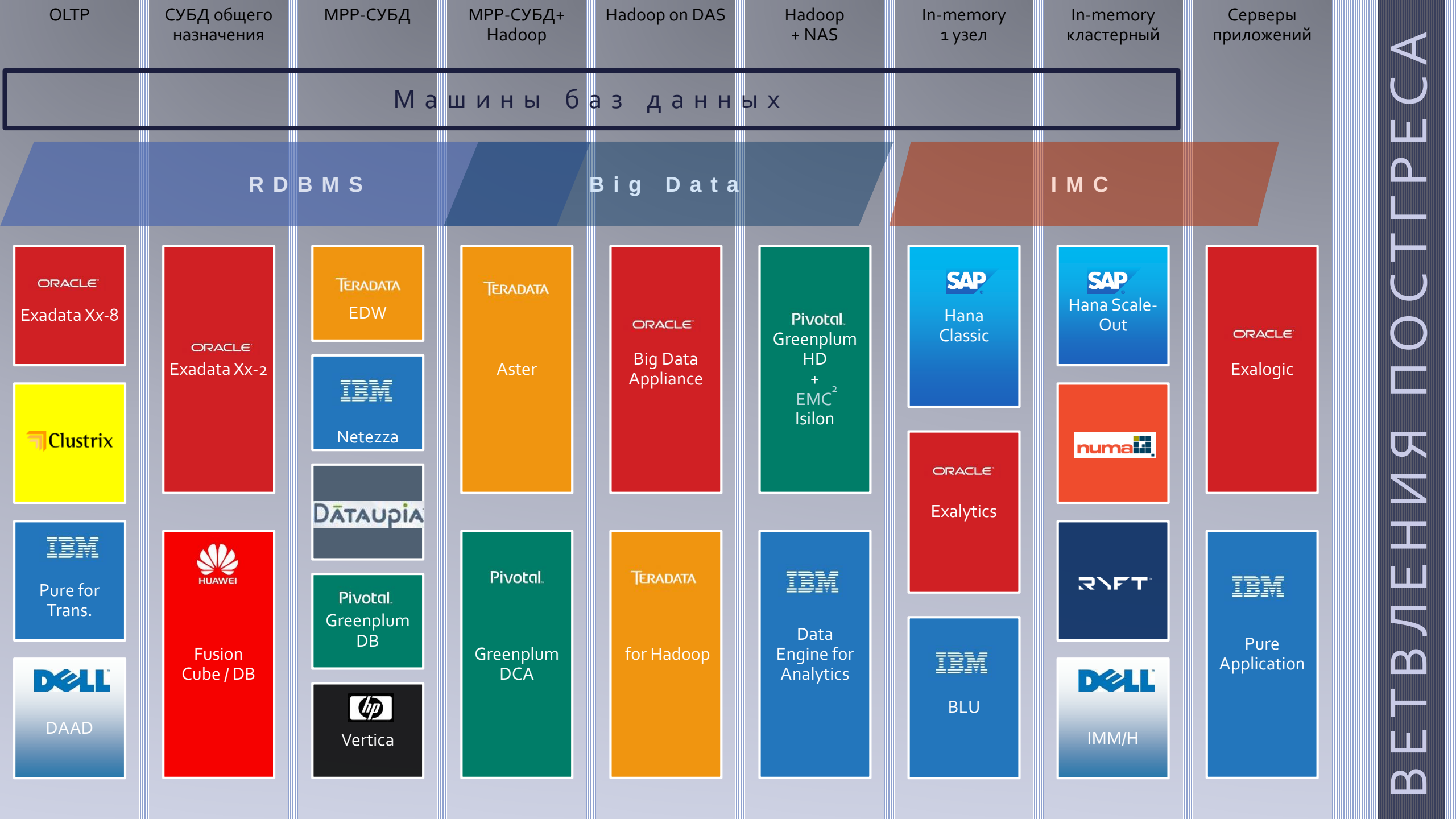
- Teradata

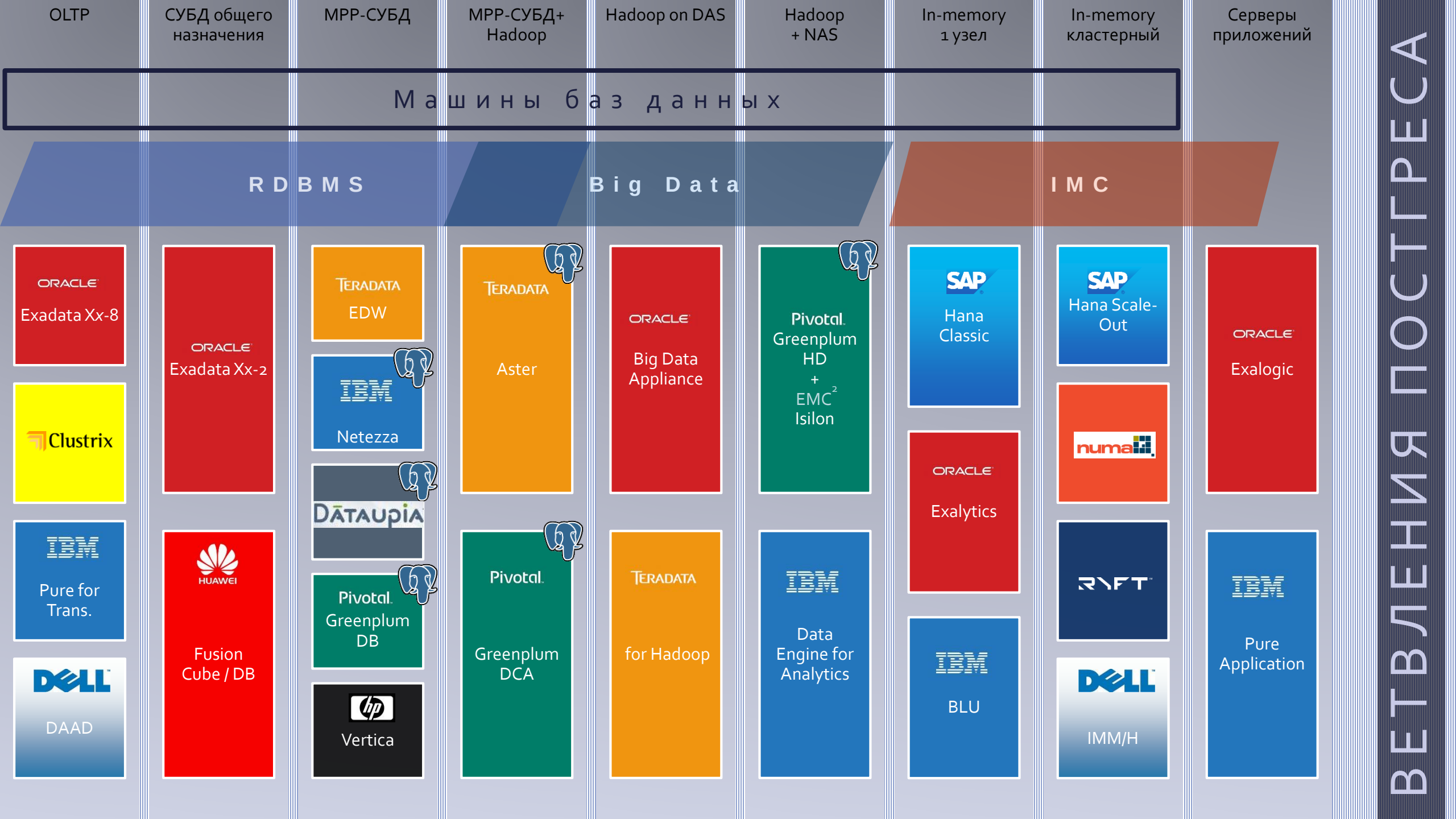
Dataupia

- *Seeking for acquisition…*

Hadapt

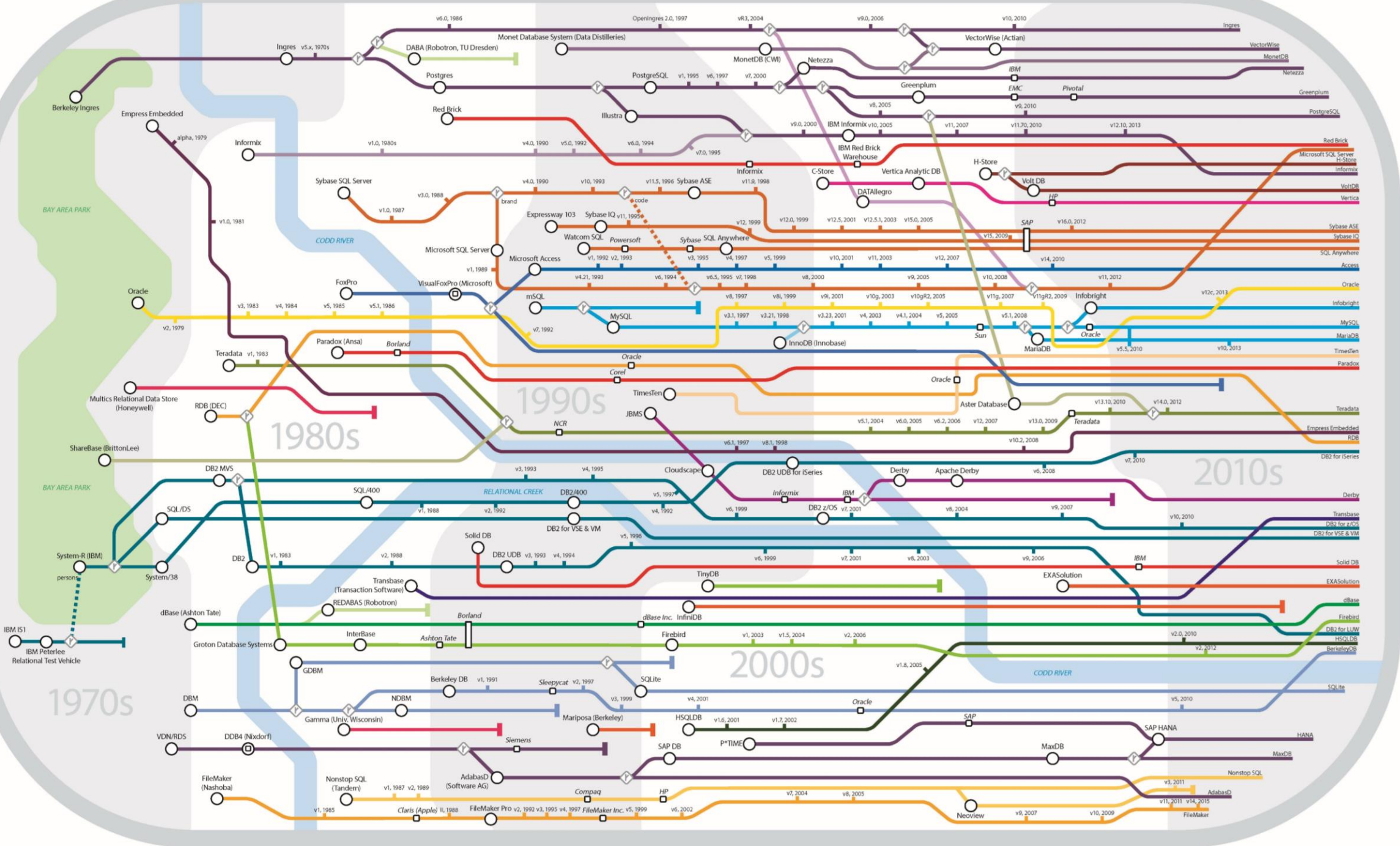
- Teradata


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
Oracle Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
Oracle Exadata Xx-2
Huawei Fusion Cube / DB
Teradata EDW
IBM Netezza
Dataupia
Pivotal Greenplum DB
HP Vertica
Teradata Aster
Pivotal Greenplum DCA
Oracle Big Data Appliance
Teradata for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
Oracle Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RAFT
DELL IMM/H
Oracle Exalogic
IBM Pure Application
ВЕТВЛЕНИЯ ПОСТГРЕСА

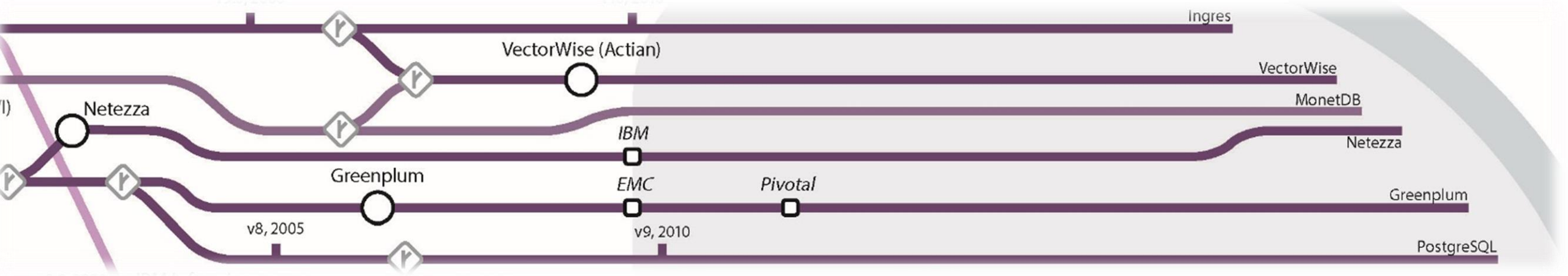

OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
Oracle Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
Oracle Exadata Xx-2
Huawei Fusion Cube / DB
Teradata EDW
IBM Netezza
DATAUPIA
Pivotal Greenplum DB
HP Vertica
Teradata Aster
Pivotal Greenplum DCA
Oracle Big Data Appliance
Teradata for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
Oracle Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
Oracle Exalogic
IBM Pure Application
ВЕТВЛЕНИЯ ПОСТГРЕСА

MPP-машины 2000–2005 годов (на пятидесятимиллионном рынке)

	Netezza	Datallegro	Greenplum	ParAccel
Возникновение	2002	2003	2003	2005
Строительный блок	«Сниппет» [PowerPC + FPGA]	Dell PowerEdge [x86]	Sun Fire на AMD [x86]	“Blade cluster” [x86]
Кодовая база	PostgreSQL	Ingres	PostgreSQL	PostgreSQL
Поглощение	2013 IBM	2008 Microsoft	2010 EMC	2011 Actian
Современность	IBM Pure Data for Analytics	Microsoft SQL Server PDW	Dell-EMC-Pivotal Greenplum DB	Amazon RedShift

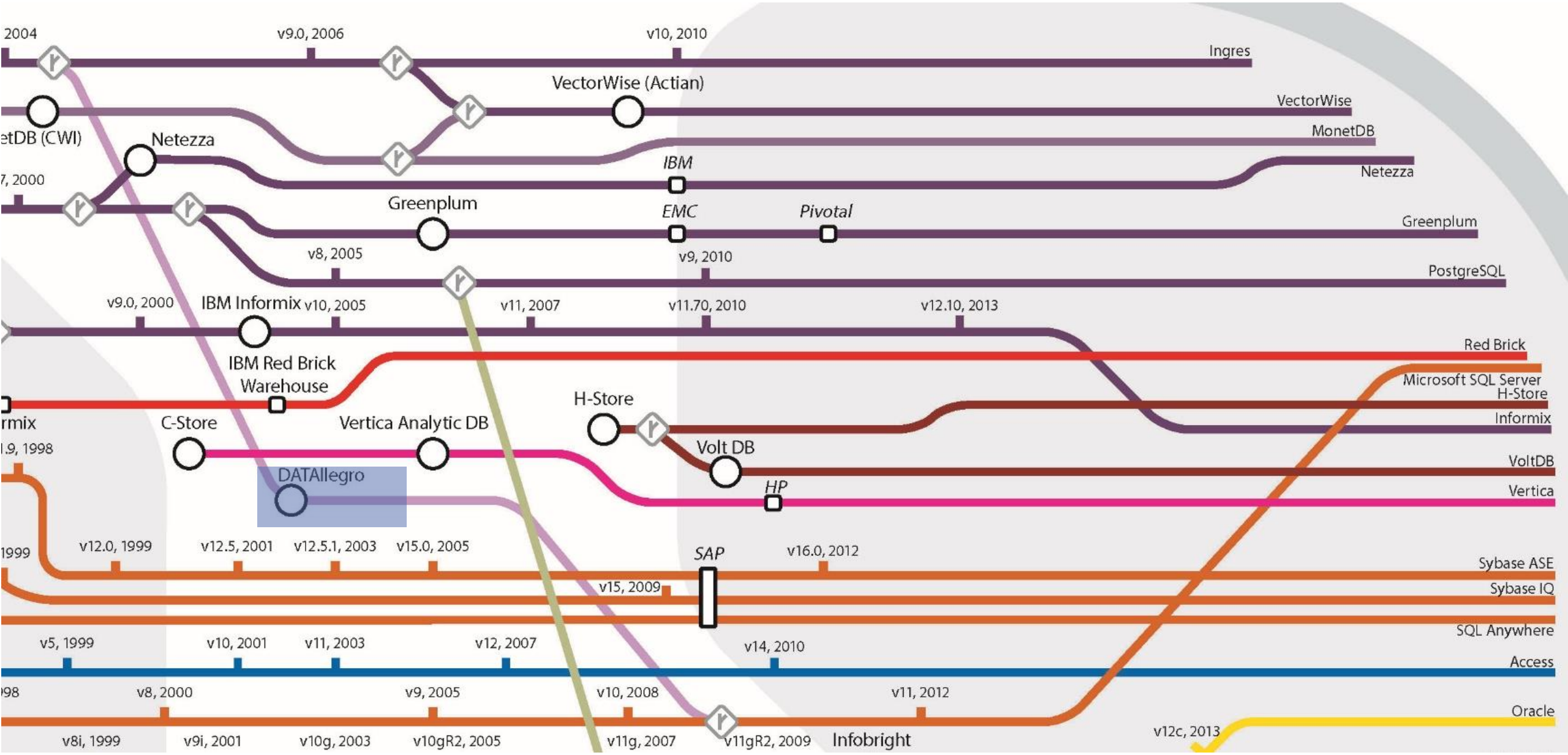


УГОЛ ПОСТГРЕСА (И ИНГРЕСА)



История машин баз данных
как часть мировой истории СУБД

DATALLEGRO НА СТЫКЕ СЕМЕЙСТВ



Изображение: Hasso Plattner Institute, CC-BY-SA, 2015

NON-APPLIANCE MPP DBMS

Exasol

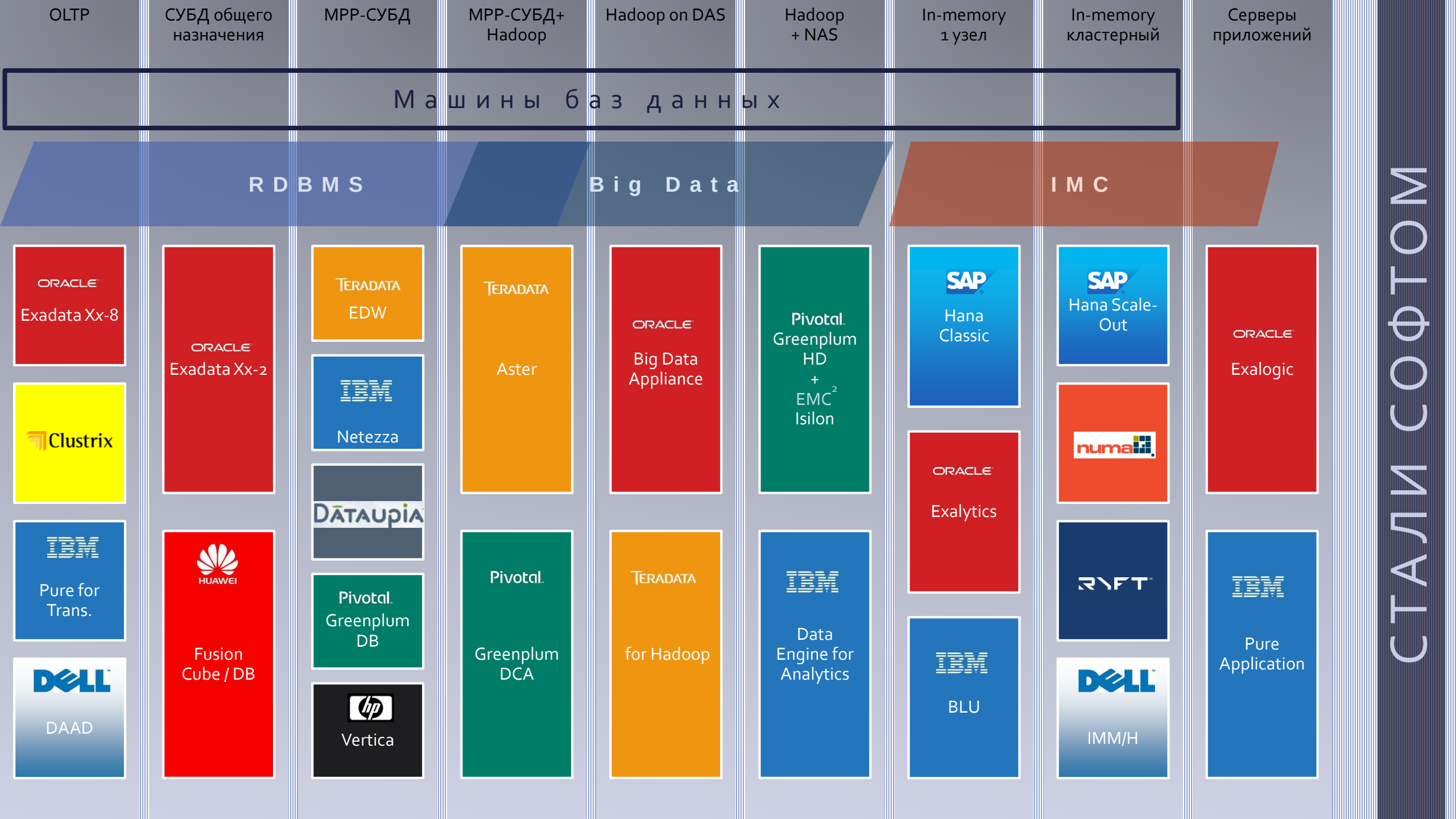
- Резидентная
- Колоночная
- Чемпион в кластерном TPC-H

InfiniDB

- На основе MySQL
- Колоночная
- Компания Calpont обанкрочена в 2014 году

Ряд решений над PostgreSQL

- Postgres-XL
- Hadapt
- Citus DB


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
ORACLE Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
ORACLE Exadata Xx-2
HUAWEI Fusion Cube / DB
TERADATA EDW
IBM Netezza
DATAUPIA
Pivotal Greenplum DB
HP Vertica
TERADATA Aster
Pivotal Greenplum DCA
ORACLE Big Data Appliance
TERADATA for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
ORACLE Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
ORACLE Exalogic
IBM Pure Application
СТАЛИ СОФТОМ

OLTP	СУБД общего назначения	MPP-СУБД	MPP-СУБД+ Hadoop	Hadoop on DAS	Hadoop + NAS	In-memory 1 узел	In-memory кластерный	Серверы приложений

Машины баз данных

RDBMS

- ORACLE Exadata Xx-8
- Clustrix
- IBM Pure for Trans.
- DELL DAAD

- ORACLE Exadata Xx-2
- HUAWEI Fusion Cube / DB

Big Data

- TERADATA EDW
- IBM Netezza
- DATAUPIA
- Pivotal Greenplum DB
- HP Vertica

- TERADATA Aster
- Pivotal Greenplum DCA

- ORACLE Big Data Appliance
- TERADATA for Hadoop

- Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
- IBM Data Engine for Analytics

IMC

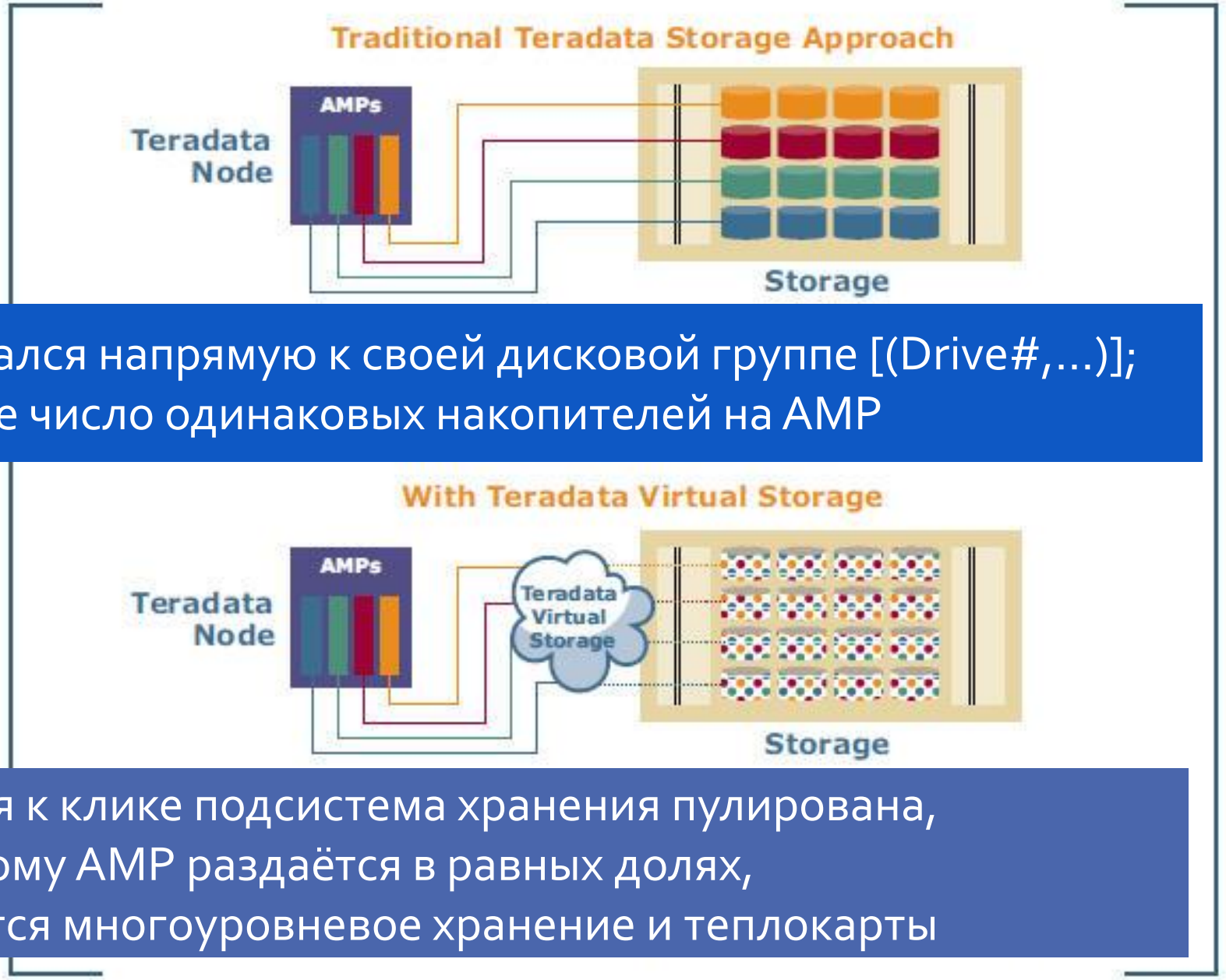
- SAP Hana Classic
- ORACLE Exalytics
- IBM BLU

- SAP Hana Scale-Out
- numa
- RYFT
- DELL IMM/H

- ORACLE Exalogic
- IBM Pure Application

СТАЛИ СОФТОМ

TERADATA: II ПЕРЕДЕЛ (2009)

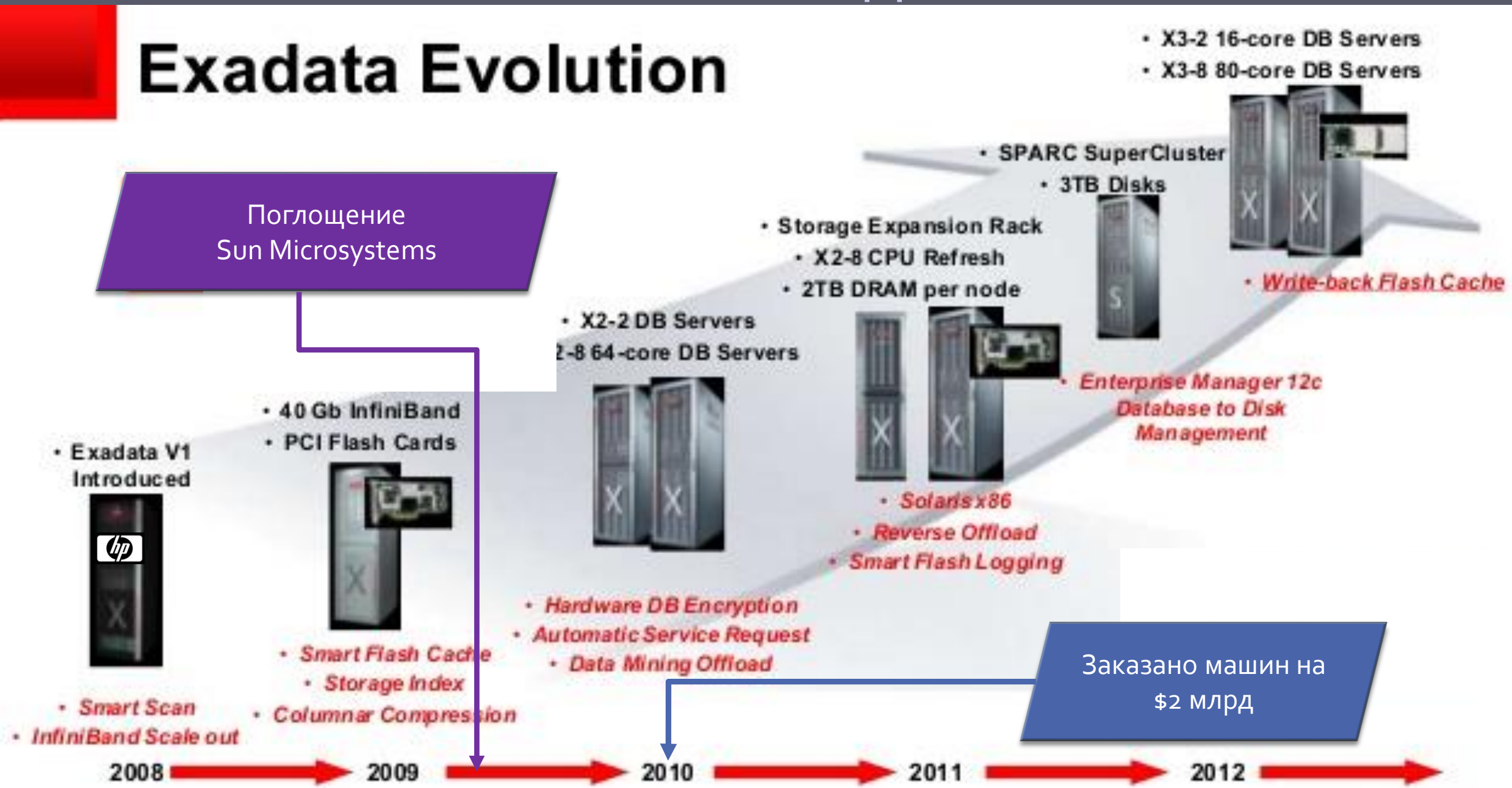


Каждый AMP подключался напрямую к своей дисковой группе [(Drive#,…)]; одинаковое число одинаковых накопителей на AMP

Подключённая к клике подсистема хранения пулирована, каждому AMP раздаётся в равных долях, поддерживается многоуровневое хранение и теплокарты

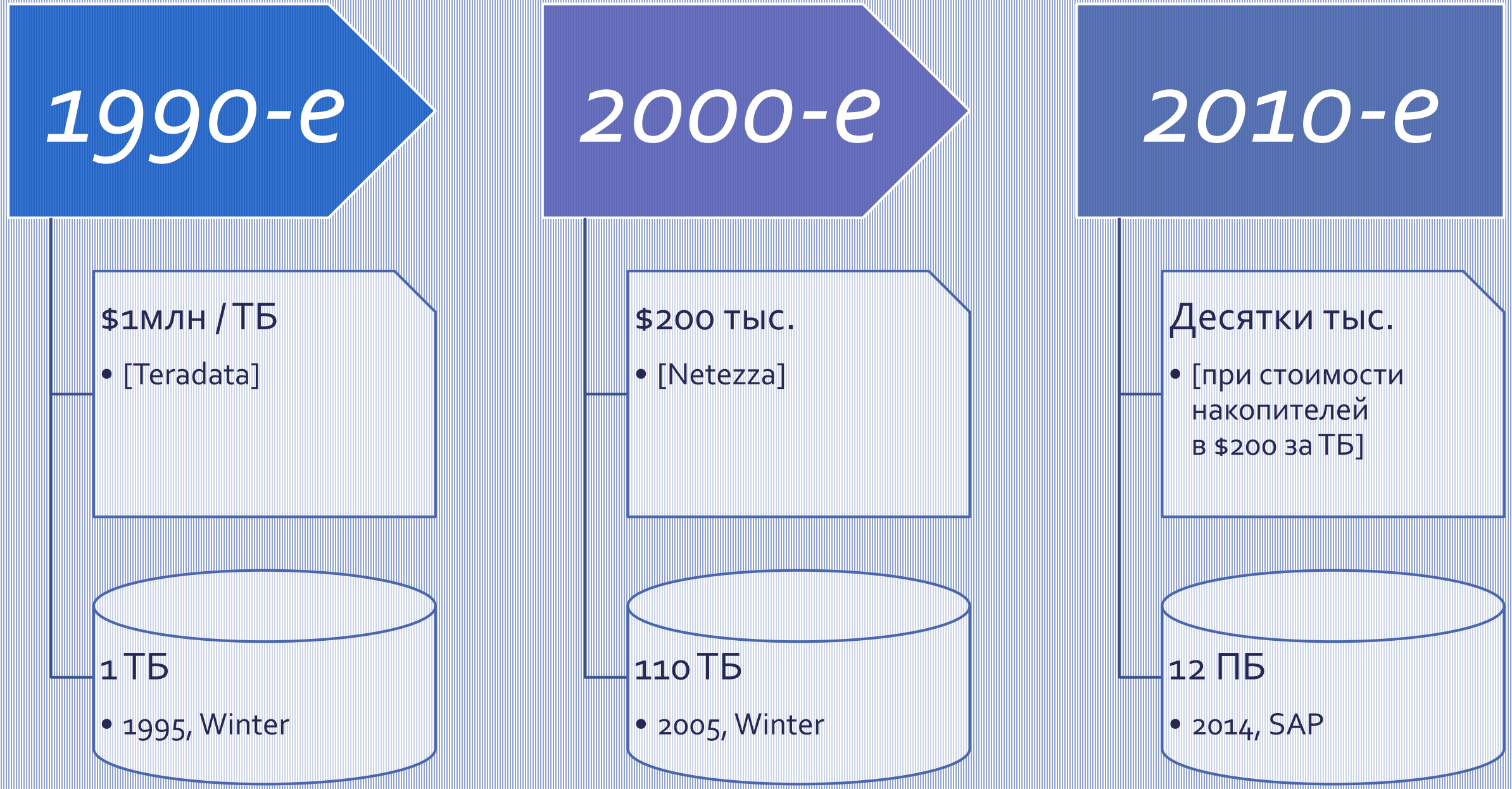
Изображение: Teradata, ©2011

ШАГ В МИЛЛИАРД: EXADATA

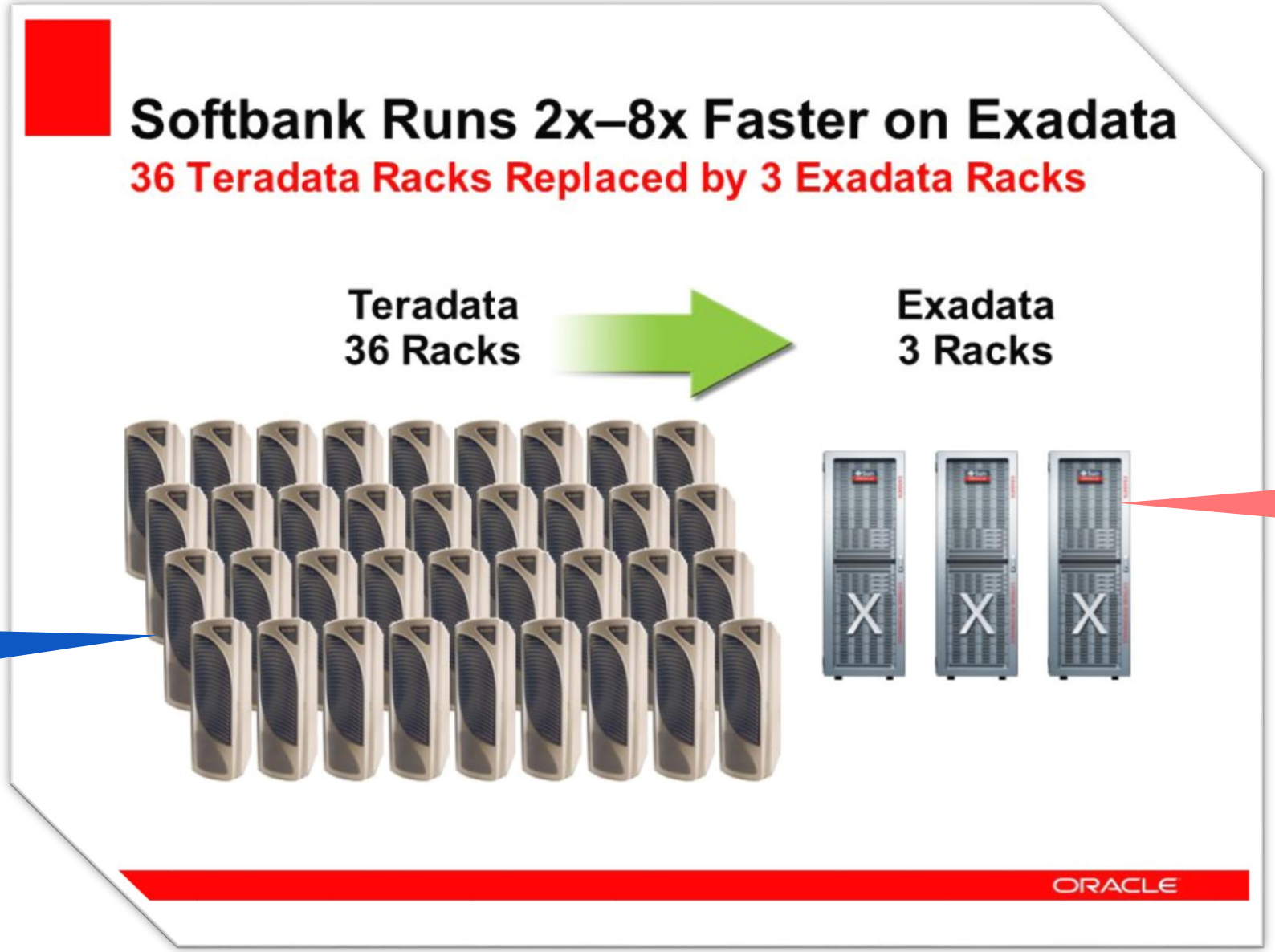


Изображение: Oracle, ©2011

ЦЕНЫ И МАСШТАБ В DWH



РЕКЛАМНЫЙ ШУМ КАК ЗЕРКАЛО ЭВОЛЮЦИИ



2004

2009

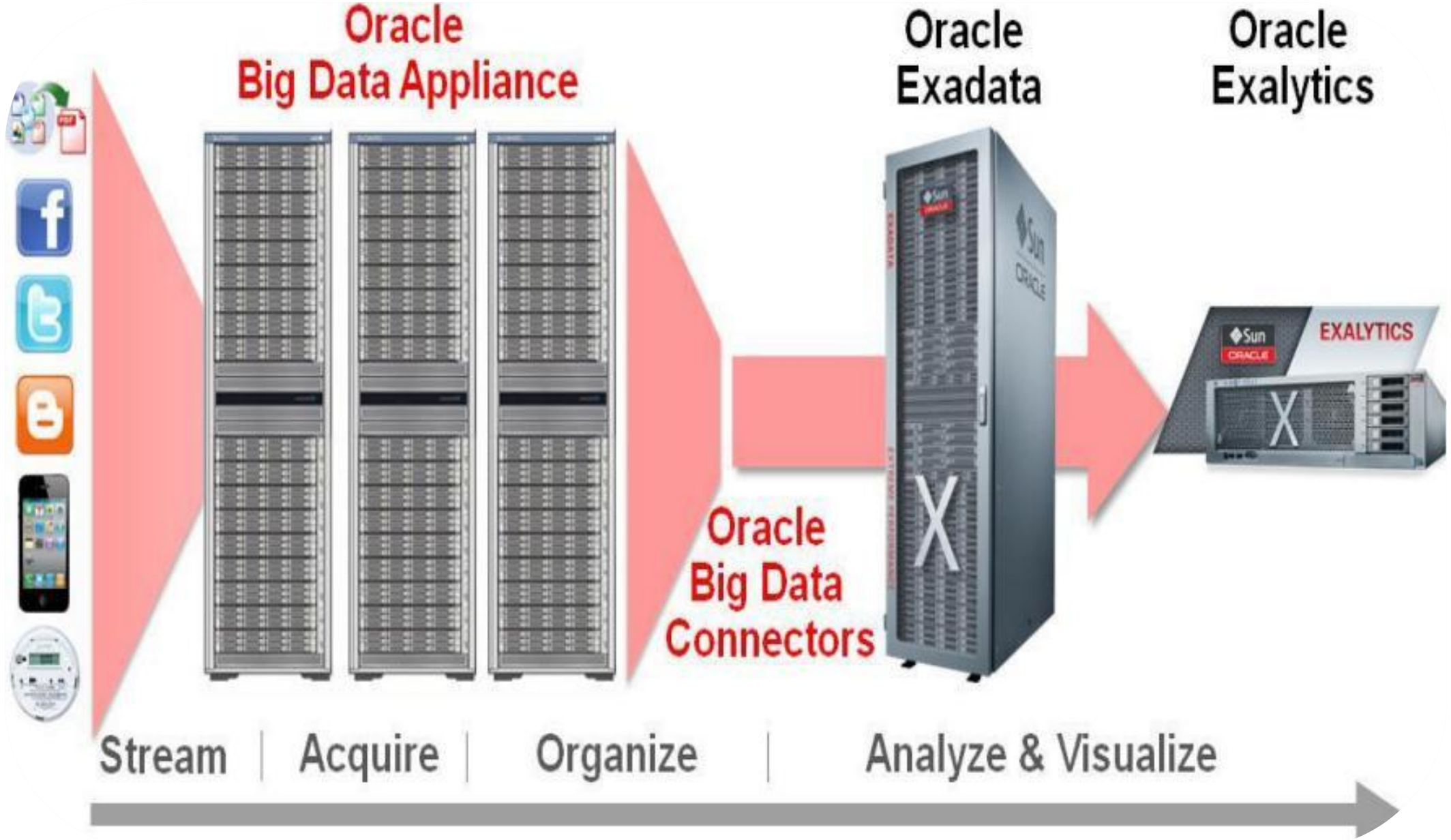
2017?
[300 ТБ]

Изображение: Oracle, ©2010

ОТ СУБД К HADOOP: АСПЕКТ ЦЕНЫ

Integrated 1. Big Data Platform	Data Warehouse Appliance	Active Enterprise Data Warehouse	Aster Big Analytics Appliance	Appliance for Hadoop
$3.8K/TB	$34K/TB	$34K-$69K/TB	$8K/TB	$2K/TB

УКЛАДКА В ЛИНЕЙКУ ОТ ORACLE



Изображение: Oracle, ©2012

МУЛЬТИАРЕНДНОСТЬ В СУБД

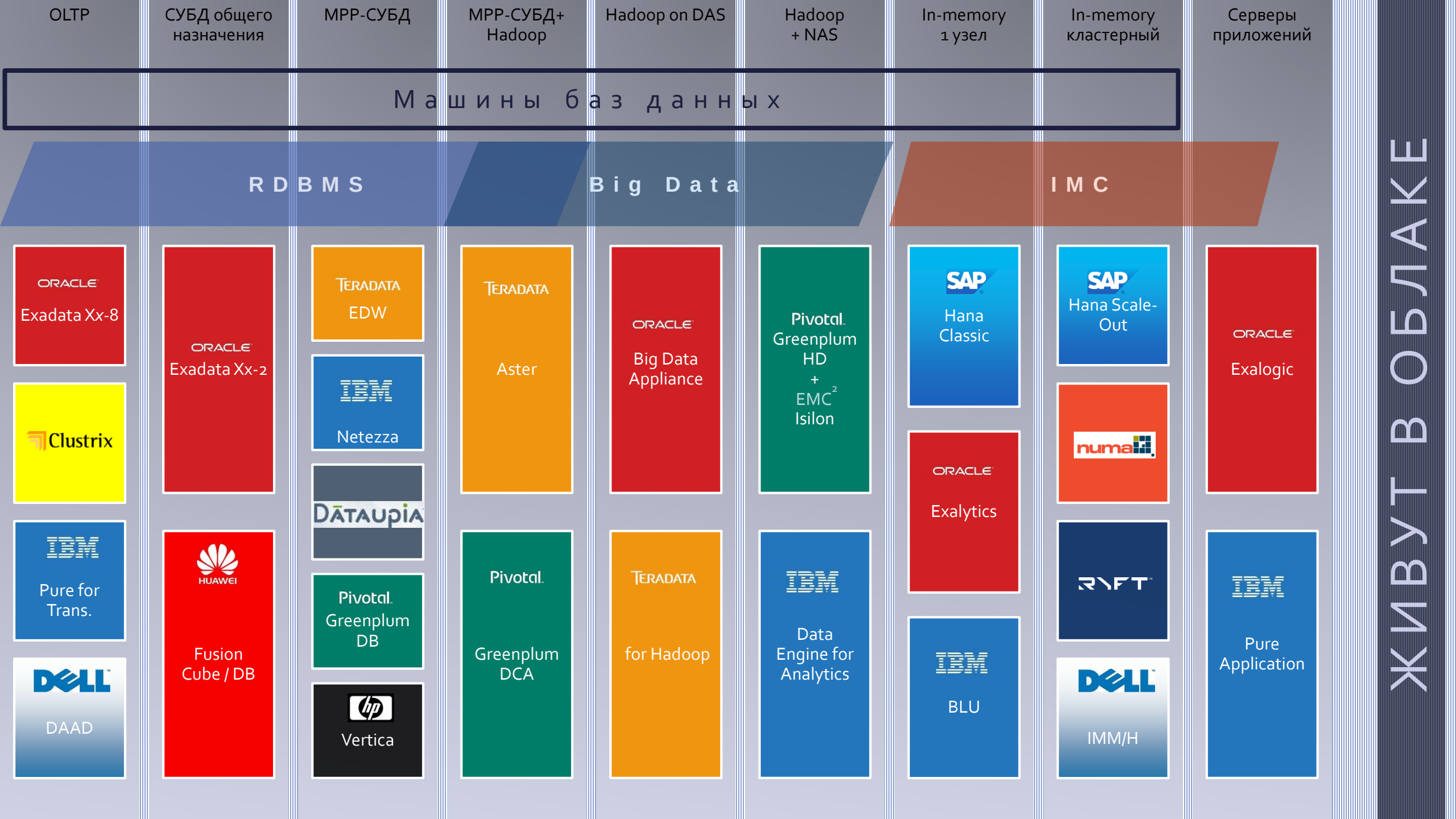
Сценарии консолидации

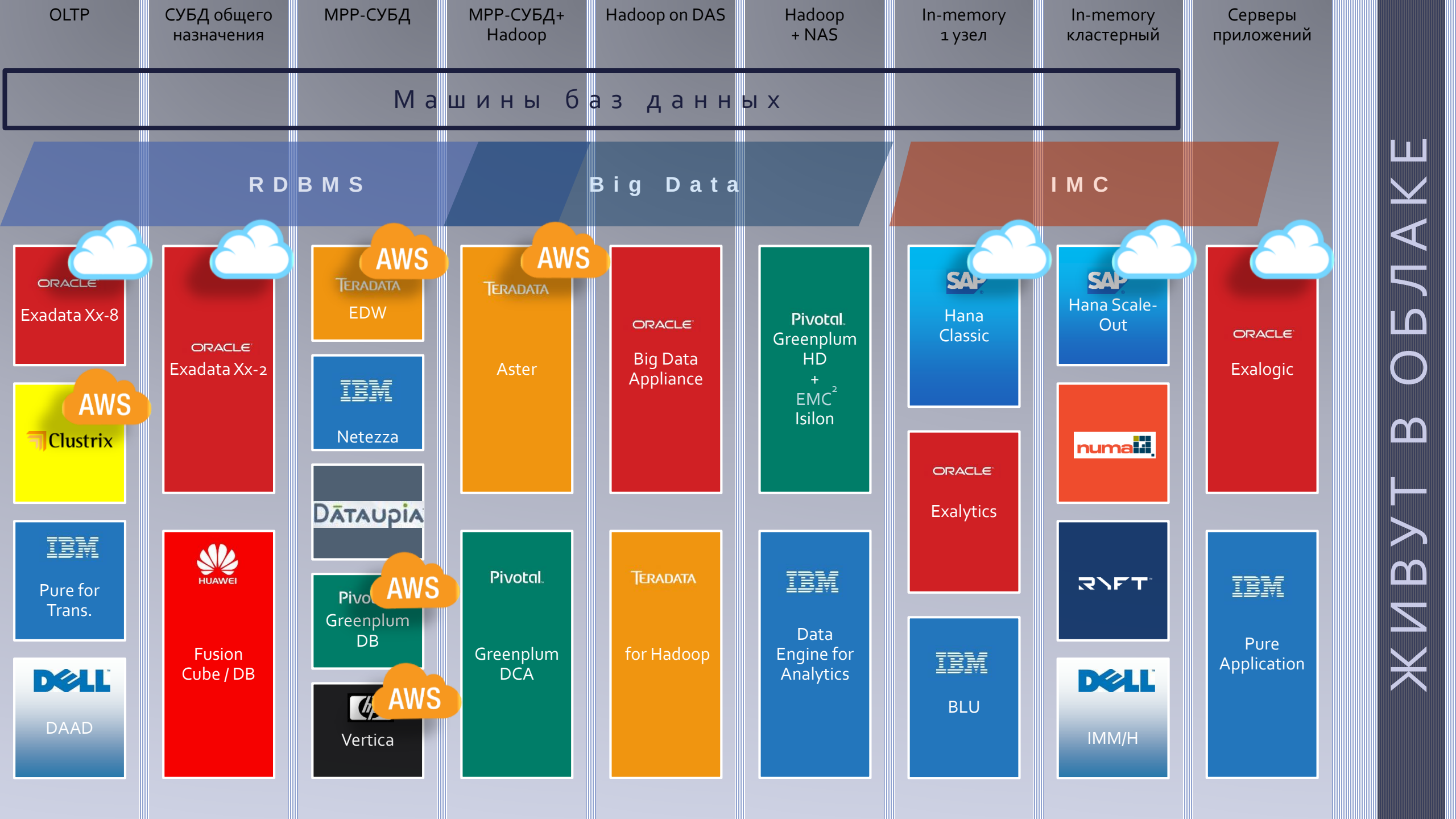
Изоляция приложений

Множество сред в одном комплексе

- PROD, TEST, DEV…

DBaaS


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
ORACLE Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
ORACLE Exadata Xx-2
HUAWEI Fusion Cube / DB
TERADATA EDW
IBM Netezza
DATAUPIA
Pivotal Greenplum DB
HP Vertica
TERADATA Aster
Pivotal Greenplum DCA
ORACLE Big Data Appliance
TERADATA for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
ORACLE Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
ORACLE Exalogic
IBM Pure Application
ЖИВУТ В ОБЛАКЕ


OLTP
СУБД общего назначения
MPP-СУБД
MPP-СУБД+ Hadoop
Hadoop on DAS
Hadoop + NAS
In-memory 1 узел
In-memory кластерный
Серверы приложений
Машины баз данных
RDBMS
Big Data
IMC
ORACLE Exadata Xx-8
Clustrix
IBM Pure for Trans.
DELL DAAD
ORACLE Exadata Xx-2
HUAWEI Fusion Cube / DB
TERADATA EDW
IBM Netezza
DATAUPIA
Pivotal Greenplum DB
Vertica
TERADATA Aster
Pivotal Greenplum DCA
ORACLE Big Data Appliance
TERADATA for Hadoop
Pivotal Greenplum HD + EMC² Isilon
IBM Data Engine for Analytics
SAP Hana Classic
ORACLE Exalytics
IBM BLU
SAP Hana Scale-Out
numa
RYFT
DELL IMM/H
ORACLE Exalogic
IBM Pure Application
AWS
ЖИВУТ В ОБЛАКЕ

ORACLE CLOUD MACHINE

То же оборудование, но в собственности Oracle

То же ПО, но в собственности Oracle

Устанавливается в ЦОД заказчика

Выделенное подключение к Oracle Corp.

Цены – как за публично-облачную подписку

TERADATA:
СТАНДАРТНЕЕ, ГИБЧЕ, ВИРТУАЛЬНЕЕ

T[eradta] OS

TOS

Windows

Linux

SuSE Linux

Teradata on VMWare

Aster Data on VMWare

IntelliFlex

плотнее, стройблоки атомарнее

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

«Коммодитизация»	«Демашинизация»	Специализация по типам нагрузок и цене терабайта	К облачной модели потребления
К x86	Greenplum, Vertica…	Линейки Teradata	Oracle cloud machine
К упрощению топологий	Виртуальный Aster	Линейки IBM	Amazon RedShift
		Линейки Oracle	

IV. ПОТРЕБИТЕЛИ

ПОКУПАТЕЛИ TERADATA

Банки

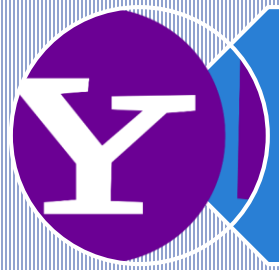
Большие розничные сети

Большие телеком-операторы

но также….

2 ПБ

6,5 ПБ в Greenplum – у них же



Yahoo!

Cisco

EBay

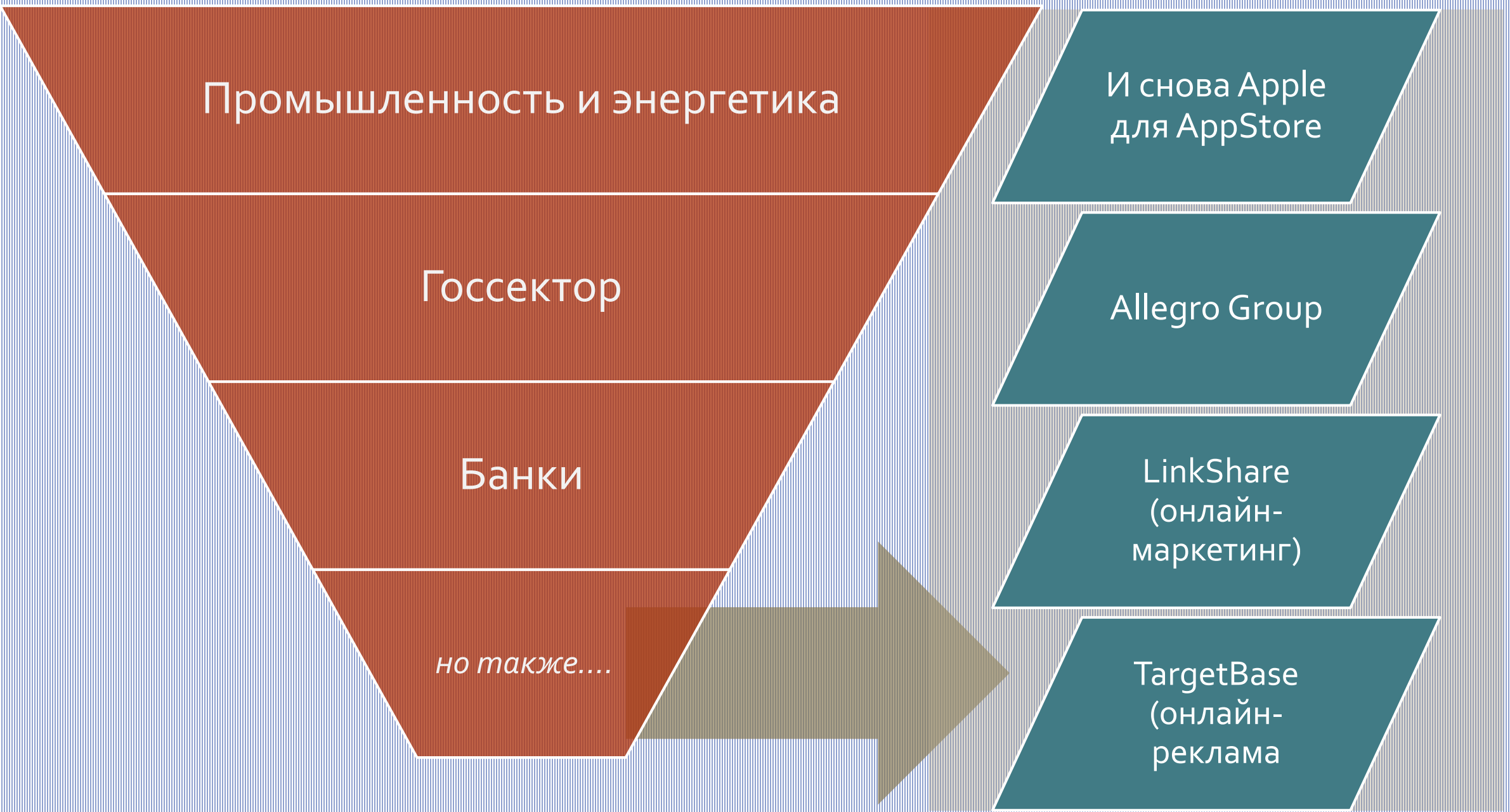
2011: Джобс представляет ЦОД в Северной Каролине

Фото: The Register, ©201

Южнопортовый ЦОД Сбербанка

Фото: Алексей Рудаков, Bloomberg, ©2015

ПОКУПАТЕЛИ EXADATA



PRO – CONTRA ДЛЯ КЛИЕНТОВ (ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА)

Предкон-фигурированное

- Понятная производительность *(проверить на готовом)*
- …не нужно проектировать
- “привезли – включили – работает”

Одно окно

- Проверка на стороне одного производителя
- Уже не скажут: *«а это не мы, а ОС (гипервизор, СХД…)»*
- …

Vendor Lock-in

- Запчасти – от единственного производителя
- Ограниченный манёвр по поставщику
- Сложности миграции

Цены…

V. ВОССОЗДАНИЕ

EXADATA СОБСТВЕННОРУЧНО…

Нелегально, но …

Доступно для скачивания

Oracle Database

Exadata Storage Software

Сообщения о запуске на AWS

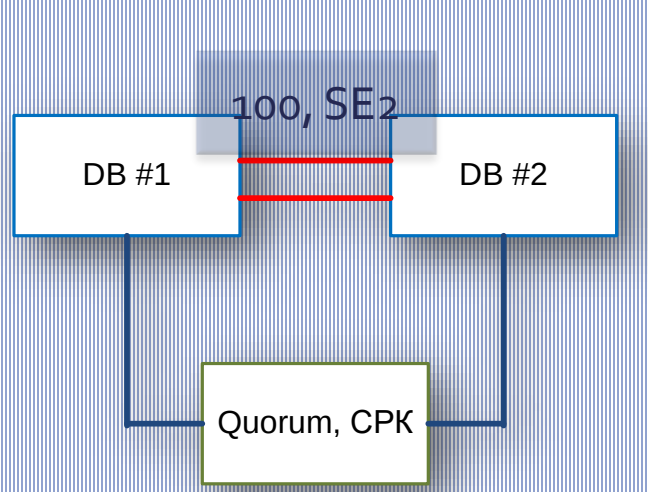
Сообщения о запуске с Infiniband-сетью

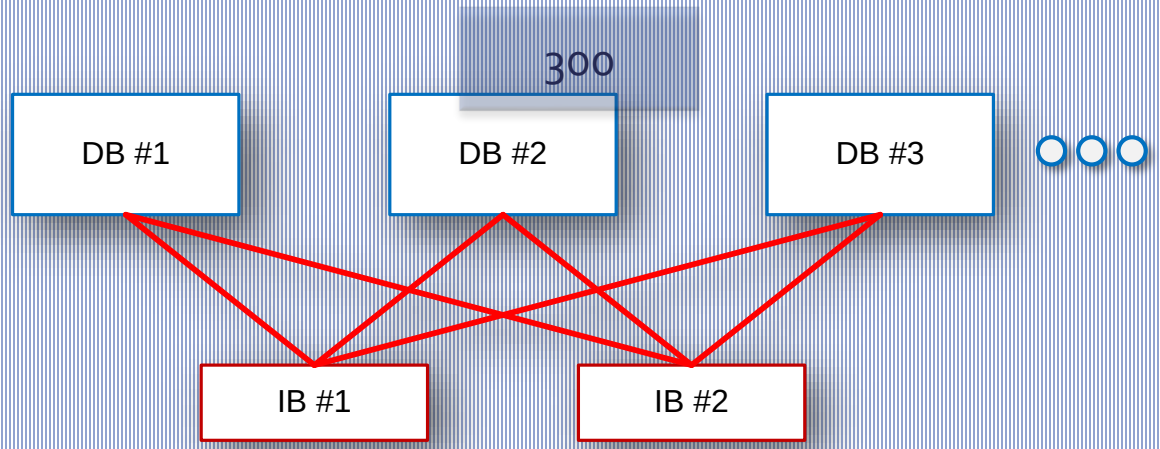
В целом – успешные

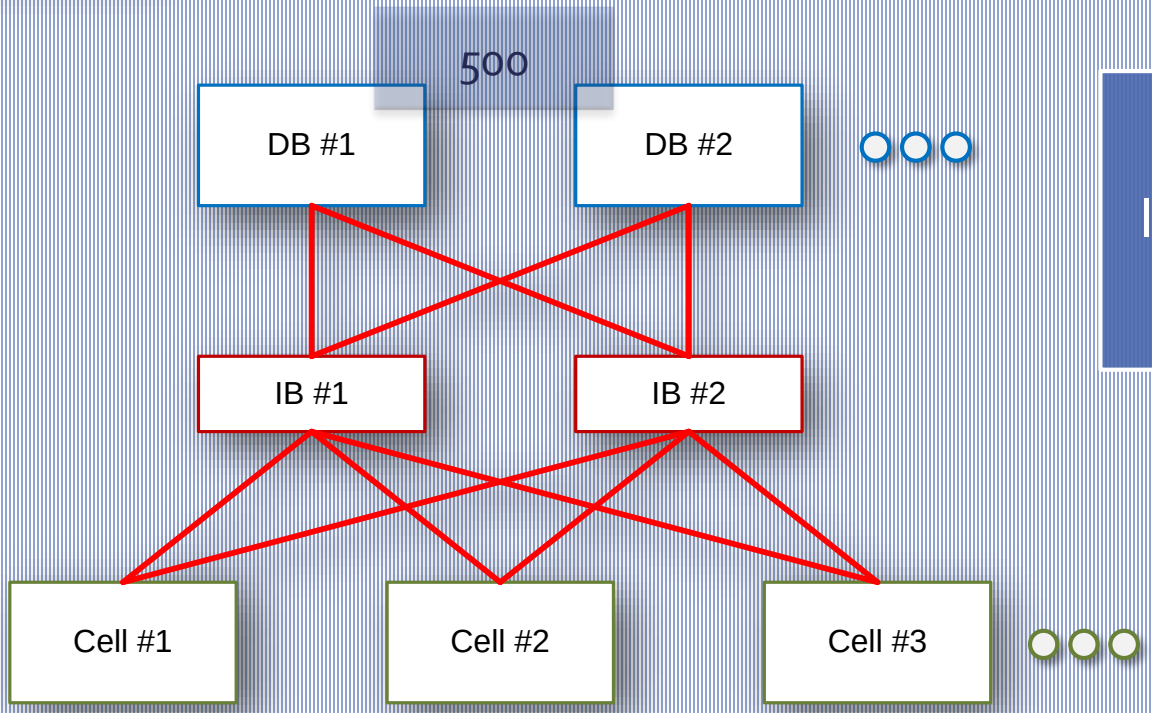
…с особенностями

…и уже не чёрный ящик

СКАЛА-СР / ORACLE DB





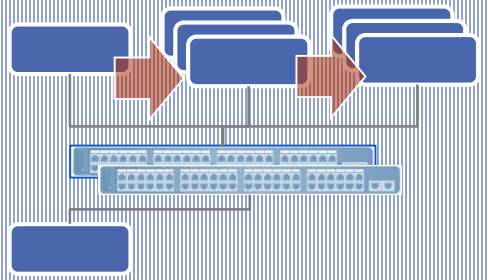


Infiniband/RDMA

NVMe-устройства – напрямую в ASM [iSER → NVMf]

Flashgrid для управления устройствами в ASM

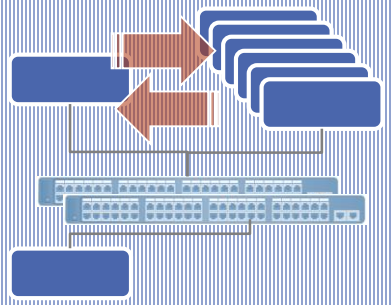
СКАЛА-СР / POSTGRES PRO: ПОСТГРЕС С RDMA



300

Кластер общего назначения

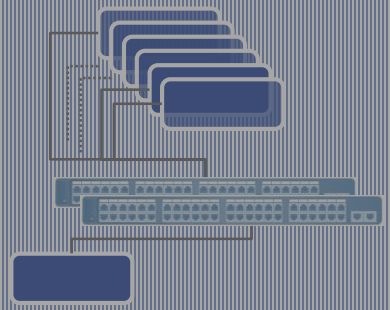
доставка WAL по RDMA
мастер
n синхронных реплик
m асинхронных реплик



500

Мультимастер

координация по RDMA



// TODO...

700

ROLAP без разделяемых ресурсов

RDMA over Converged Ethernet

RoCE

СКАЛА-СР: С МЫСЛЬЮ О БУДУЩЕМ

Комплекс для Hadoop и современных нагрузок

- Пути оптимизации стоимости терабайта
  (Data Lake, HDFS-enabled NAS)
- Поддержка резидентных вычислений
  (Spark, in-memory-NoSQL)
- Федерация SQL-on-[MPP, Hadoop]
- Кластер с графическими ускорителями

Адаптация новых аппаратных технологий

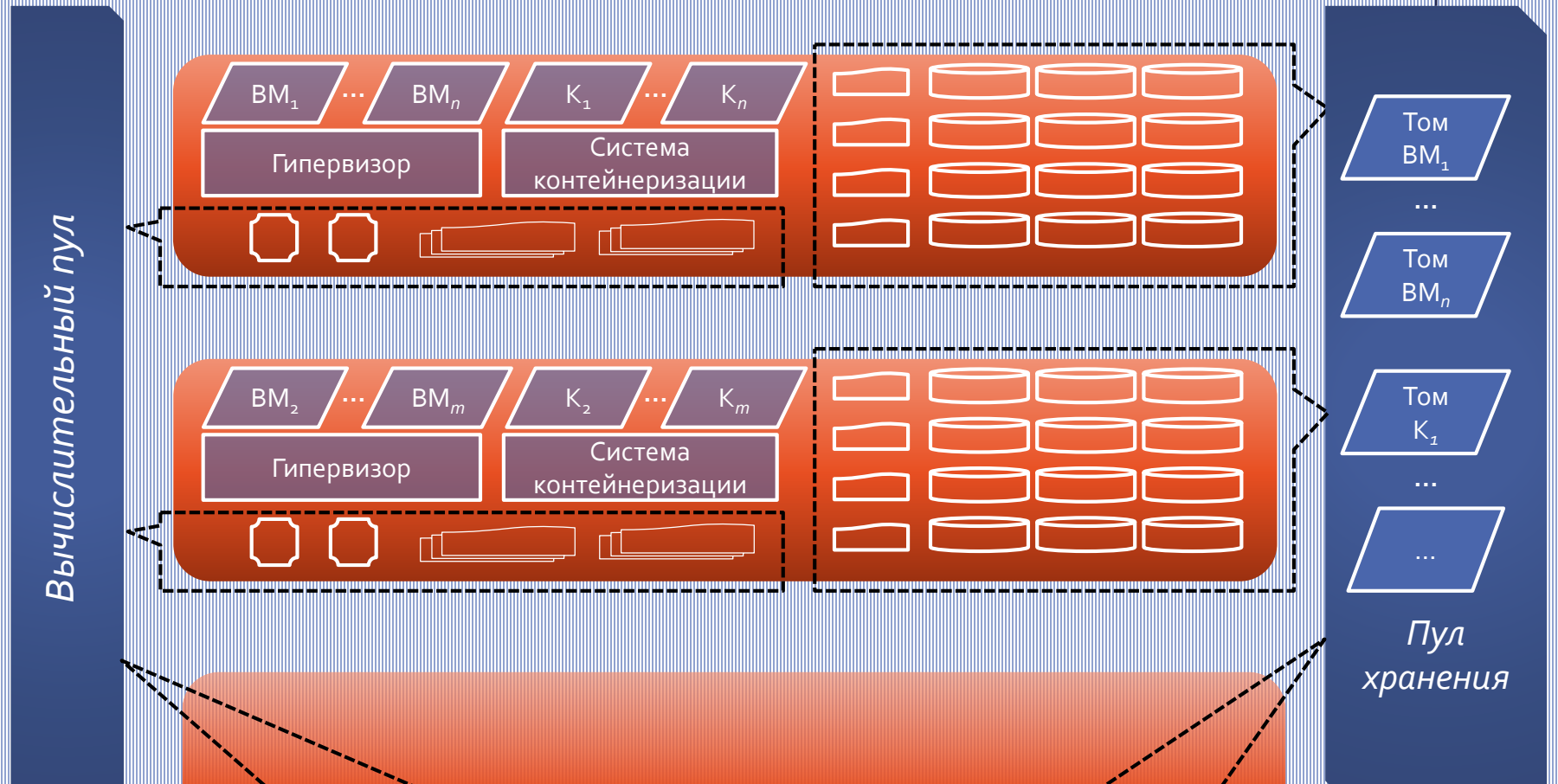
- NVMe over Fabrics
- GPGPU
- FPGA-сопроцессоры (Intel+Altera)
- Вычисления на сетевых картах
- 3D Xpoint (и SCM как класс)
- Gen-Z

Гиперконвергентное ядро

- Hyperconverged core
- Storage-optimized node
- NVMf-storage node
- Database-storage node
- Compute node
- …

ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

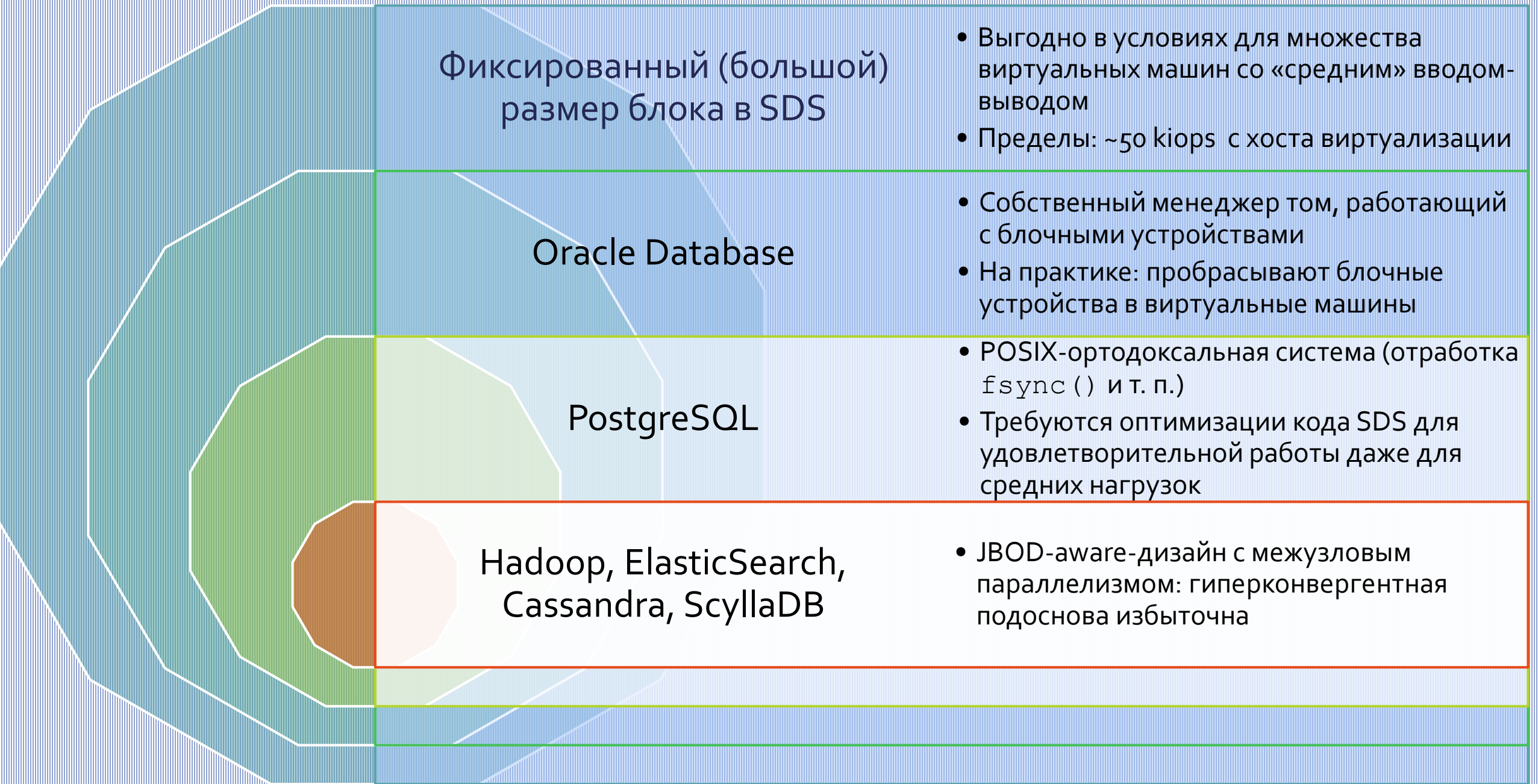
Кластерные системы виртуализации, использующие вместо выделенного массива программно-определяемую сеть хранения, собранную из внутренних накопителей



«Серебряная пуля»

- Для нагрузок «общего назначения»
- Эластичная, экономичная, масштабируемая, отказоустойчивая…
- Основной движитель рынка ИТ-инфраструктуры

HCI: ПЛАТА ЗА УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ



ПРОЕКТНЫЙ ОПЫТ: СТОРОННИЕ НАГРУЗКИ

Система развёртывания

Разливка ПО: включение нового узла, обновления, …

Мониторинг

Комплекс в целом: платформа виртуализации, базы данных, сеть…

Управление

Узлы имён, ведущие, координаторы	Резервное копирование	Консоли администрирования	Переключатели при сбоях

Граничные вычисления

Потоковая обработка	Брокеры сообщений	Мониторы транзакций

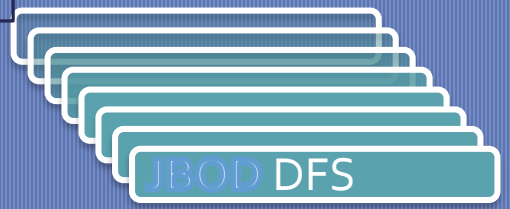
Тестовые и разработческие среды

Не требовательны ко вводу-выводу, но многочисленны и изменчивы

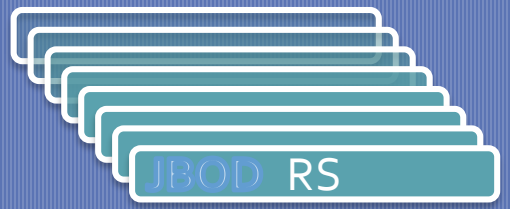
Кандидаты к виртуализации в гиперконвергентной инфраструктуре

ВОКРУГ ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОГО ЯДРА

Виртуальные машины управления, мониторинга, развёртывания…



Дисковые блоки массового параллелизма



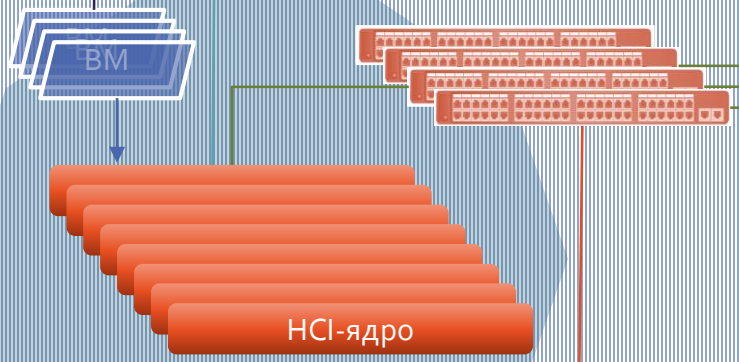
Флэш-блоки массового параллелизма

Блоки резидентных вычислений

Аппаратные блоки с SSD-накопителями

Аппаратные блоки с NVMe-накопителями и большой ёмкостью ОЗУ

хосты виртуализации



коммутаторы межсоединия (RoCE)

Блоки баз данных

Блоки резидентных вычислений с акселерацией

Спасибо за внимание!

anikolaenko@ibs.ru

anikolaenko@acm.org