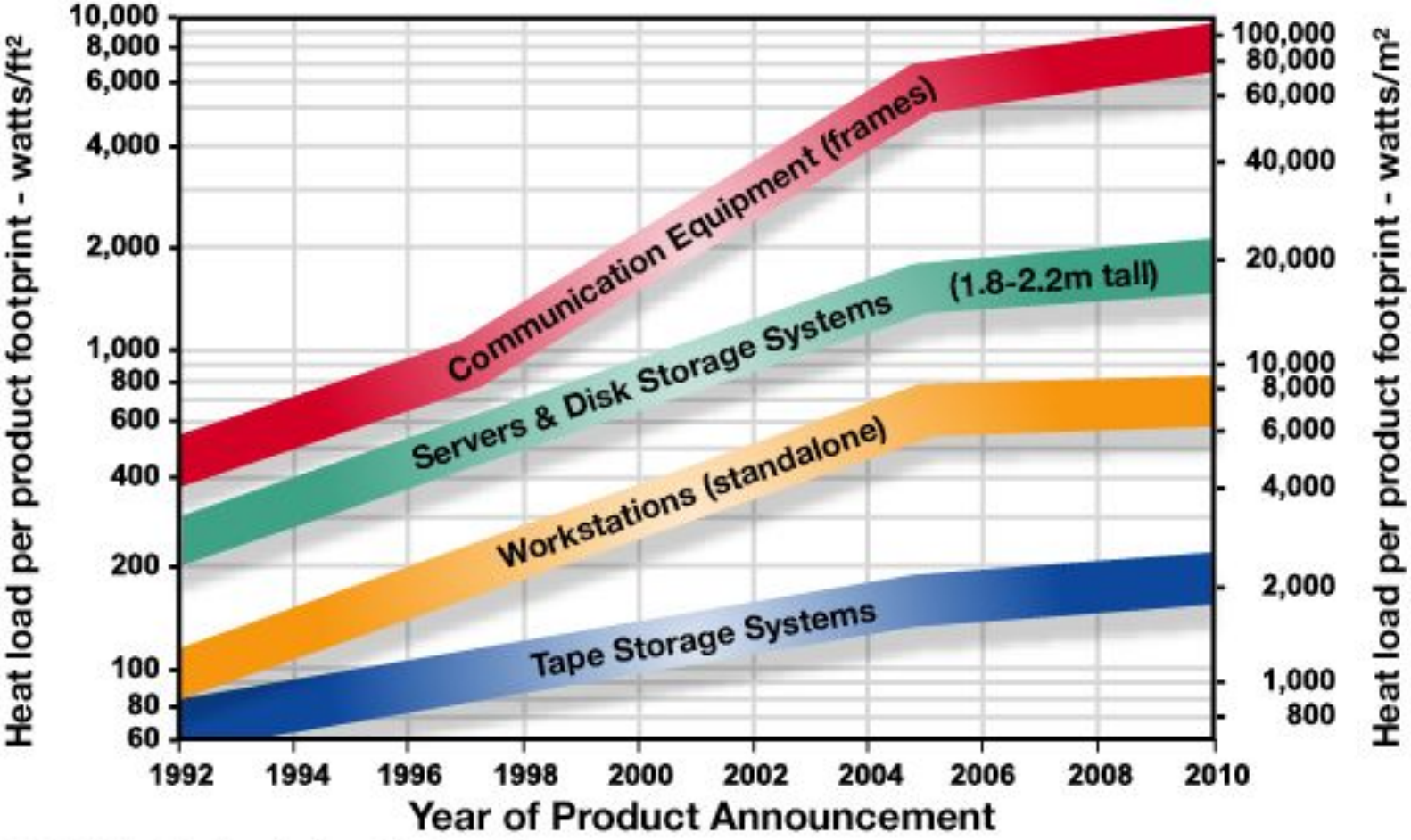
Проектирование современных решений охлаждения ЦОД.

Михаил Балкаров
Системный Инженер
APC by Schneider Electric

Программа

- Обзор текущего положения дел с энергопотреблением.
- Case study параметров запускаемого в настоящего время в МГУ им. М.В.Ломоносова суперкомпьютера Т-500: расчетная производительность 500 ТФлоп/с, около 3МВт потребляемой мощности, отвод тепла от стоек с блейд-серверами с пиковым тепловыделением до 75 кВт на стойку.
- Сравнение эффективности построения схем охлаждения с контейнеризацией холодного и горячего коридоров.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для современных приложений.
- Обзор классических систем охлаждения
- Заключение: выводы и рекомендации

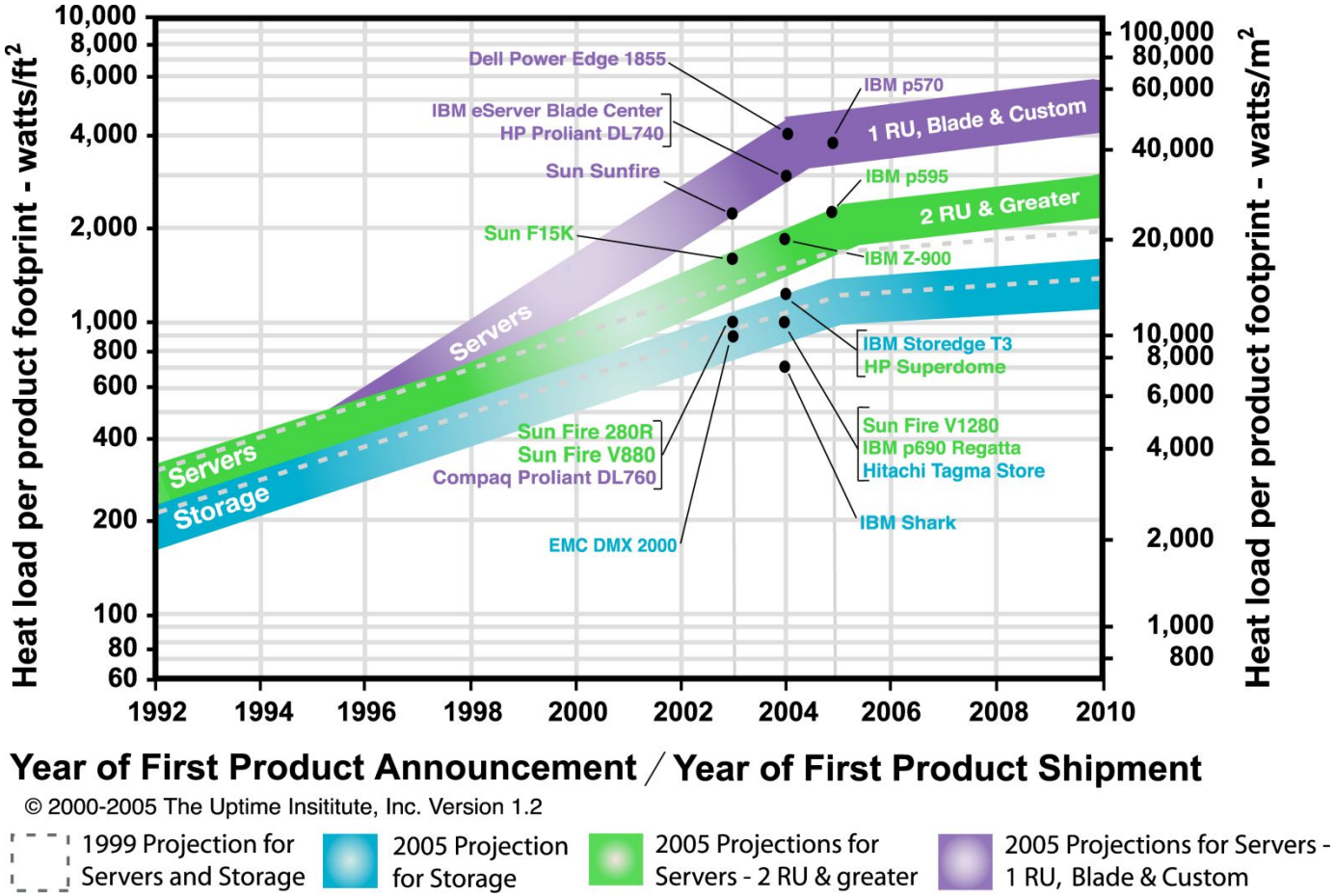
Динамика роста тепловой плотности ИТ-продуктах (прогноз 1999г.)



© 2000 The Uptime Institute Version 1.2

ТРИ КИТА ЦОД

Динамика роста тепловой плотности в ИТ-продуктах (прогноз 2005г.)



ТРИ КИТА ЦОД

Реалии сегодняшнего дня

- 10...12 кВт для 1-2 RU серверов (“pizza”)
- 15…20 кВт для blade-серверов

HPC (High Performance Computing)

- Полигон «Formula 1» для многих технологий
- Наиболее «горячие» серверы

Энергопотребление 1 PFlop/s компьютера

- www.top500.org
- Энергопотребление компьютера с производительностью 1 Pflop/s = 2.5 … 15 МВт
- Энергопотребление 19” стойки с серверами
  - CRAY XT5 (#2): 32…43 кВт
  - SGI Pleiades (#4): 21 кВт
  - T60 (#82): 33 кВт

APC by Schneider Electric
ТРИ КИТА ЦОД

Программа

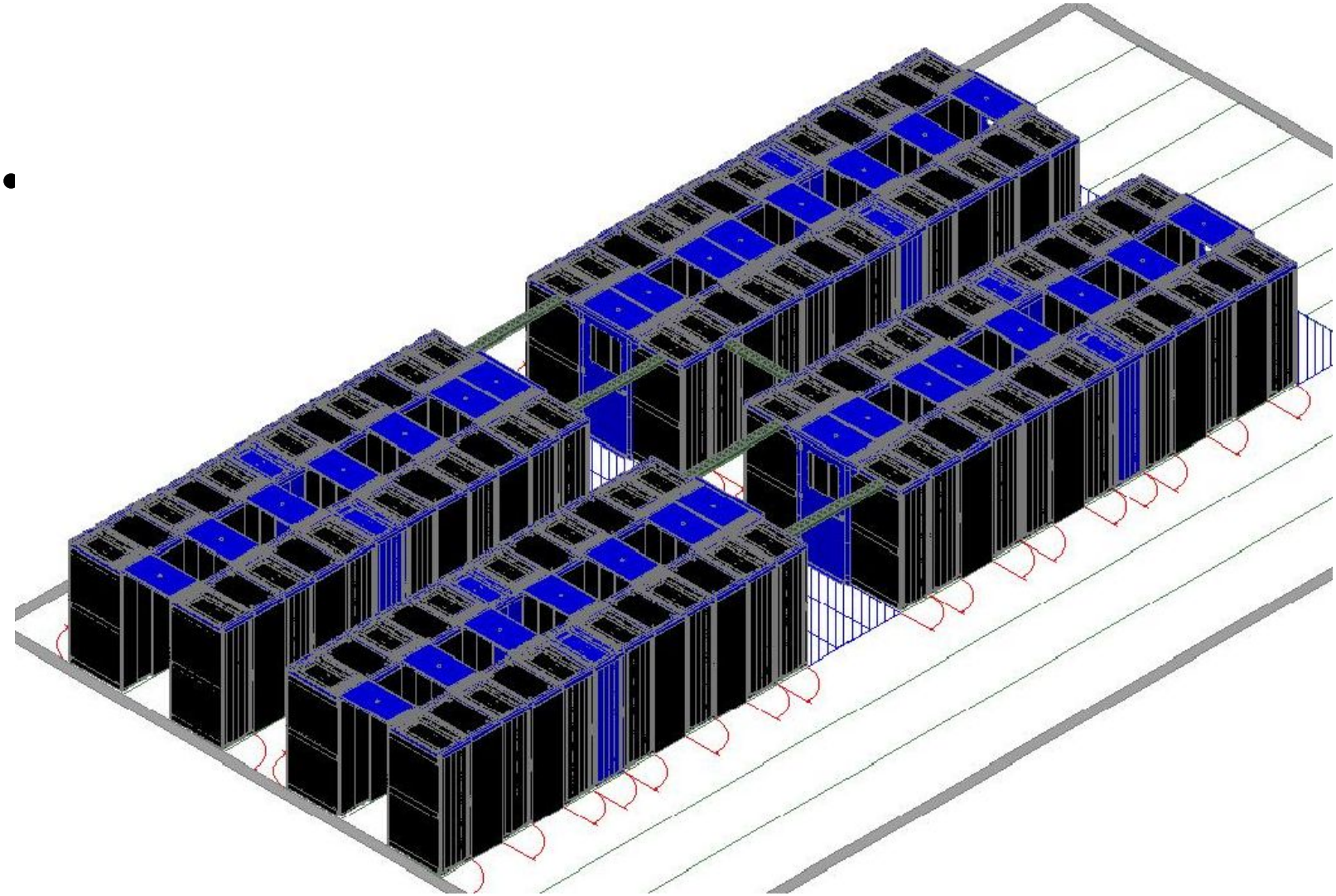
- Обзор текущего положения дел с энергопотреблением.
- Case study параметров запускаемого в настоящего время в МГУ им. М.В.Ломоносова суперкомпьютера Т-500: расчетная производительность 500 ТФлоп/с, около 3МВт потребляемой мощности, отвод тепла от стоек с блейд-серверами с пиковым тепловыделением до 70 кВт на стойку.
- Сравнение эффективности построения схем охлаждения с контейнеризацией холодного и горячего коридоров.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для современных приложений.
- Обзор классических систем охлаждения
- Выводы и рекомендации

Проект Т-500

- Заказчик: МГУ им. М.В.Ломоносова
- Генеральный контрактор: Т-Платформы
- Расчетная производительность 500 ТФлоп/с
- Энергопотребление вычислителя: до 2.4 МВт, общее потребление площадки около 4 МВт
- Горячие серверные стойки 65...70 кВт (!!), конфигурация рассчитана на теплосъем до 75 кВт со стойки

APC by Schneider Electric

ТРИ КИТА ЦОД



APC by Schneider Electric

Т-500: энергетика

- 60 стоек с нагрузкой, 40 внутрирядных кондиционеров
- Средняя нагрузка ~40 кВт/стойку с активным оборудованием
- В каждом «островке» 8 горячих стоек, по 62...65 кВт тепловыделения

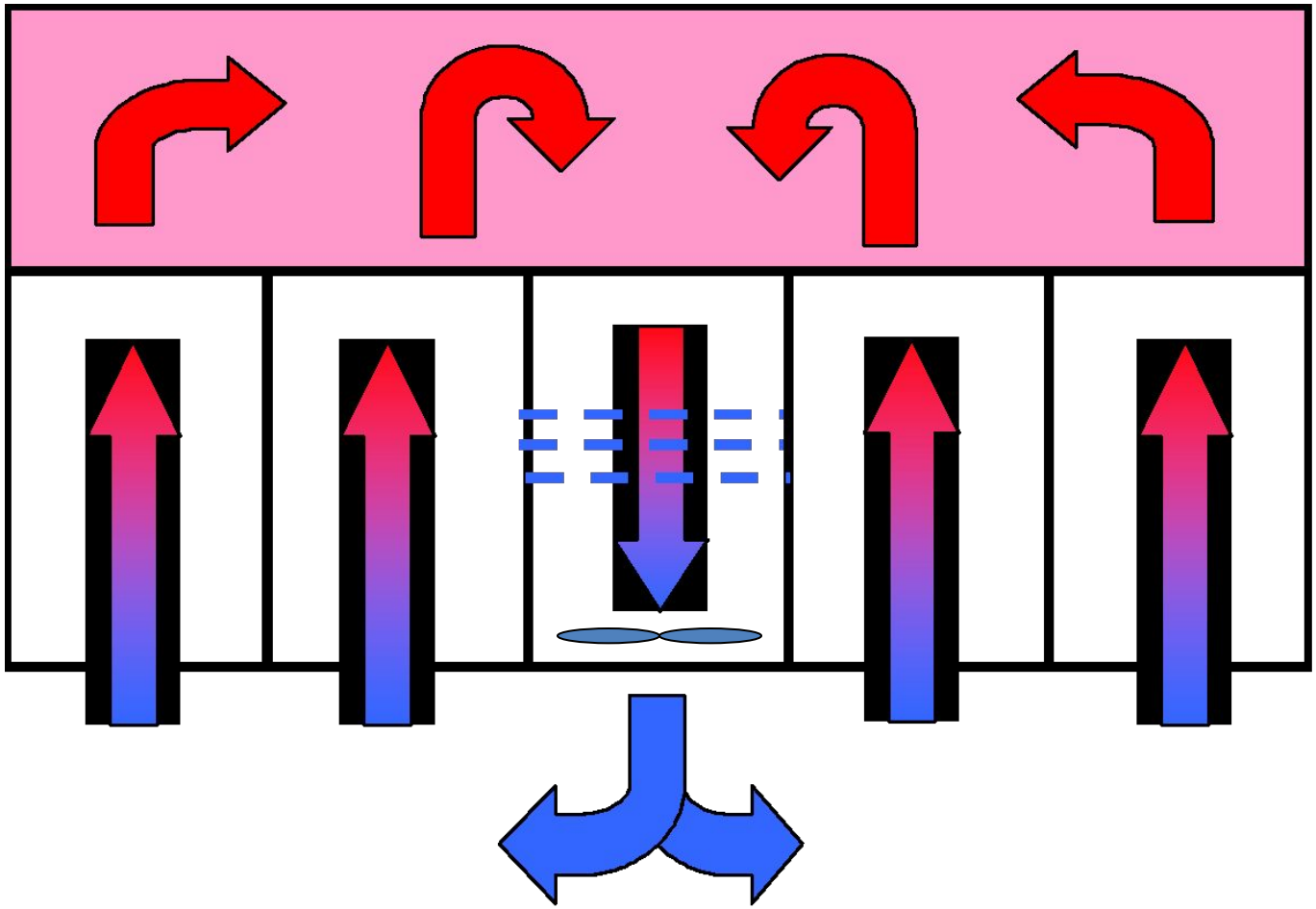
T-500

- APC InRow RC, 600mm, Chilled Water, 380-415V, 50Hz
- Штатная производительность по холоду 37 кВт
- 37кВт x 10 = 370кВт
- Тепловыделение одного «островка» = 540...620 кВт
- В чем же фокус?...

Программа

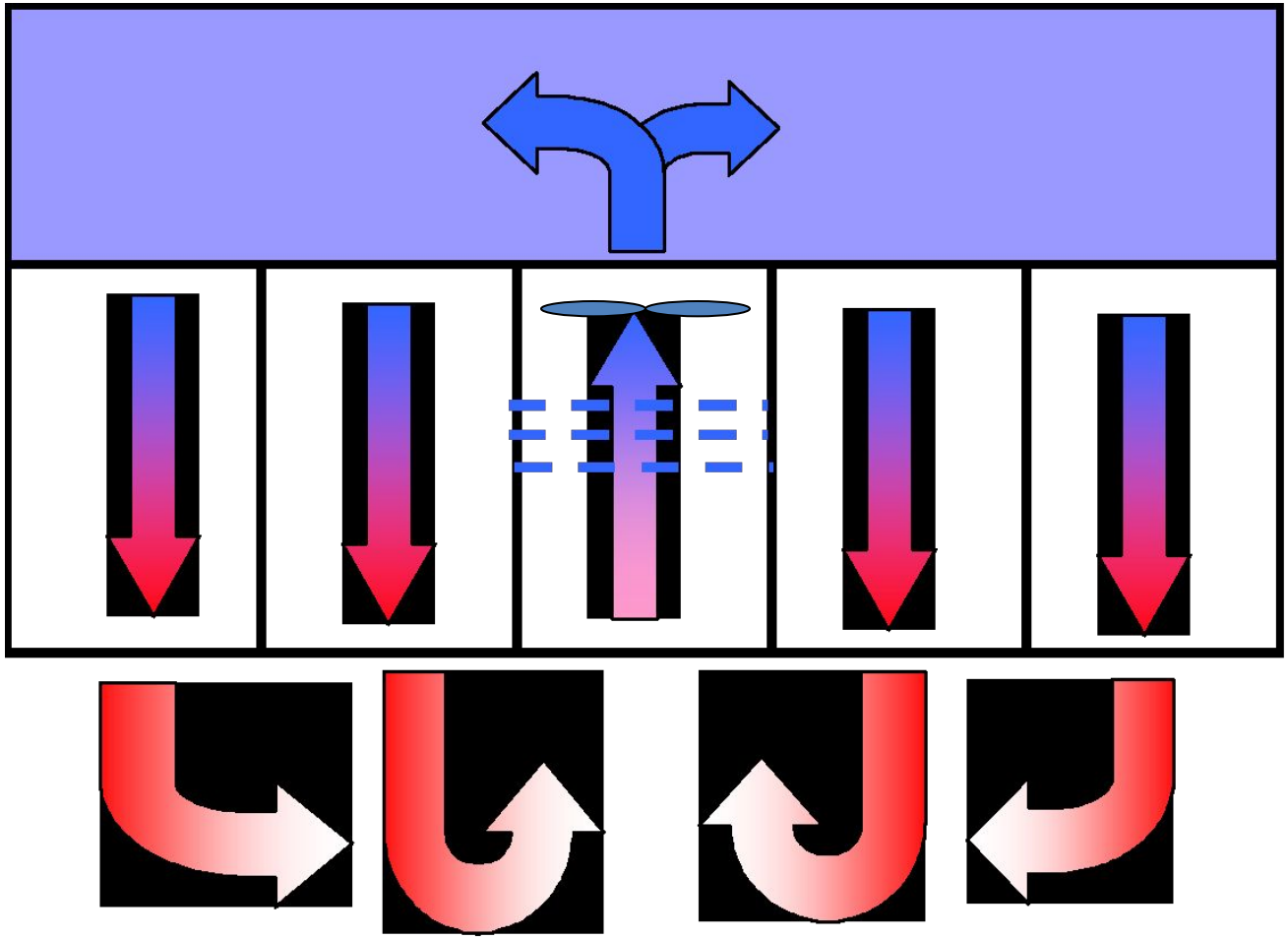
- Обзор текущего положения дел с энергопотреблением.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для суперкомпьютерных приложений.
- Сравнение эффективности построения схем охлаждения с контейнеризацией холодного и горячего коридоров.
- Case study параметров запускаемого в настоящего время в МГУ им. М.В.Ломоносова суперкомпьютера Т-500: расчетная производительность 500 ТФлоп/с, около 3МВт потребляемой мощности, отвод тепла от стоек с блейд-серверами с пиковым тепловыделением до 75 кВт на стойку.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для современных приложений.
- Обзор классических систем охлаждения
- Выводы и рекомендации

Контейнеризация горячего коридора



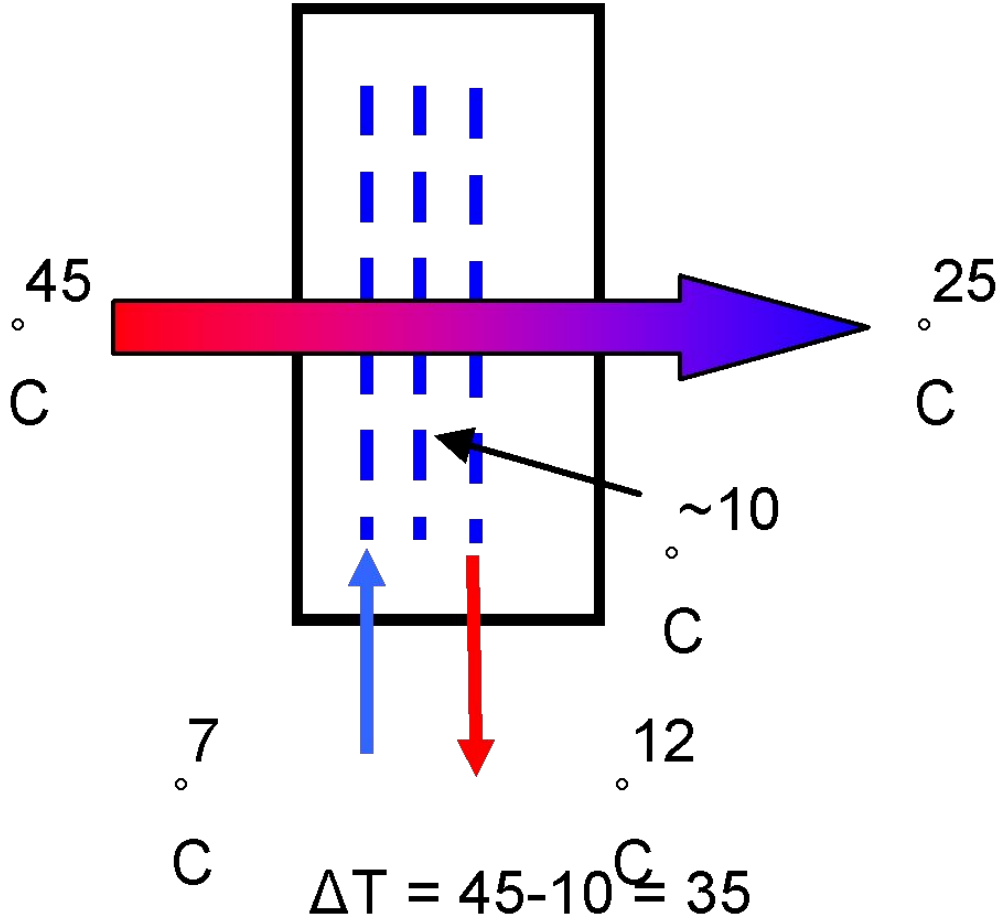
ТРИ КИТА ЦОД

Контейнеризация холодного коридора



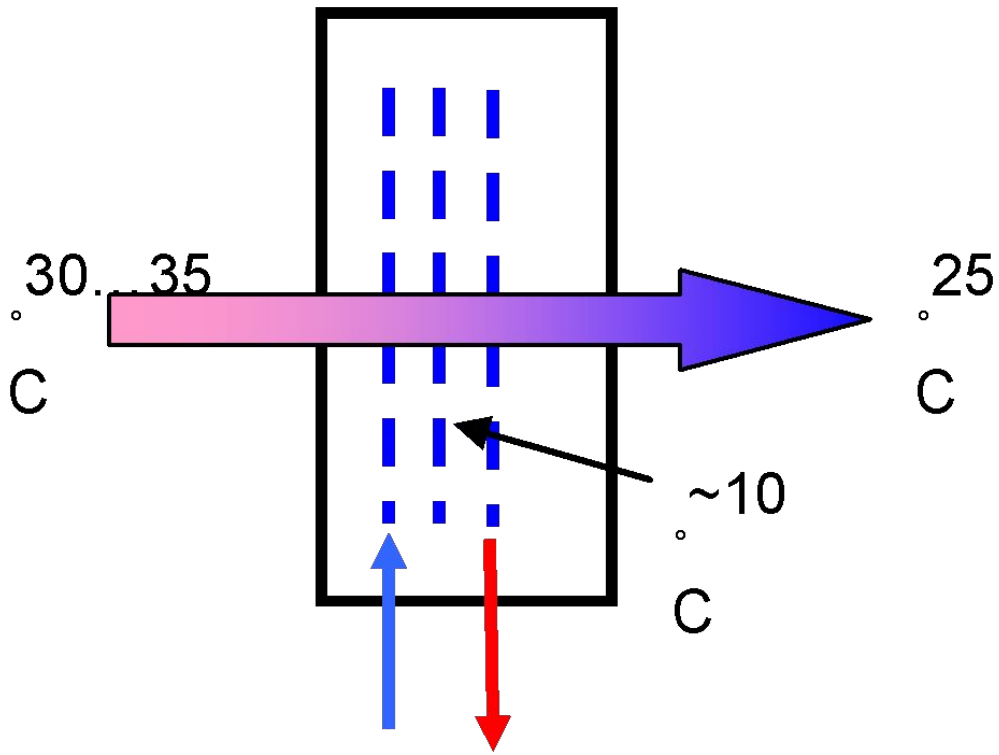
ТРИ КИТА ЦОД

Горячий коридор



- Производительность кондиционера ~ ΔT = 35˚C

Холодный коридор



ΔT = 30…35 - 10 = 20…25

- Производительность кондиционера ~ ΔT = 20…25°C

Холодный или горячий?

- Выигрыш в производительности кондиционера в 1.5 раза (в данном примере; выигрыш может быть существеннее)
- Пример: APC InRow CW ACRC501:
  - 44 кВт при ΔT = 22˚C; 11 кондиционеров для 500 кВт тепла
  - 71 кВт при ΔT = 35˚C; 7 кондиционеров для 500 кВт тепла
- В 1.5 раза меньше кондиционеров для отвода того же количества тепла
- Экономия площади, денег, энергопотребления

ТРИ КИТА ЦОД

Программа

- Обзор текущего положения дел с энергопотреблением.
- Case study параметров запускаемого в настоящего время в МГУ им. М.В.Ломоносова суперкомпьютера Т-500: расчетная производительность 500 ТФлоп/с, около 3МВт потребляемой мощности, отвод тепла от стоек с блейд-серверами с пиковым тепловыделением до 75 кВт на стойку.
- Сравнение эффективности построения схем охлаждения с контейнеризацией холодного и горячего коридоров.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для современных приложений.
- Обзор классических систем охлаждения
- Выводы и рекомендации

Ограничения фреоновых систем охлаждения

- Ограничение по температуре входного воздуха: не выше 30˚С, со склонностью к «эффекту домино». Требование к избытку воздуха, с ростом потребления вентиляторов
- Реализация бесперебойного охлаждения
- В данном проекте дополнительная мощность на выходе ИБП для реализации непрерывного охлаждения составила 120 кВт (кондиционеры, циркуляционные насосы), или 5% от мощности нагрузки
- Реализация непрерывного охлаждения с фреоновыми кондиционерами потребовала бы ~1.6 МВт дополнительной мощности ИБП для поддержки ВСЕЙ системы кондиционирования

Программа

- Обзор текущего положения дел с энергопотреблением.
- Case study параметров запускаемого в настоящего время в МГУ им. М.В.Ломоносова суперкомпьютера Т-500: расчетная производительность 500 ТФлоп/с, около 3МВт потребляемой мощности, отвод тепла от стоек с блейд-серверами с пиковым тепловыделением до 75 кВт на стойку.
- Сравнение эффективности построения схем охлаждения с контейнеризацией холодного и горячего коридоров.
- Сравнение применимости чиллерных систем охлаждения и фреоновых (DX) для современных приложений.
- Обзор классических систем охлаждения
- Выводы и рекомендации

Фальшпол

- Большое перемешивание
- Следовательно вынужденное занижение выходной температуры и завышение объема воздуха
- Следовательно низкая эффективность кондиционера и высокое потребление вентиляторов
- Неравномерность подачи

Фальшпол + контейнеризация

- Высокое сопротивление систем трубопроводов
- Следовательно вынужденное завышение давления подачи воздуха
- Следовательно высокое потребление вентиляторов
- Неравномерность подачи

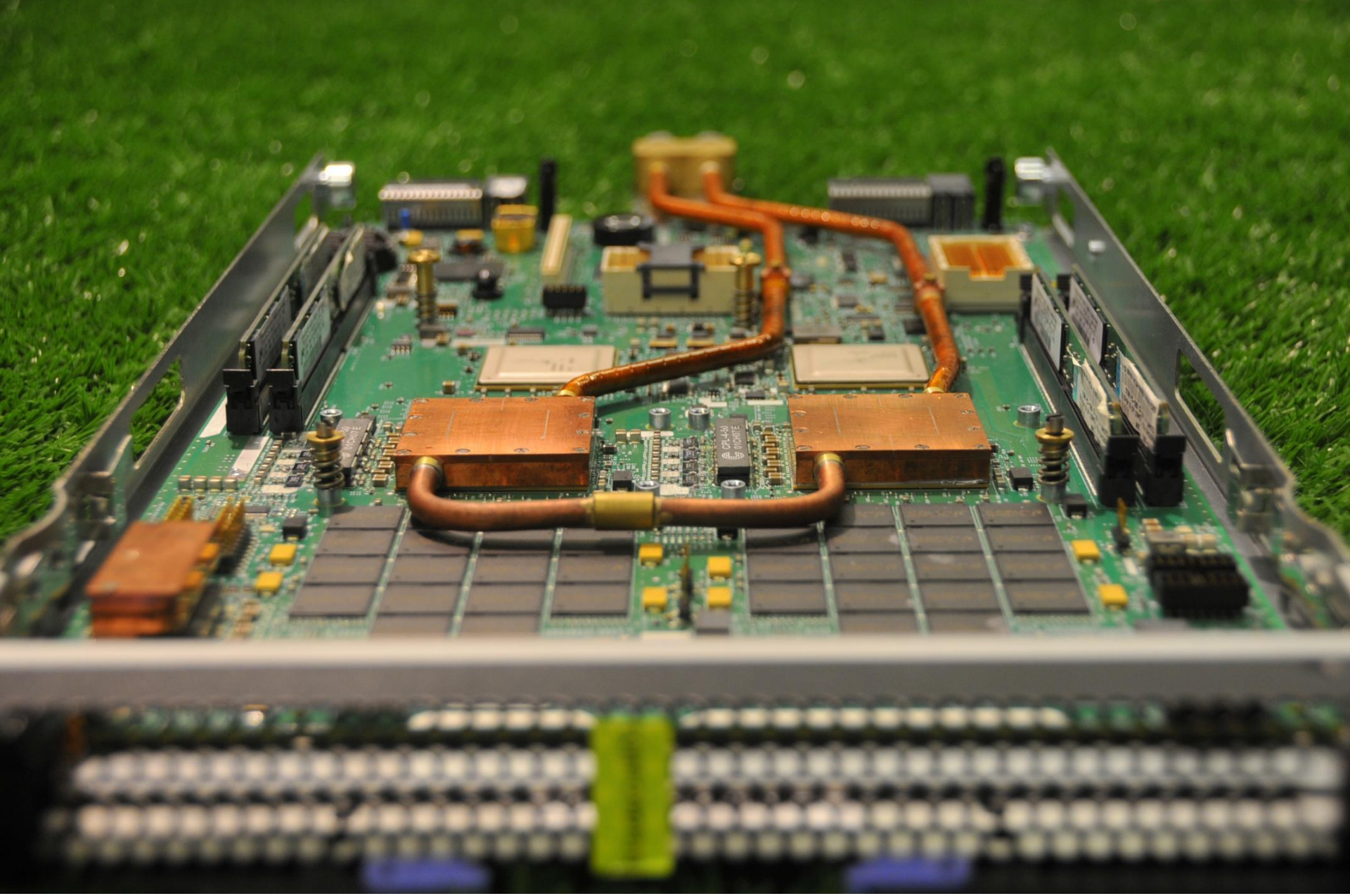
Серверы с прямым водяным охлаждением

- 75 кВт на стойку => при ΔT сервера = 20˚C => скорость воздуха 2.4 м/с на входе стойки
- IBM, Supermicro, Sun Microsystems, ... выводят на рынок серверы с прямым водяным охлаждением

ТРИ КИТА ЦОД

IBM Aquasar (BladeCenter with water cooling)

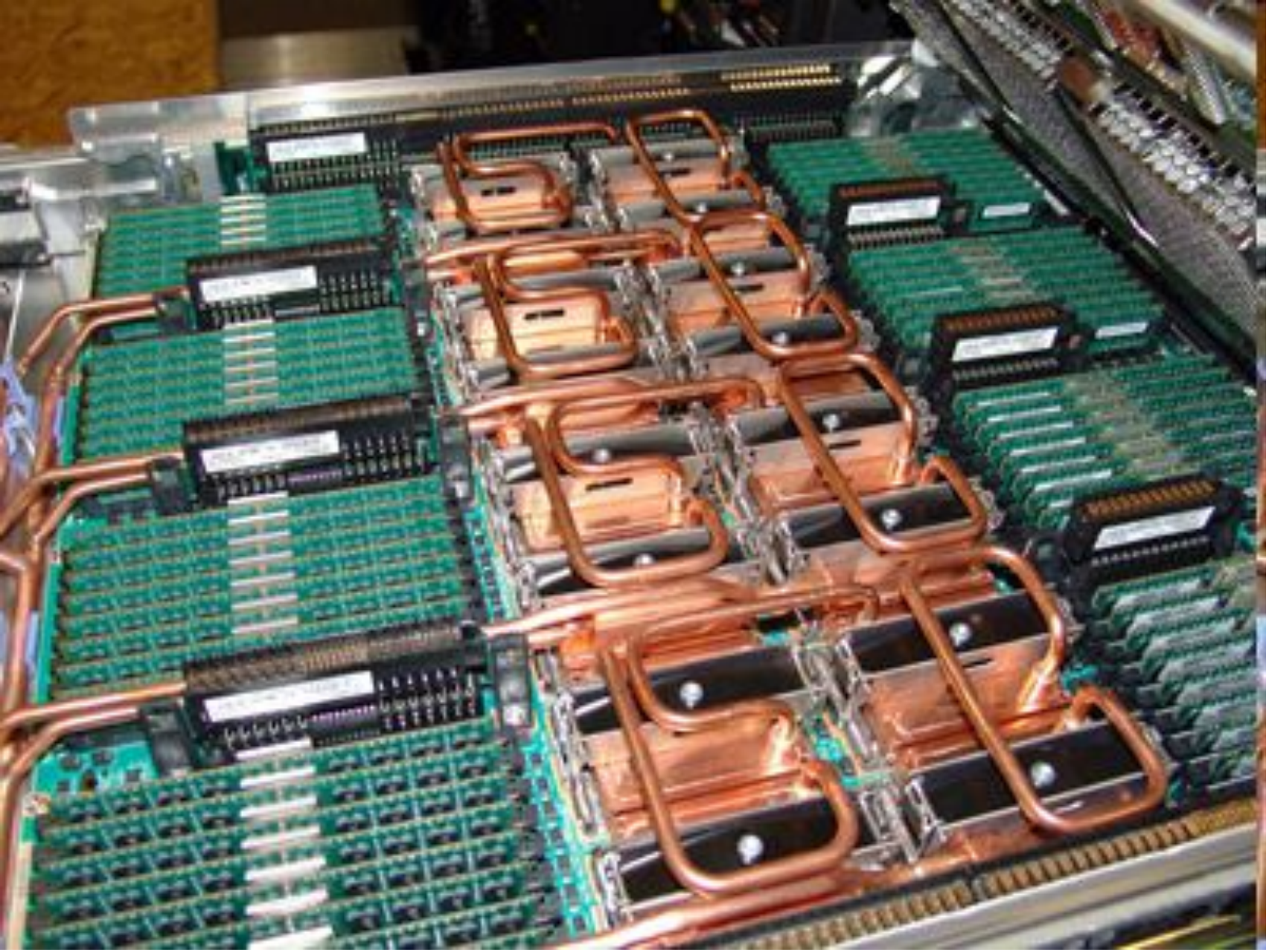
2009



ТРИ КИТА ЦОД

IBM Bluefire

2008



APC by Schneider Electric

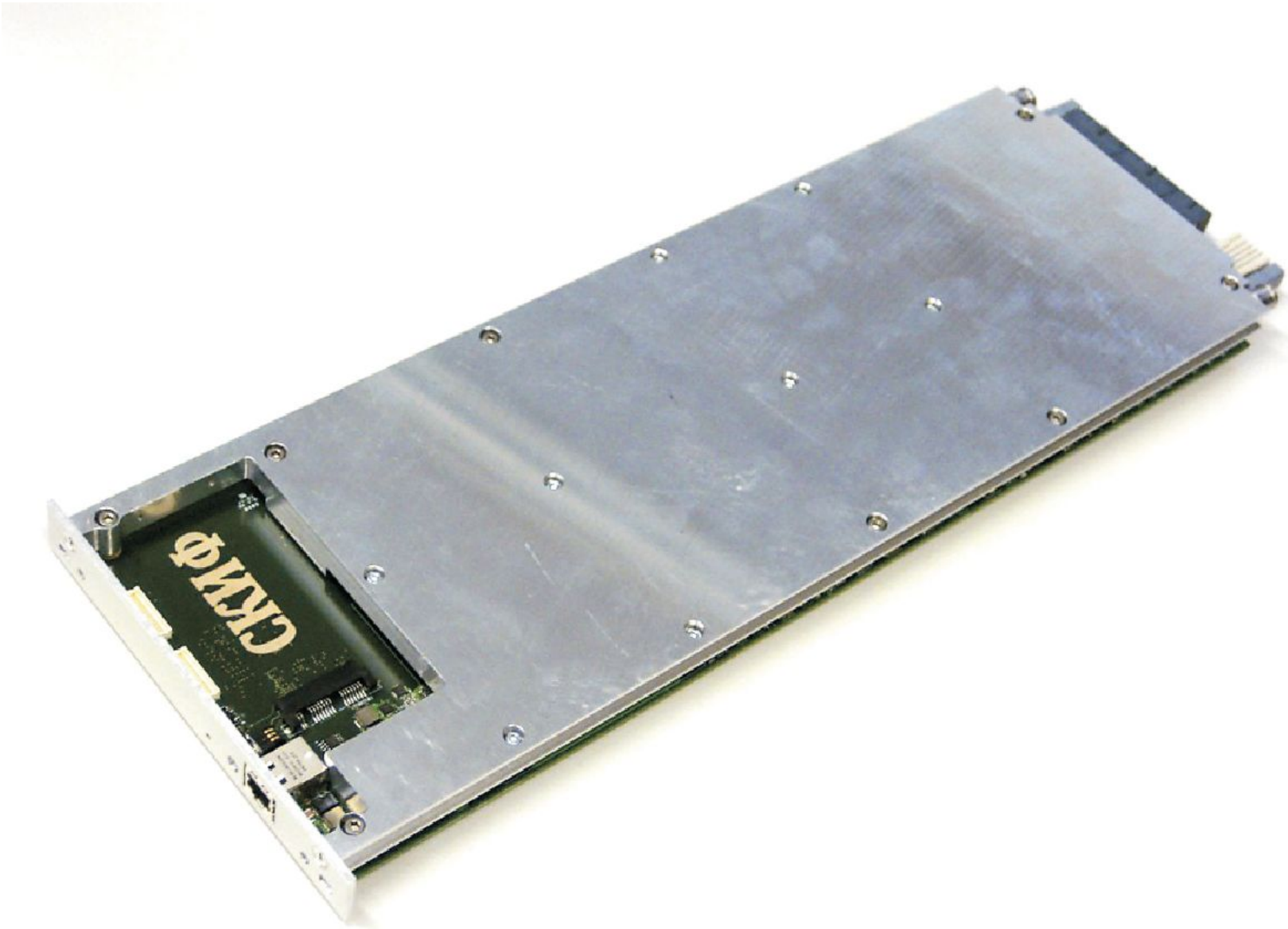
ТРИ КИТА ЦОД

Скиф-Аврора (Скиф ряд 4)

ИПС РАН, 2009

СКИФ
ALTERA
Stratix IV GX
EP4SGX230KF40C2ES
PMC
Mellanox
Intel

ТРИ КИТА ЦОД



APC by Schneider Electric

ТРИ КИТА ЦОД

Прямое водяное охлаждение серверов

- На ближайшие ~10 лет – ТОЛЬКО для HPC (высокопроизводительные вычисления)
- Почему?
- Представьте себе установку 1 (одного) нового сервера с водяным охлаждением в существующей серверной…
- Представьте себе сервер(ы) с водяным охлаждением в hosting/co-lo ЦОДе…
- Доказано: 40 и даже 60 кВт/стойку снимаются воздухом

ТРИ КИТА ЦОД

Выводы и рекомендации

- Глобальное потепление продолжается
- 10...15...20 кВт/стойку, далее?..
- In-row (внутрирядное) кондиционирование доказало свою применимость для решения широкого круга задач
- Герметизация горячего коридора, кондиционеры на чиллерной воде – составляющие рецепта
- Самое важное: использованы ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО серийные компоненты без какой-либо доработки

Сервера с прямым водяным охлаждением

- Применимость в обозримом будущем – лишь HPC-приложения

ТРИ КИТА ЦОД

Текущая отметка

- 65 кВт/стойку, среднее тепловыделение 40 кВт/стойку
- Что дальше?