

Суперкомпьютер IBM Roadrunner

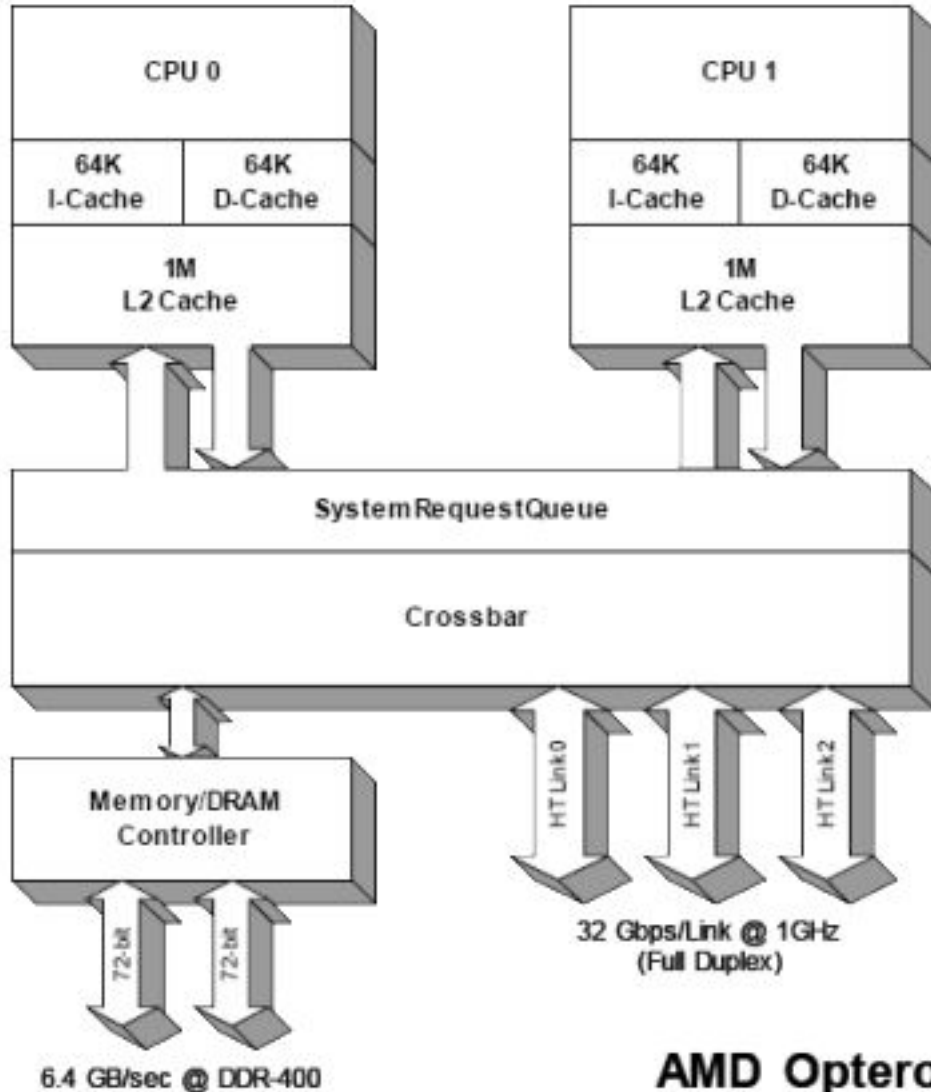
Общая информация

- Roadrunner – суперкомпьютер, построенный IBM для Лос-Аламосской национальной лаборатории в Нью-Мексико (США).
- 25 мая 2008 года он достиг 1,026 петафлопс и занял первое место в рейтинге ТОП500 суперкомпьютеров, поддерживая производительность в 1,0 петафлопс в бенчмарке LINPACK
- Roadrunner занимал примерно 296 серверные стойки площадью 560 м² и начал работать в 2008 году.
- Он был списан 31 марта 2013 года.
- Министерство энергетики США использовало Roadrunner для расчёта старения ядерных материалов и анализа безопасности и надёжности ядерного арсенала США. Также он использовался для научных, финансовых, транспортных и аэрокосмических расчётов.

Строение

- Суперкомпьютер IBM Roadrunner
 - Узел Connected Unit (CU)
 - Модуль TriBlade
 - Блейд-сервер IBM BladeCenter LS21
 - Процессор AMD Opteron
 - Блейд-сервер IBM BladeCenter QS22
 - Процессор IBM PowerXCell 8i

Процессор AMD Opteron

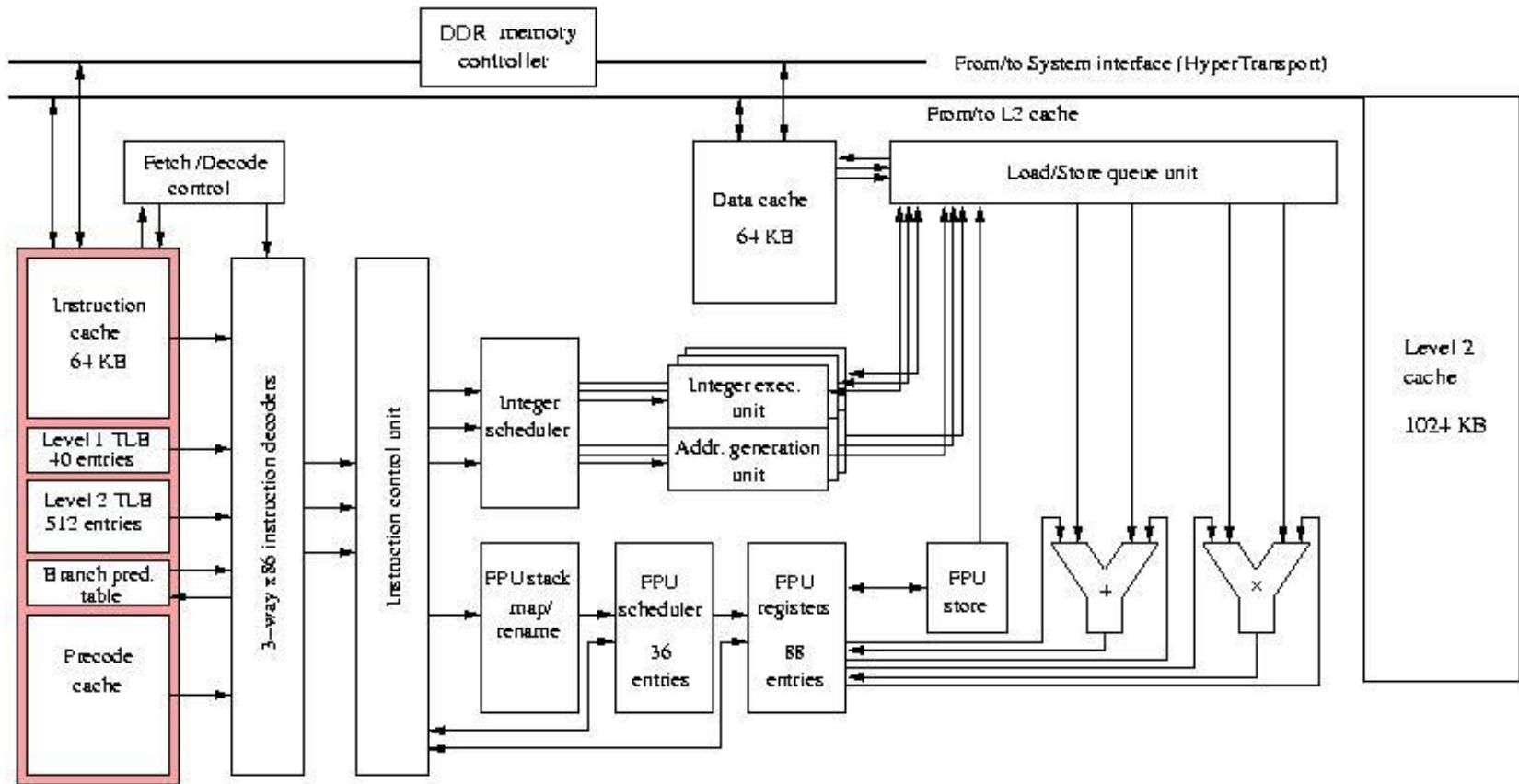


- Архитектура AMD64 (x86-64)
- Процессор SMP
- Многопроцессорная система NUMA

$$P_{SMP} (\text{AMD Opteron Core}) = I_{pv 64} [2 \text{ Core (AMD Opteron Core)}, U (\text{Crossbar}), CtrM (\text{Memory/DRAM Controller}), 3 U (\text{HT Link})]$$

AMD Opteron

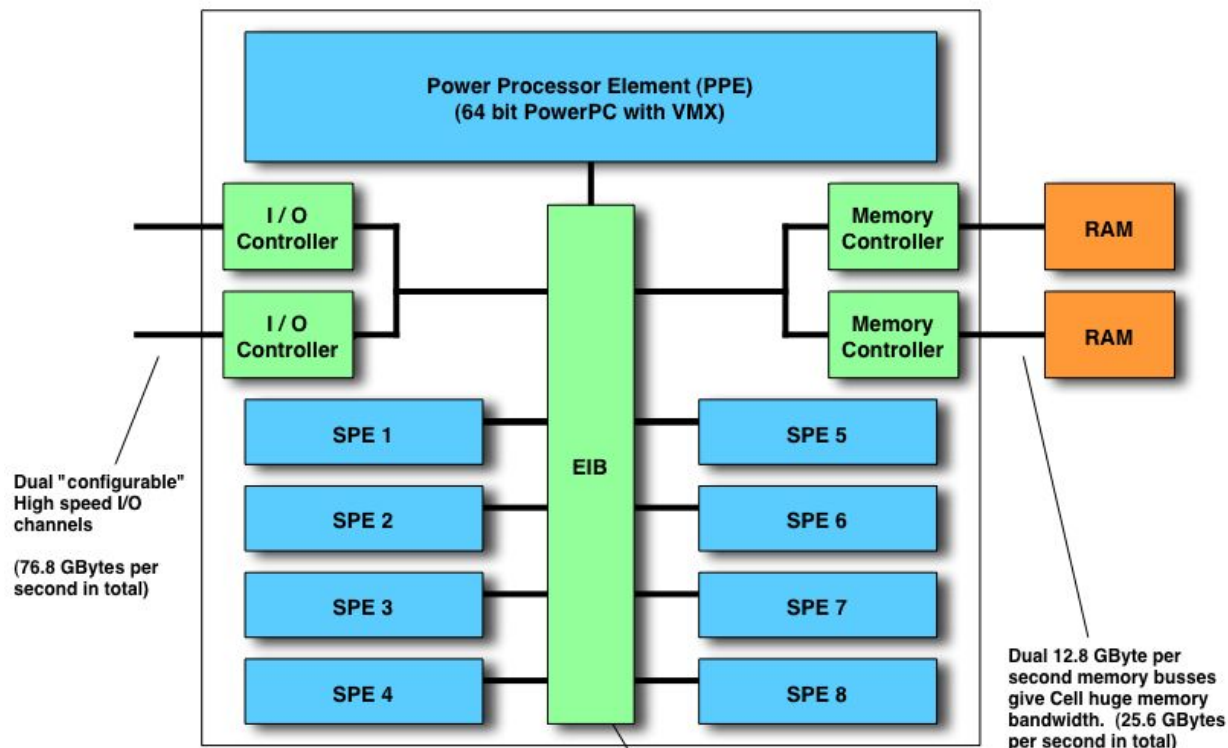
Ядро процессора AMD Opteron



Core (AMD Opteron Core) = {Rg₆₄, B, F, Cshi1_{64KB}, Cshd1_{64KB}, Csh2_{1024KB}}

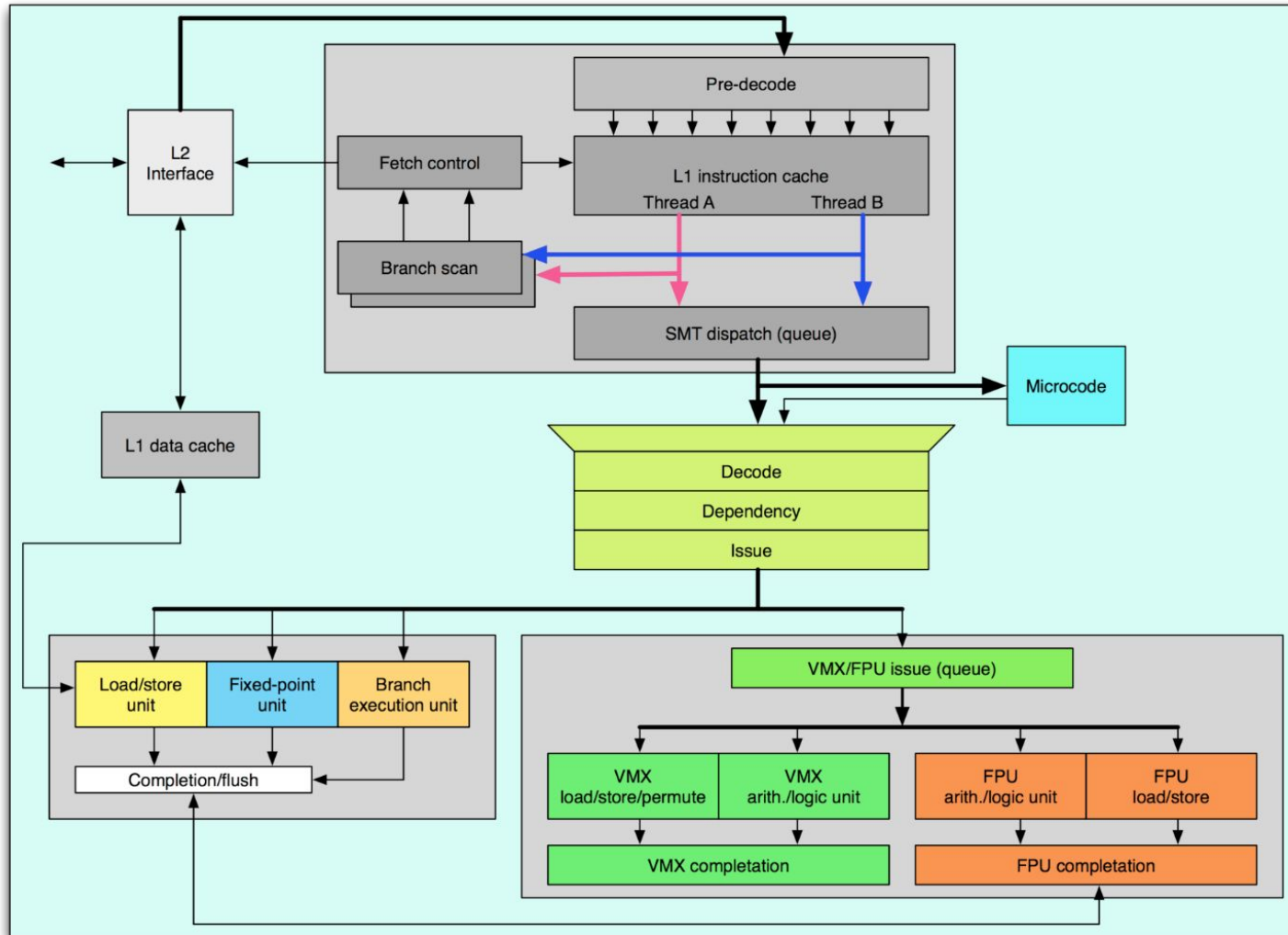
Процессор IBM PowerXCell 8i

Cell Processor Architecture



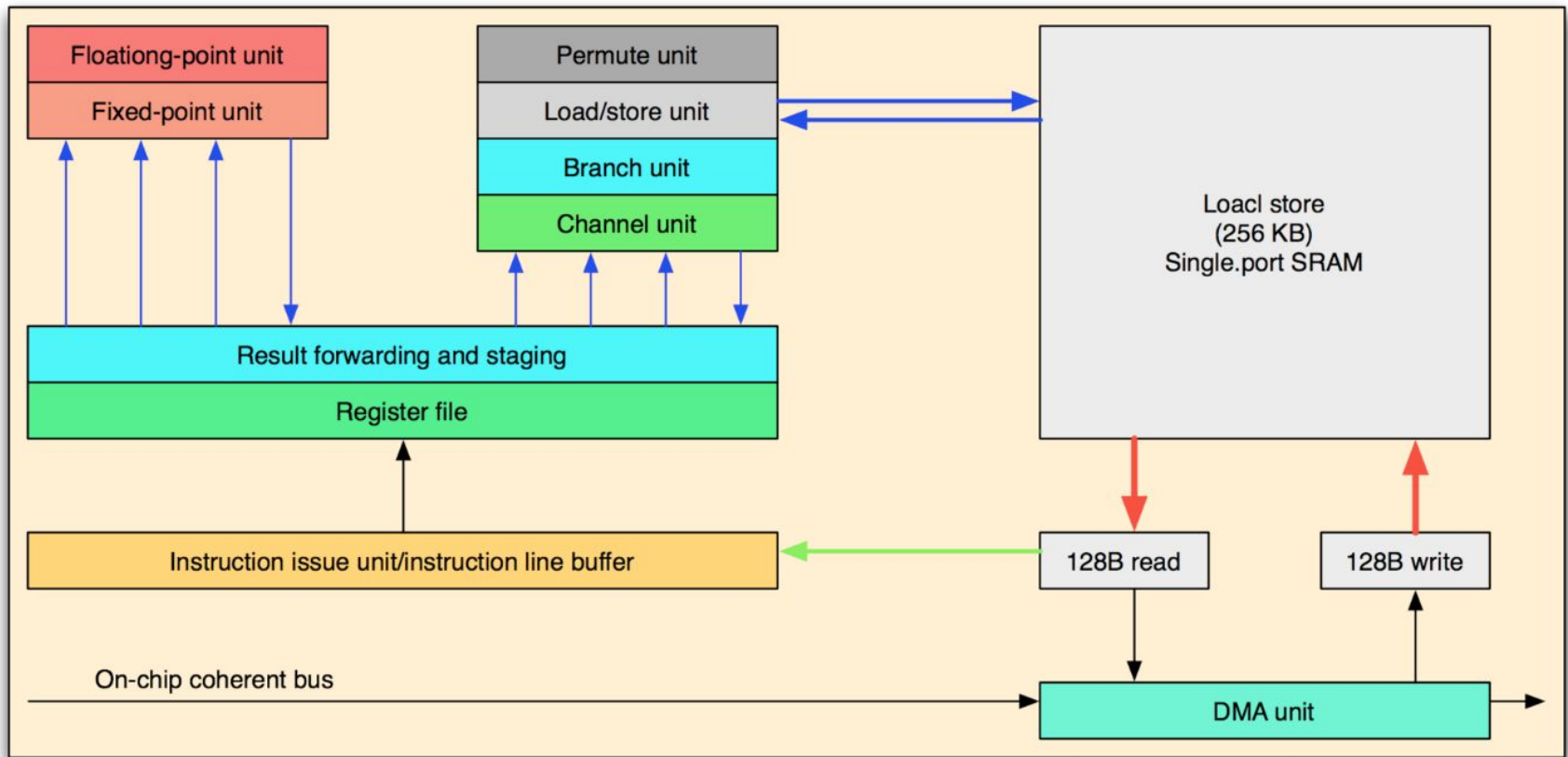
- 1 PPE (PowerPC Processor Element)
- 8 SPE (Synergistic Processor Element)
- Совместно используют память

IBM PowerXCell 8i PPE



Core (IBM PowerXCell 8i PPE) = {Rg₆₄, B, F, Csh1_{32KB}, Cshd1_{32KB}, Csh2_{512KB}}

IBM PowerXCell 8i SPE



8 bytes per cycle



16 bytes per cycle



64 bytes per cycle

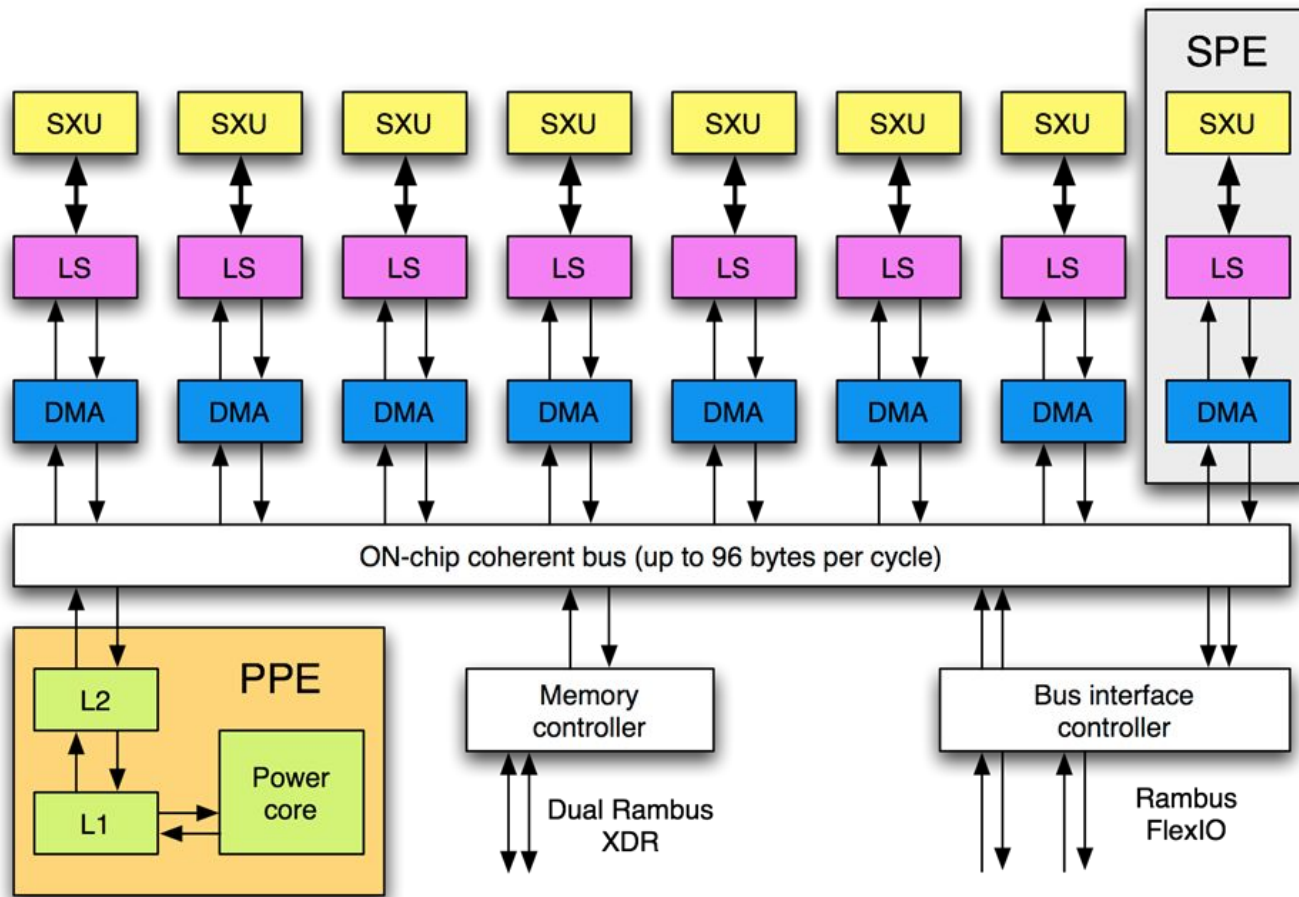


128 bytes per cycle



Core (IBM PowerXCell 8i SPE) = $\{Rg_{64}, B, F, M_{256KB (SRAM)}, U(DMA)\}$

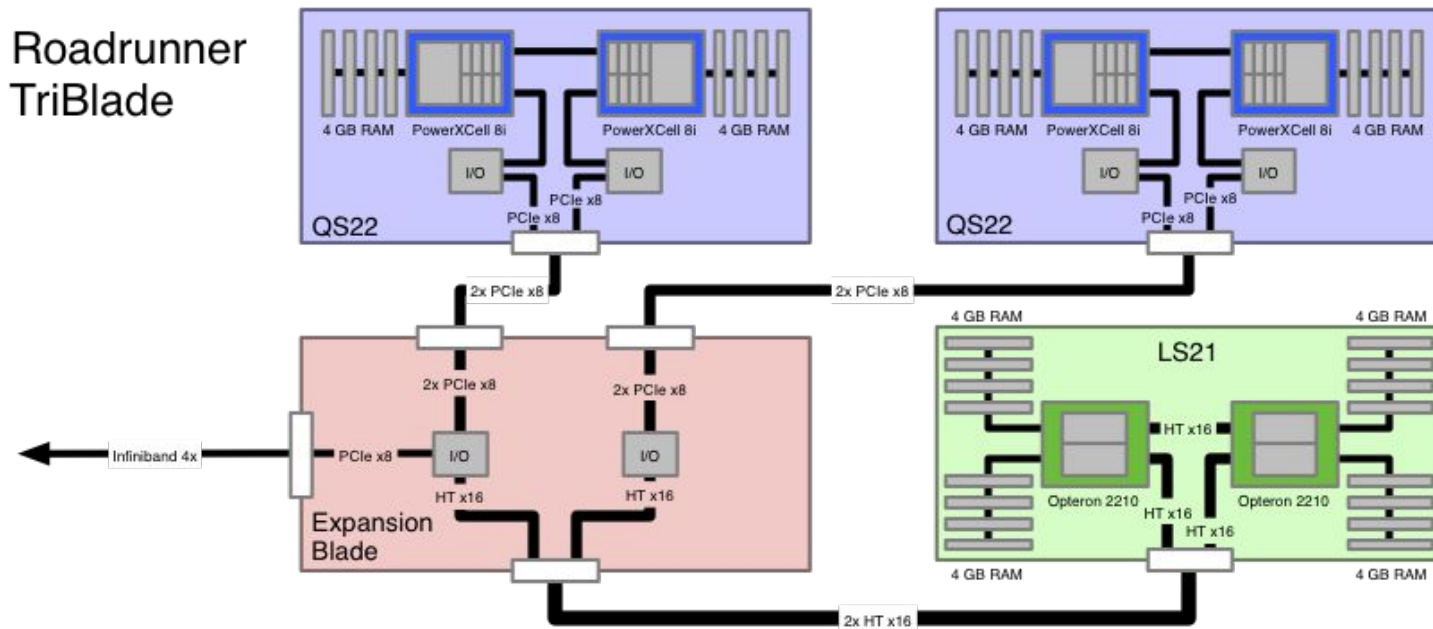
IBM PowerXCell 8i



- NUMA, так как SPE работает с LS, а не с общей памятью, но имеет DMA

P_{NUMA} (IBM PowerXCell 8i) = $I_{\text{pv } 64}$ [Core (IBM PowerXCell 8i PPE), 8 Core (IBM PowerXCell 8i SPE), U (Element Interconnect Bus), 2 CtrM (Memory Controller), 2 U (I/O Controller)]

Модуль TriBlade

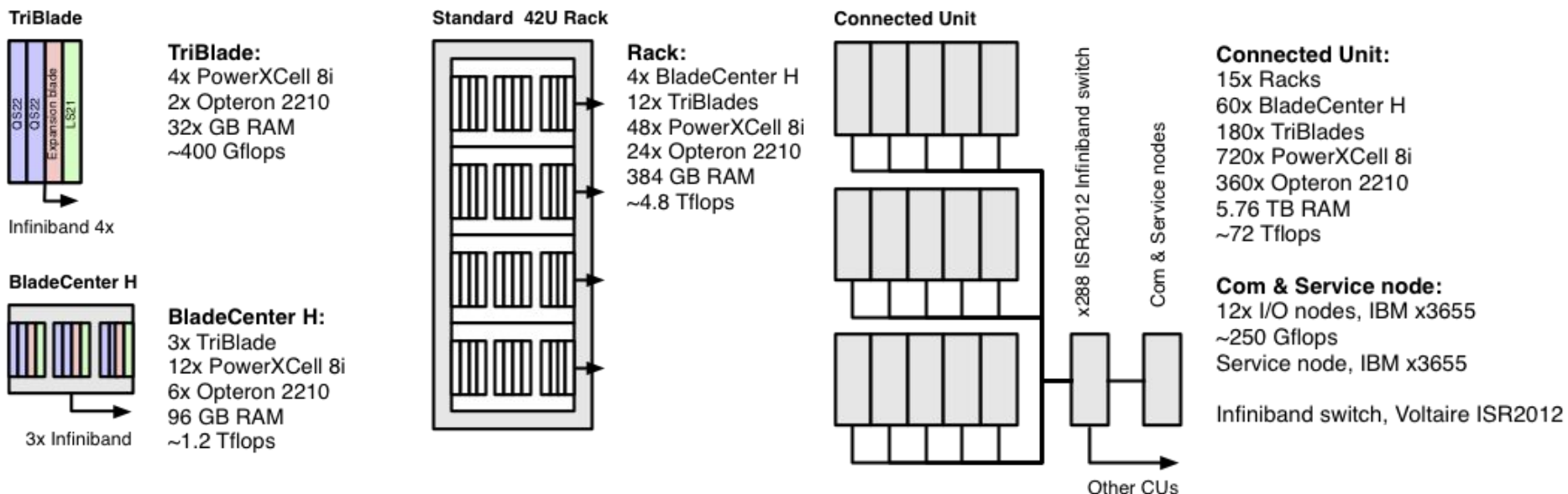


Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter LS21) = $\{2 M_{4\text{GB}}(\text{DDR SDRAM})^{200\text{MHz}} \leftarrow 6.4 \text{ GB/s} \rightarrow P_{\text{SMP}}$ (AMD Opteron Core) \leftarrow Hyper Transport x16 32Gb/s 1GHz $\rightarrow P_{\text{SMP}}$ (AMD Opteron Core) $\leftarrow 6.4 \text{ GB/s} \rightarrow 2 M_{4\text{GB}}(\text{DDR SDRAM})^{200\text{MHz}}\}$

Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter QS22) = $\{M_{4\text{GB}}(\text{DDR2 SDRAM})^{400\text{MHz}} \leftarrow 6.4 \text{ GB/s} \rightarrow P_{\text{NUMA}}$ (IBM PowerXCell 8i) $\leftarrow \rightarrow P_{\text{NUMA}}$ (IBM PowerXCell 8i) $\leftarrow 6.4 \text{ GB/s} \rightarrow M_{4\text{GB}}(\text{DDR2 SDRAM})^{400\text{MHz}}\}$

$\text{Node}_{\text{NUMA}}$ (TriBlade) = $\{\text{Bld}_{\text{NUMA}}$ (IBM BladeCenter LS21) $\leftarrow 2x$ Hyper Transport x16 32Gb/s 1GHz $\rightarrow \text{Bld}$ (Expansion Blade) $\leftarrow 4x$ PCIe x8 32Gb/2 $\rightarrow 2 \text{ Bld}_{\text{NUMA}}$ (IBM BladeCenter QS22) $\}$

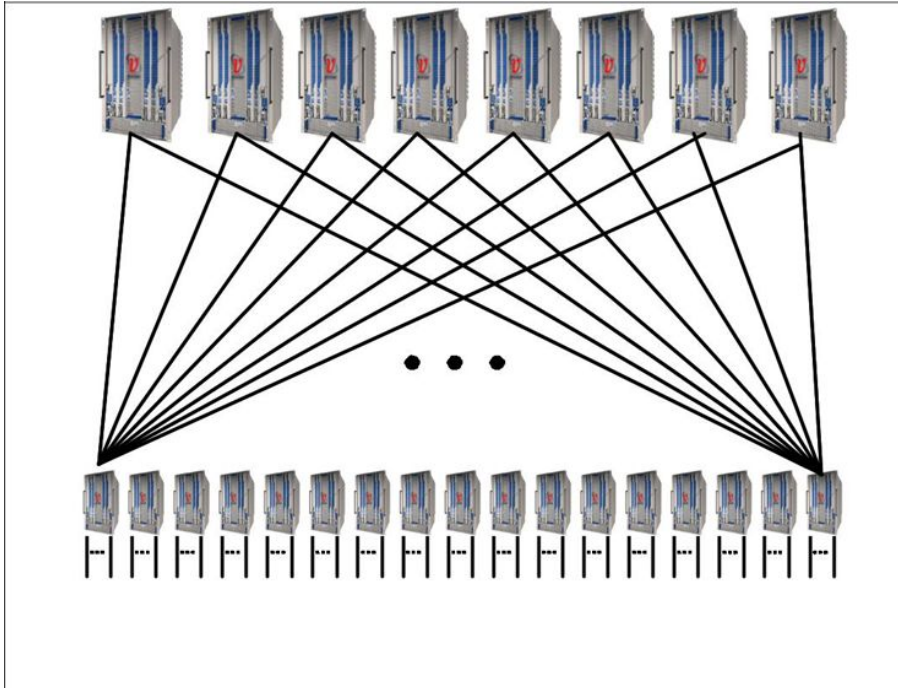
Узел Connected Unit (CU)



$$\text{Node}_{\text{ClusterHPC}} (\text{Connected Unit}) = \langle \text{Switch (Voltaire ISR2012 } 2\text{GB/s)} \rangle$$

$$[180 \text{ Node}_{\text{NUMA}} (\text{TriBlade}), \text{I/O, SS}]$$

Суперкомпьютер IBM Roadrunner



- 17 узлов CU (планировалось 18)
- 8 коммутаторов второго этапа Infiniband ISR2012 (6 необходимо)
- 12 восходящих линий до каждого (96 всего)

Super_{ClusterHPC} (IBM Roadrunner) = < 8 Switch (Voltaire ISR2012_{2GB/s}) >
[17 Node_{ClusterHPC} (Connected Unit)]

Структурная нотация

Core (AMD Opteron Core) = {Rg₆₄, B, F, Cshi1_{64KB}, Cshd1_{64KB}, Csh2_{1024KB}}

P_{SMP} (AMD Opteron Core) = I_{pv 64}[2 Core (AMD Opteron Core), U (Crossbar), CtrM (Memory/DRAM Controller), 3 U (HT Link)]

Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter LS21) = {2 M_{4GB (DDR SDRAM)}^{200MHz} <- 6.4 GB/s -> P_{SMP} (AMD Opteron Core) <- Hyper Transport x16 32Gb/s 1GHz-> P_{SMP} (AMD Opteron Core) <- 6.4 GB/s -> 2 M_{4GB (DDR SDRAM)}^{200MHz}}

Core (IBM PowerXCell 8i PPE) = {Rg₆₄, B, F, Cshi1_{32KB}, Cshd1_{32KB}, Csh2_{512KB}}

Core (IBM PowerXCell 8i SPE) = {Rg₆₄, B, F, M_{256KB (SRAM)}, U(DMA)}

P_{NUMA} (IBM PowerXCell 8i) = I_{pv 64}[Core (IBM PowerXCell 8i PPE), 8 Core (IBM PowerXCell 8i SPE), U (Element Interconnect Bus), 2 CtrM (Memory Controller), 2 U (I/O Controller)]

Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter QS22) = {M_{4GB (DDR2 SDRAM)}^{400MHz} <- 6.4 GB/s -> P_{NUMA} (IBM PowerXCell 8i) <- -> P_{NUMA} (IBM PowerXCell 8i) <- 6.4 GB/s -> M_{4GB (DDR2 SDRAM)}^{400MHz}}

Node_{NUMA} (TriBlade) = {Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter LS21) <- 2x Hyper Transport x16 32Gb/s 1GHz -> Bld (Expansion Blade) <- 4x PCIe x8 32Gb/2 -> 2 Bld_{NUMA} (IBM BladeCenter QS22)}

Node_{ClusterHPC} (Connected Unit) = < Switch (Voltaire ISR2012_{2GB/s}) > [180 Node_{NUMA} (TriBlade), I/O, SS]

Super_{ClusterHPC} (IBM Roadrunner) = < 8 Switch (Voltaire ISR2012_{2GB/s}) > [17 Node_{ClusterHPC} (Connected Unit)]

Расчёт пиковой производительности

AMD Opteron = 2 FLOP/такт * 1,8 ГГц * 2 ядра = 7,2 GFLOPS

IBM BladeCenter LS21 = 2 процессора * 7,2 GFLOPS (AMD Opteron) = 14,4 GFLOPS

IBM PowerXCell 8i PPE = 2 FLOP/такт * 3,2 ГГц = 6,4 GFLOPS

IBM PowerXCell 8i SPE = 2 FLOP/такт * 2 слова * 3,2 ГГц = 12,8 GFLOPS

IBM PowerXCell 8i = 6,4 GFLOPS (PPE) + 8 * 12,8 GFLOPS (SPE) = 108,8 GFLOPS

IBM BladeCenter QS22 = 2 процессора * 108,8 GFLOPS (PowerXCell 8i) = 217,6 GFLOPS

TriBlade = 14,4 GFLOPS (LS21) + 2 * 217,6 GFLOPS (QS22) = 449,6 GFLOPS

Connected Unit = 180 * 449,6 GFLOPS (TriBlade) = 80,928 TFLOPS

IBM Roadrunner = 17 * 80,928 TFLOPS (Connected Unit) = 1,375776 PFLOPS

Значение в рейтинге ТОП500 = 1375,78 TFLOPS

Спасибо за внимание