# Суперкомпьютеры 2018: итоги и перспективы

Рук. ЦКП ССКЦ ИВМиМГ СО РАН, к.ф.-м.н. Черных И.Г.

# Топ-500 ноябрь 2018

| Rank | System | Cores | Rmax (TFlop/s) | Rpeak (TFlop/s) | Power (kW) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Summit** - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM<br>DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory<br>United States | 2,397,824 | 143,500.0 | 200,794.9 | 9,783 |
| 2^ | **Sierra** - IBM Power System S922LC, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband , IBM / NVIDIA / Mellanox<br>DOE/NNSA/LLNL<br>United States | 1,572,480 | 94,640.0 | 125,712.0 | 7,438 |
| 3 | **Sunway TaihuLight** - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway , NRCPC<br>National Supercomputing Center in Wuxi<br>China | 10,649,600 | 93,014.6 | 125,435.9 | 15,371 |
| 4 | **Tianhe-2A** - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000 , NUDT<br>National Super Computer Center in Guangzhou<br>China | 4,981,760 | 61,444.5 | 100,678.7 | 18,482 |
| 5^ | **Piz Daint** - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect , NVIDIA Tesla P100 , Cray Inc.<br>Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)<br>Switzerland | 387,872 | 21,230.0 | 27,154.3 | 2,384 |
| 6^ | **Trinity** - Cray XC40, Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect , Cray Inc.<br>DOE/NNSA/LANL/SNL<br>United States | 979,072 | 20,158.7 | 41,461.2 | 7,578 |
| 7 | **AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI)** - PRIMERGY CX2570 M4, Xeon Gold 6148 20C 2.4GHz, NVIDIA Tesla V100 SXM2, Infiniband EDR , Fujitsu<br>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)<br>Japan | 391,680 | 19,880.0 | 32,576.6 | 1,649 |
| ***8*** | ***SuperMUC-NG - ThinkSystem SD530, Xeon Platinum 8174 24C 3.1GHz, Intel Omni-Path , Lenovo***<br>***Leibniz Rechenzentrum***<br>***Germany*** | ***305,856*** | ***19,476.6*** | ***26,873.9*** | |
| 9 | **Titan** - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x , Cray Inc.<br>DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory<br>United States | 560,640 | 17,590.0 | 27,112.5 | 8,209 |
| 10 | **Sequoia** - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom , IBM<br>DOE/NNSA/LLNL<br>United States | 1,572,864 | 17,173.2 | 20,132.7 | 7,890 |

# Топ-500 ноябрь 2018

| N | Место | Кол-во CPU/ядер | Архитектура (тип процессора / сеть) | Производительность (Tflop/s) Linpack | Пиковая | Разработчик |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Москва Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова 2018 г. | 1696/64384 | узлов: 1536 (Xeon E5-2697v3 [Acc: Tesla K40M] 2.6 GHz 64 GB RAM)<br>узлов: 160 (Xeon Gold 6126 [Acc: 2x Tesla P100] 2.6 GHz 96 GB RAM)<br>сеть: Infiniband FDR/Infiniband FDR/Gigabit Ethernet | 2,478.00 | 4,946.79 | Т-Платформы |
| 2 | Москва Главный вычислительный центр Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 2018 г. | 1952/35136 | узлов: 976 (2xXeon E5-2697v4 2.3 GHz 128 GB RAM)<br>сеть: Aries/Aries + Infiniband/Aries + Gigabit Ethernet | 1,200.35 | 1,293.00 | Т-Платформы, CRAY |
| 3 | Москва Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова 2012 г. | 12422/82468 | узлов: 4160 (2xXeon 5570 2.93 GHz 12 GB RAM)<br>узлов: 777 (2xXeon E5630 [Acc: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 12 GB RAM)<br>узлов: 640 (2xXeon 5670 2.93 GHz 24 GB RAM)<br>узлов: 288 (2xXeon E5630 [Acc: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 24 GB RAM)<br>узлов: 260 (2xXeon 5570 2.93 GHz 24 GB RAM)<br>узлов: 40 (2xXeon 5670 2.93 GHz 48 GB RAM)<br>узлов: 30 (2xPowerXCell 8i 3.2 GHz 16 GB RAM)<br>узлов: 4 (4xXeon E7650 2.26 GHz 512 GB RAM)<br>сеть: Infiniband QDR/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet | 901.90 | 1,700.21 | Т-Платформы |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 79 | Moscow State University - Research Computing Center<br>Russia | **Lomonosov 2** - T-Platform A-Class Cluster, Xeon E5-2697v3 14C 2.6GHz,Intel Xeon Gold 6126, Infiniband FDR, Nvidia K40m/P-100<br>T-Platforms | 64,384 | 2,478.0 | 4,946.8 |
| 283 | Main Computing Center of Roshydromet<br>Russia | Cray XC40, Xeon E5-2697v4 18C 2.3GHz, Aries interconnect<br>Cray Inc./T-Platforms | 35,136 | 1,200.3 | 1,293.0 |
| 487 | Moscow State University - Research Computing Center<br>Russia | **Lomonosov** - T-Platforms T-Blade2/1.1, Xeon X5570/X5670/E5630 2.93/2.53 GHz, Nvidia 2070 GPU, PowerXCell 8i Infiniband QDR<br>T-Platforms | 78,660 | 901.9 | 1,700.2 |

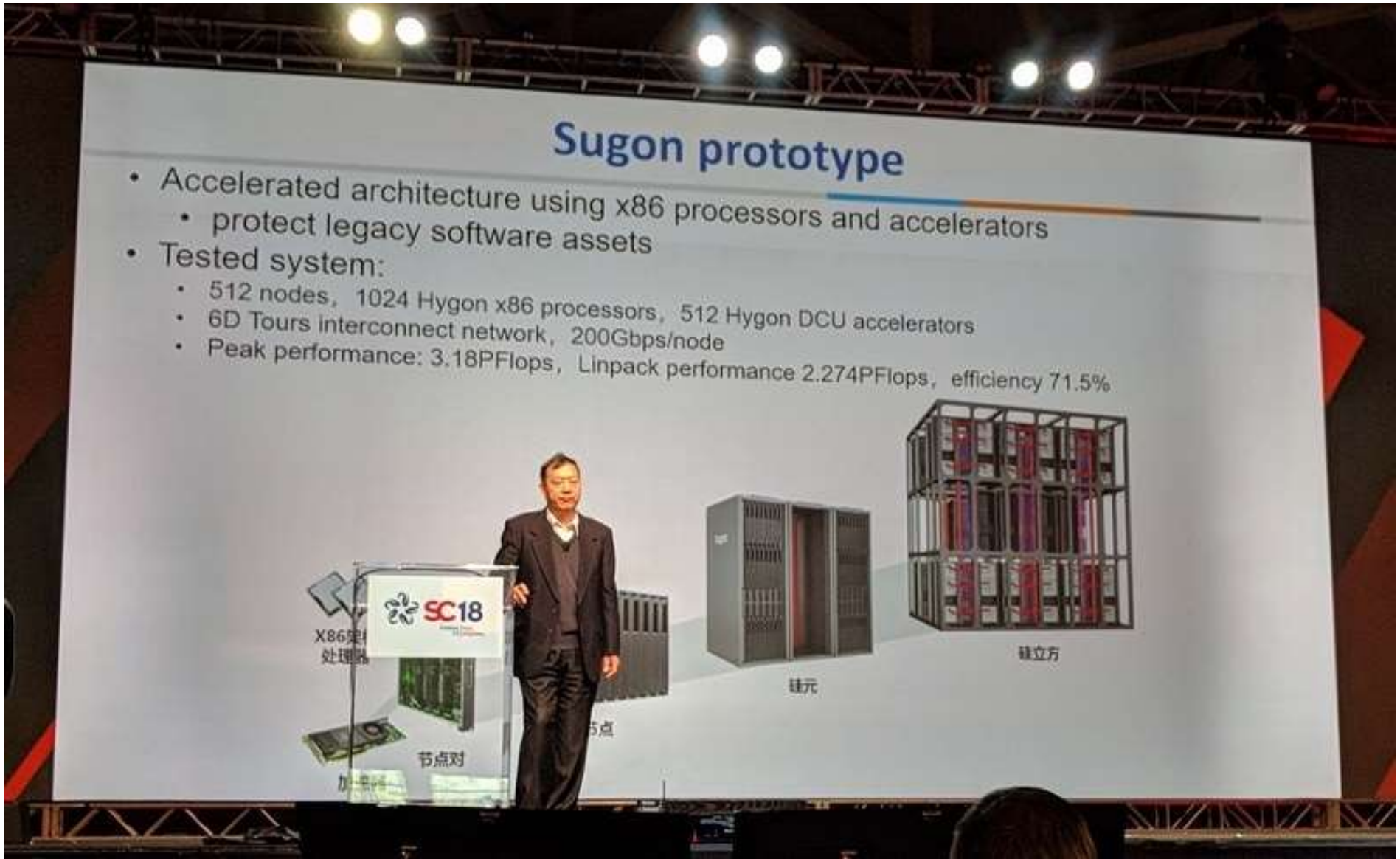
Доля России в совокупной мировой производительности суперкомпьютеров более, чем в 5 раз меньше ее доли в мировом ВВП. По этому показателю («устремленность к цифровой экономике») позиция России хуже в 12 раз — чем у Китая, в 9 раз — чем у США; в 7 раз — чем у Японии, в 5 раз — чем у Евросоюза

Доля России в совокупной мировой производительности суперкомпьютеров < 0.5%

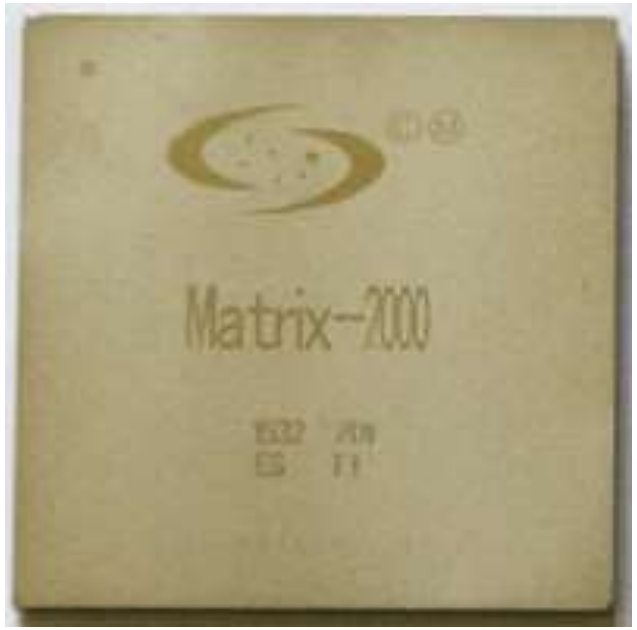
……Работать надо, а там, глядишь, и времена изменятся. Л.Д. Ландау Викицитатник

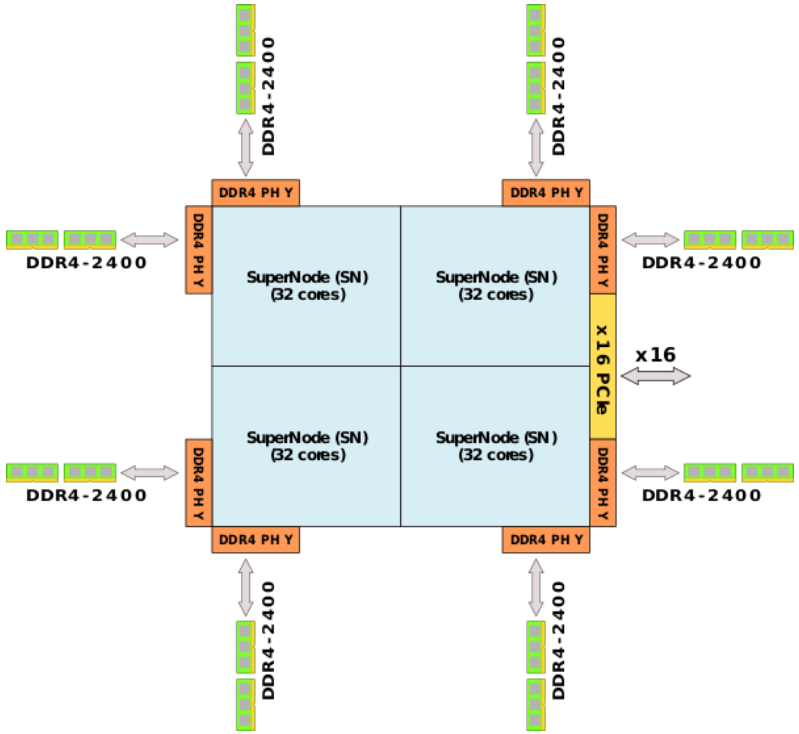
# Технологии

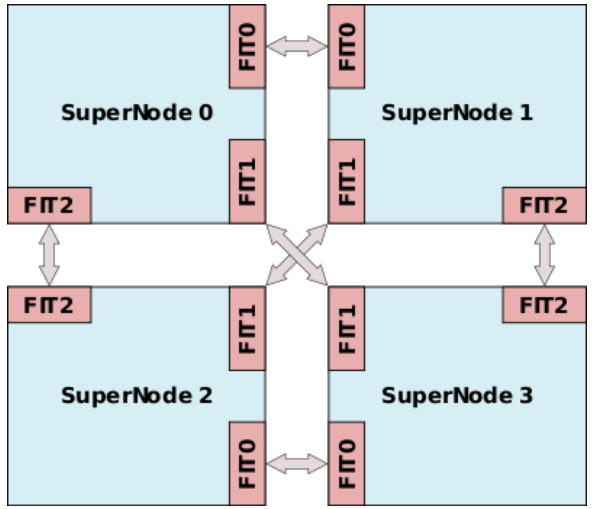
China Spills Details on Exascale Prototypes (водяное охлаждение, CPU DHYANA 32C, 2GHz, AMD like)



# Технологии

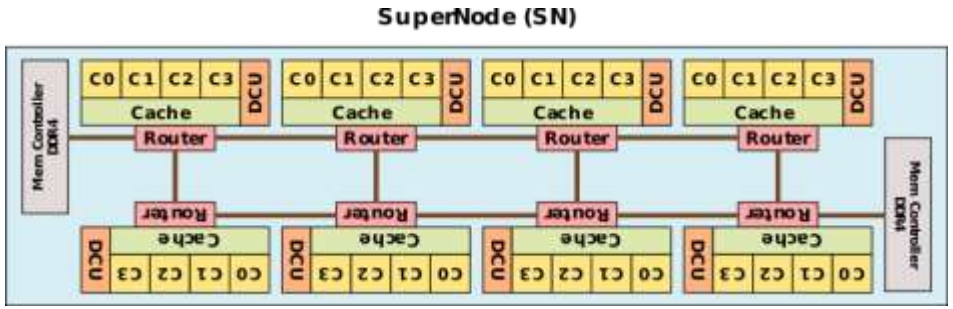


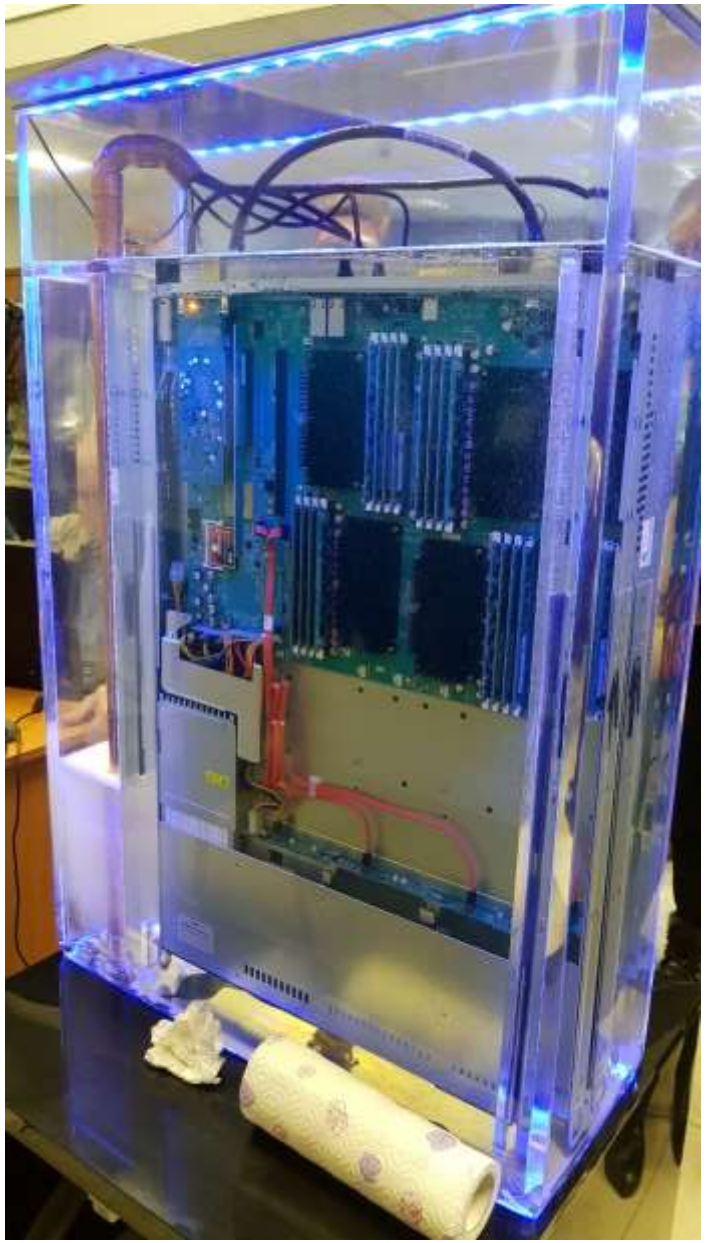




Each core (1.2GHz) is a reduced instruction set computer (RISC) featuring an in-order pipeline with 8 to 12 stages. The core incorporates an extended 256-bit vector instruction set architecture along with two 256-bit vector processing units (VPU). Each core is capable of performing 16 double-precision floating point operations each cycle.

**2.46/4.92Tflops (DP/SP), 240W**



# Технологии



В России появилось первое серверное решение на основе отечественных восьмиядерных процессоров «Эльбрус-8С». Ранее на «Эльбрус-8С» существовали только однопроцессорные персональные решения, а анонсированные серверные имели статус инженерных образцов.
Напомним, универсальные микропроцессоры «Эльбрус-8С» серийно выпускаются по технологическим нормам 28 нм с 2016 г. Кристалл каждого процессора имеет восемь ядер с 64-разрядной архитектурой «Эльбрус» четвертого поколения, кэш-память L2 суммарным объемом 4 МБ (8 x 512 кБ) и кэш-память L3 объемом 16 МБ. Рабочая частота процессоров «Эльбрус-8С» 1,3 ГГц, вычислительная мощность составляет порядка 250 гигафлопс на чип на операциях с одинарной точностью (FP32). По сравнению с четырехядерными процессорами «Эльбрус-4С», пиковая производительность новых чипов процессора «Эльбрус-8С», по данным разработчиков, выше в 3-5 раз, пропускная способность каналов ввода-вывода выше в 8 раз.
Процессоры «Эльбрус-8С» рассчитаны на работу с памятью стандарта DDR3-1600 с поддержкой ECC (до четырех контроллеров памяти). Возможна организация многопроцессорных систем с поддержкой до четырех процессоров в системе; для поддержки кэш-когерентности реализована фильтрация снупирования. Для межпроцессорного обмена предусмотрено три дуплексных канала с пропускной способностью 16 ГБ/с каждый (8 ГБ/с в каждую сторону).
Подробнее: http://www.cnews.ru/news/top/2018-09-24_sozdan_pervyj_server_na_vosmiyadernyh_elbrusah

# Технологии

Новое гиперконвергентное решение РСК позволяет создавать систему хранения данных «по требованию» (storage-on-demand), обеспечивая передовые в индустрии показатели производительности и пропускной способности на уровне 1,1 ТБ/с на стойку с более чем 495 миллионами операций ввода-вывода в секунду (IOPS, input/output operations per second).

Вычислительный узел «РСК Торнадо» может включать до 12-ти твердотельных дисков – Intel Optane SSD DC P4801X M.2 Series или Intel SSD DC P4511 (NVMe, M.2), процессор семейства Intel Xeon Scalable и серверную плату Intel Server Board S2600BP. Таким образом, на базе одного узла может быть создана система хранения данных объемом до 24 ТБ с высокой пропускной способностью и низкой латентностью. Объемы хранения будут расти по мере появления на рынке твердотельных дисков более высокой плотности.

# Технологии

intel OPTANE
RSC
RSC
RSC Tornado™ Storage Node
Fully independent hyper converged blade server
Performance: 3,46 TFLOPS
Processors: 2x Intel® Xeon® Gold 6154 (2x 18 cores)
Server Board: Intel S2600BP
512 GB, DDR4-2666 or up to 4 TB, with IMDT technology
Interconnect: 2x 100Gbps IB / 2x 10 GigE
Storage: up to 12 Intel NVMe SSDs
RSC Tornado Cluster Architecture
RSC Direct Liquid Cooling with Hot Water support (up to 63°C inlet)
Energy Efficient Power Supply AC 230V
intel OPTANE™

# Технологии

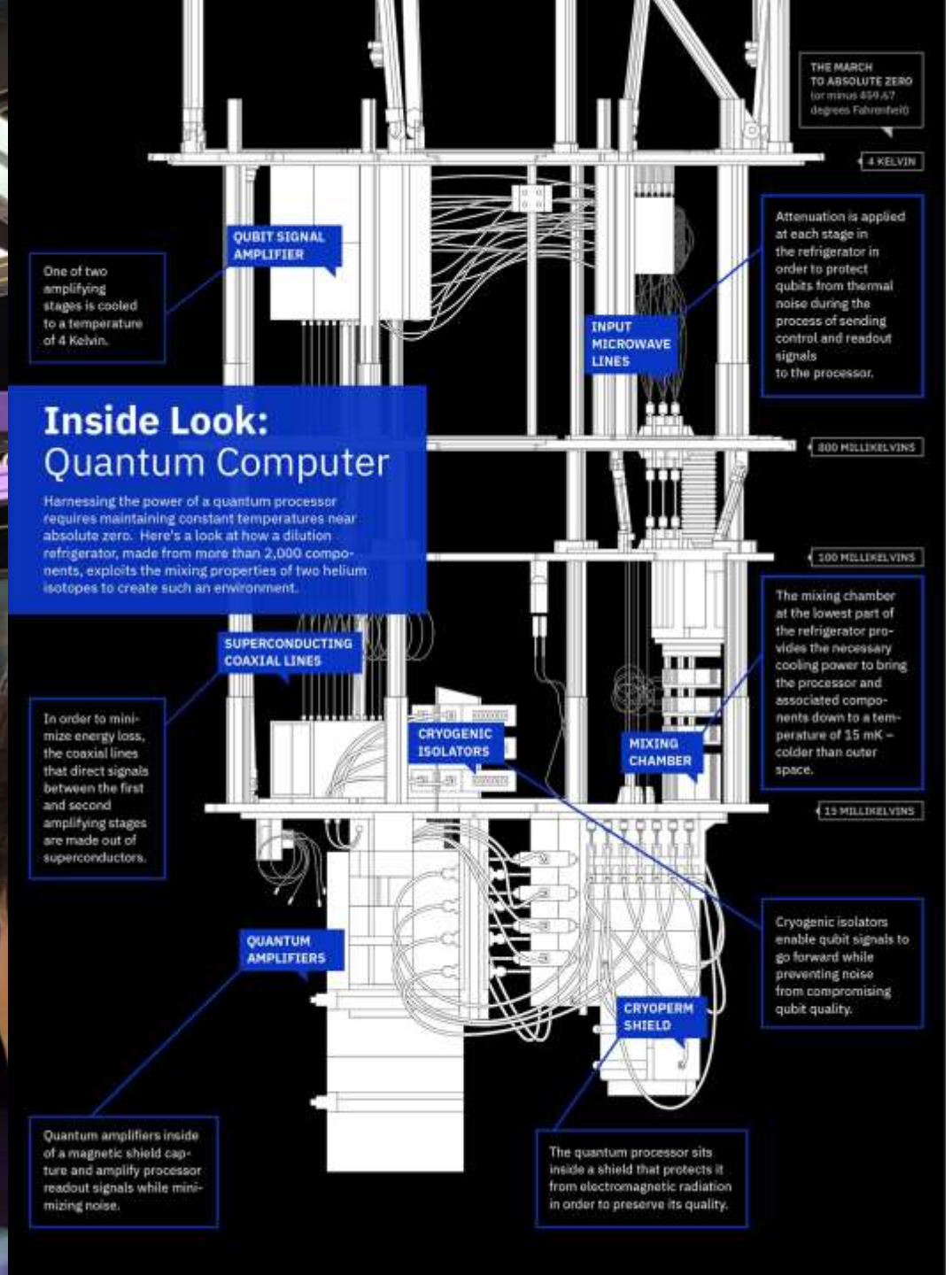
4608 серверов IBM Power Systems AC922 суперкомпьютера Summit занимают площадь, эквивалентную площади двух теннисных кортов. В состав этих серверов входит 9216 22-ядерных процессоров IBMPOWER9 и 27 648 графических процессоров NVIDIA Tesla V100. Всё это охлаждается системой, в которой циркулирует 15 150 литров очищенной воды. А потребляет суперкомпьютер Summit столько энергии, что её хватило бы на снабжение 8100 среднестатистических жилых домов.
Каждый узел содержит более 500 Гб когерентной памяти (High Bandwidth Memory и DDR4 SDRAM), которая адресуется всеми CPU и GPU, плюс 800 Гб энергонезависимой памяти, которая может использоваться как пакетный буфер или расширенная память. Процессоры и видеокарты подключаются с использованием шины NVLink. Это позволяет использовать гетерогенную вычислительную модель.

# Технологии

64 fully functional vector registers per core (256bit)

**192 double precision floating point operations per cycle**

| NEC Vector Engine | Type 10A | Type 10B | Type 10C |
|---|---|---|---|
| **Core specfication** | | | |
| Clock speed (GHZ) | 1.6 | 1.4 | 1.4 |
| Peak performance (GigaFLOPS) | 307.2 | 268.8 | 268.8 |
| Average memory bandwidth (GB/s) | 150 | 150 | 94 |
| **Processor Specifications** | | | |
| # of cores / processor | 8 | 8 | 8 |
| Peak performance (TeraFLOPS) | 2.45 | 2.15 | 2.15 |
| Memory bandwidth (TB/s) | 1.20 | 1.20 | 0.75 |
| Cache capacity (MB) | 16 | 16 | 16 |
| Memory capacity (GB) | 48 | 48 | 24 |



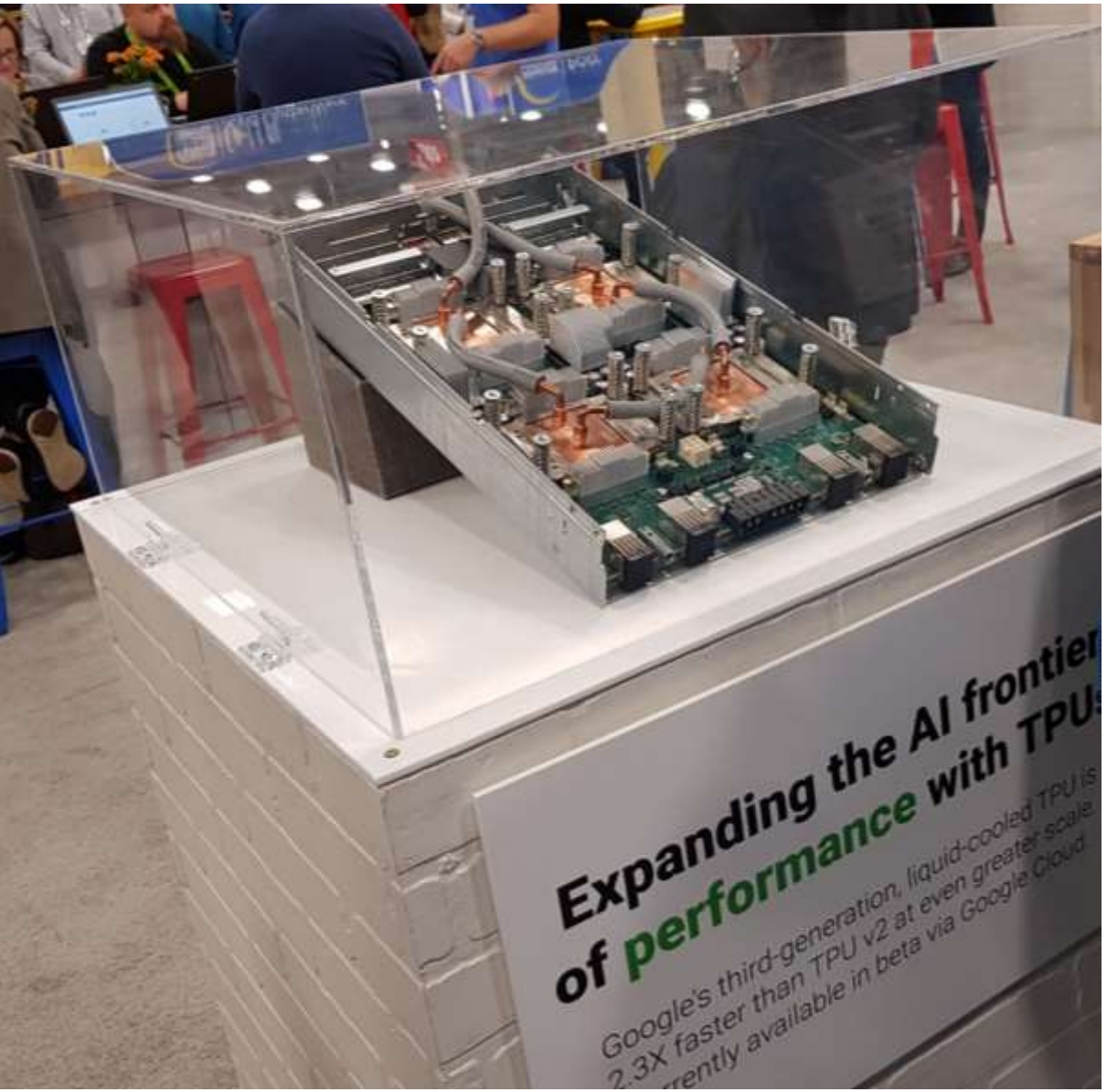

Для эффективной работы установка должна быть сильно охлаждена — это условие возникновения сверхпроводимости, при которой работает устройство от IBM. На первой ступени установки температура составляет всего 4К (-269ºС) — холоднее, чем в открытом космосе, и близко к абсолютному нулю. Здесь расположен один из усилителей сигнала, исходящего от кубитов, и микроволновые линии ввода команд управления остальными частями устройства. Эта ступень охлаждается в том числе для нивелирования температурных скачков при взаимодействии с другими компонентами.

Вторая ступень — это также линии ввода, третья — сверхпроводящие коаксиальные кабели, способные передавать сигнал между квантовыми компонентами и классическим компьютером, который управляет квантовой системой. В состав кабелей входят ниобий и его сплав с титаном. При сильном охлаждении этот материал переходит в сверхпроводящее состояние.

Также на третьей ступени — криогенные изоляторы и смесительная камера, которые отвечают за поддержание температуры.
На четвертой, последней, ступени находятся сам процессор и квантовые усилители, которые дают возможность считывать сигналы процессора и уменьшают «шумы», мешающие вычислениям. Процессор находится в отдельной защитной камере — она не пропускает электромагнитное излучение, которое может воздействовать на кубиты и портить результаты вычислений.

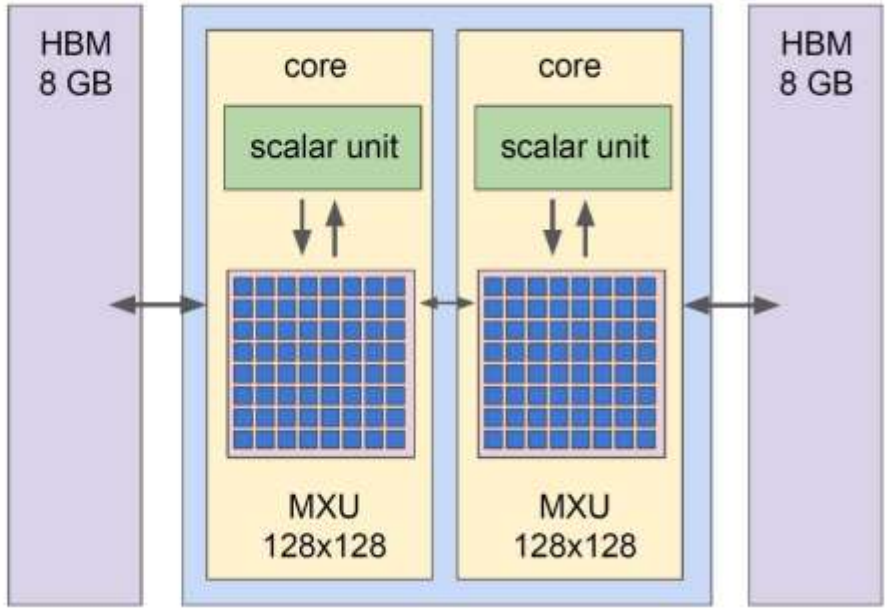
Подробнее на РБК:
https://www.rbc.ru/magazine/2018/01/5a3940b09a794764894cb71c

# Технологии



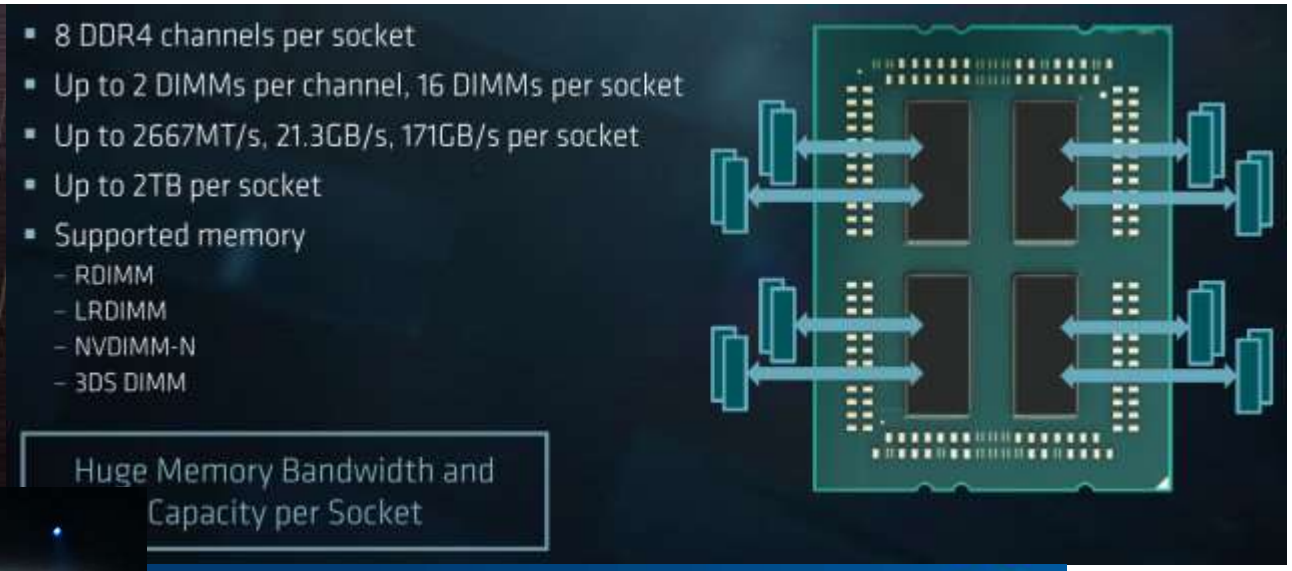

## TPUv2 Chip

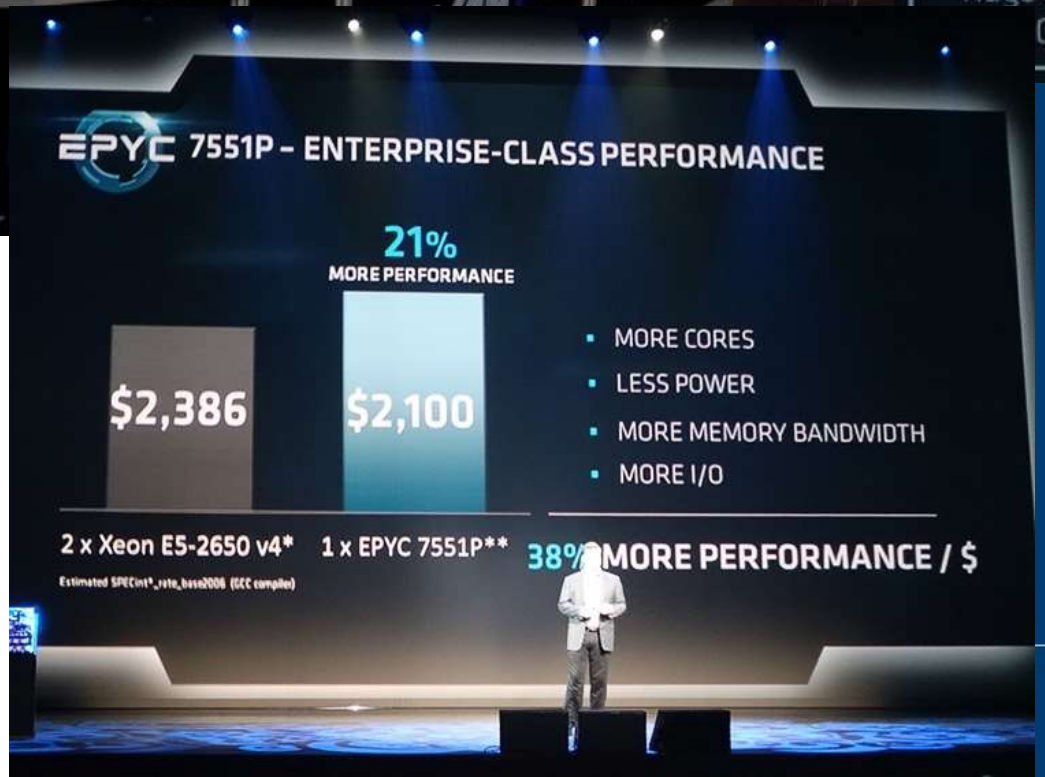
- 16 GB of HBM
- 600 GB/s mem BW
- Scalar unit: 32b float
- MXU: 32b float accumulation but reduced precision for multipliers
- 45 TFLOPS

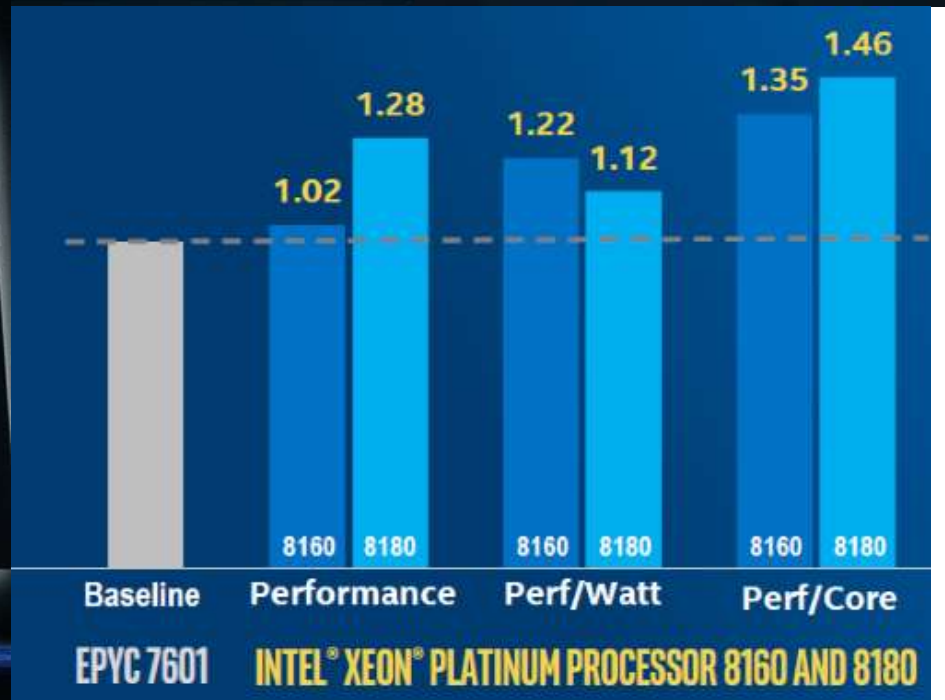


# Технологии

TYAN
AMD EPYC
TYAN
World Class Server


8 DDR4 channels per socket
Up to 2 DIMMs per channel, 16 DIMMs per socket
Up to 2667MT/s, 21.3GB/s, 171GB/s per socket
Up to 2TB per socket
Supported memory
– RDIMM
– LRDIMM
– NVDIMM-N
– 3DS DIMM
Huge Memory Bandwidth and Capacity per Socket


EPYC 7551P – ENTERPRISE-CLASS PERFORMANCE
21%
MORE PERFORMANCE
$2,386
$2,100
MORE CORES
LESS POWER
MORE MEMORY BANDWIDTH
MORE I/O
2 x Xeon E5-2650 v4*
1 x EPYC 7551P**
38% MORE PERFORMANCE / $

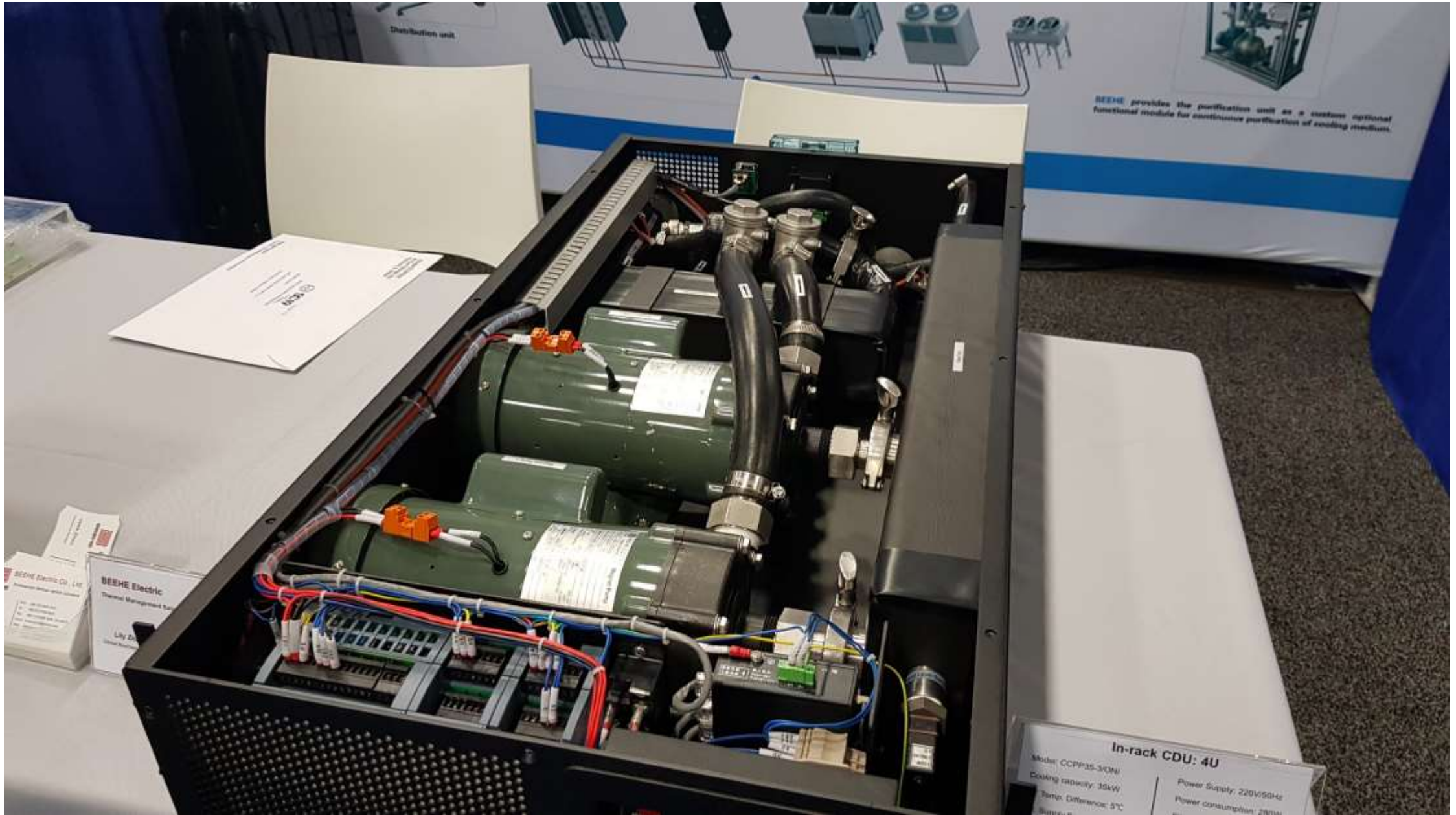

1.02
1.28
1.22
1.12
1.35
1.46
8160
8180
8160
8180
8160
8180
Baseline
Performance
Perf/Watt
Perf/Core
EPYC 7601
INTEL® XEON® PLATINUM PROCESSOR 8160 AND 8180

# Технологии

# Технологии

# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура



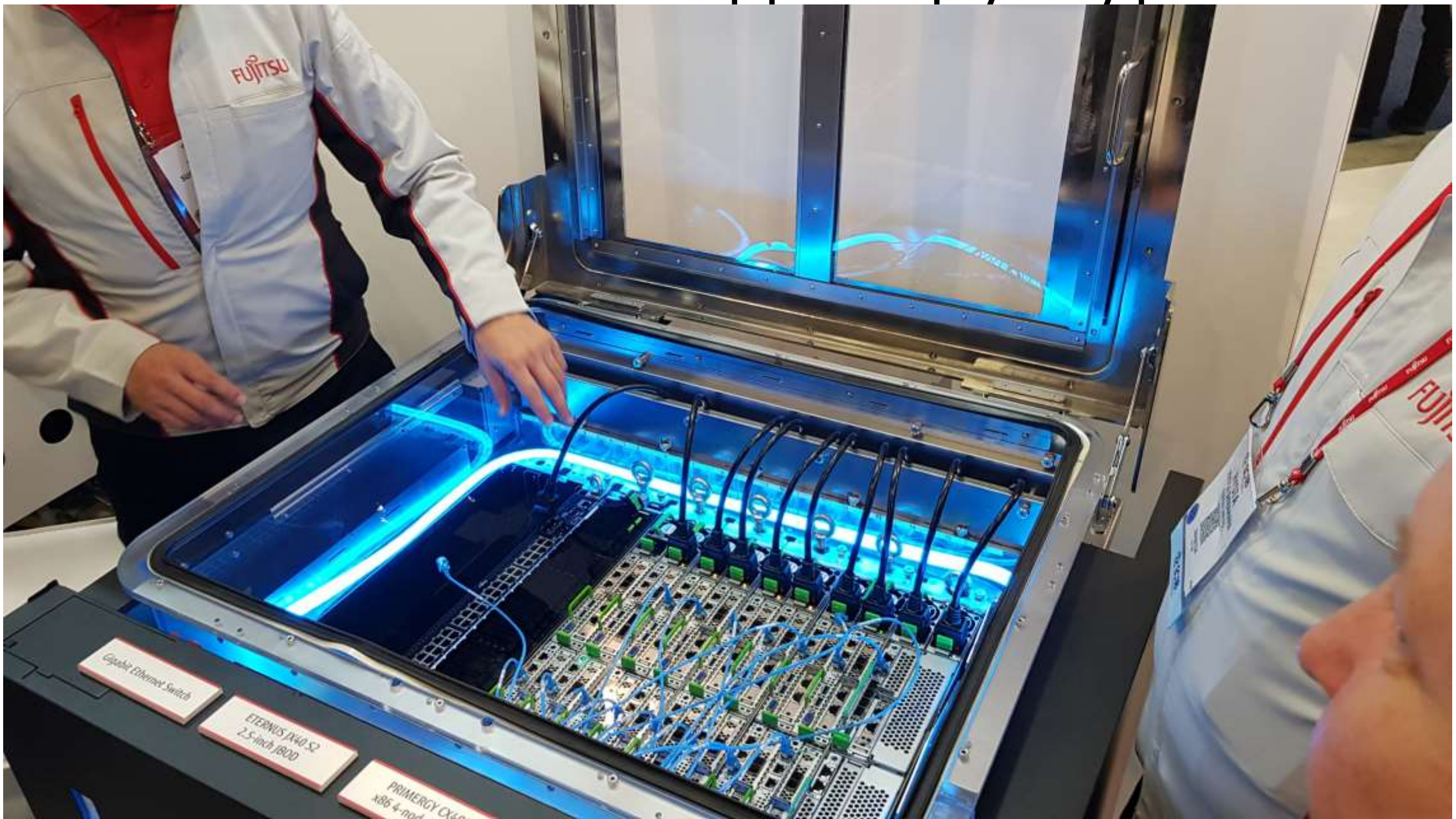
# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура

# Технологии инфраструктура



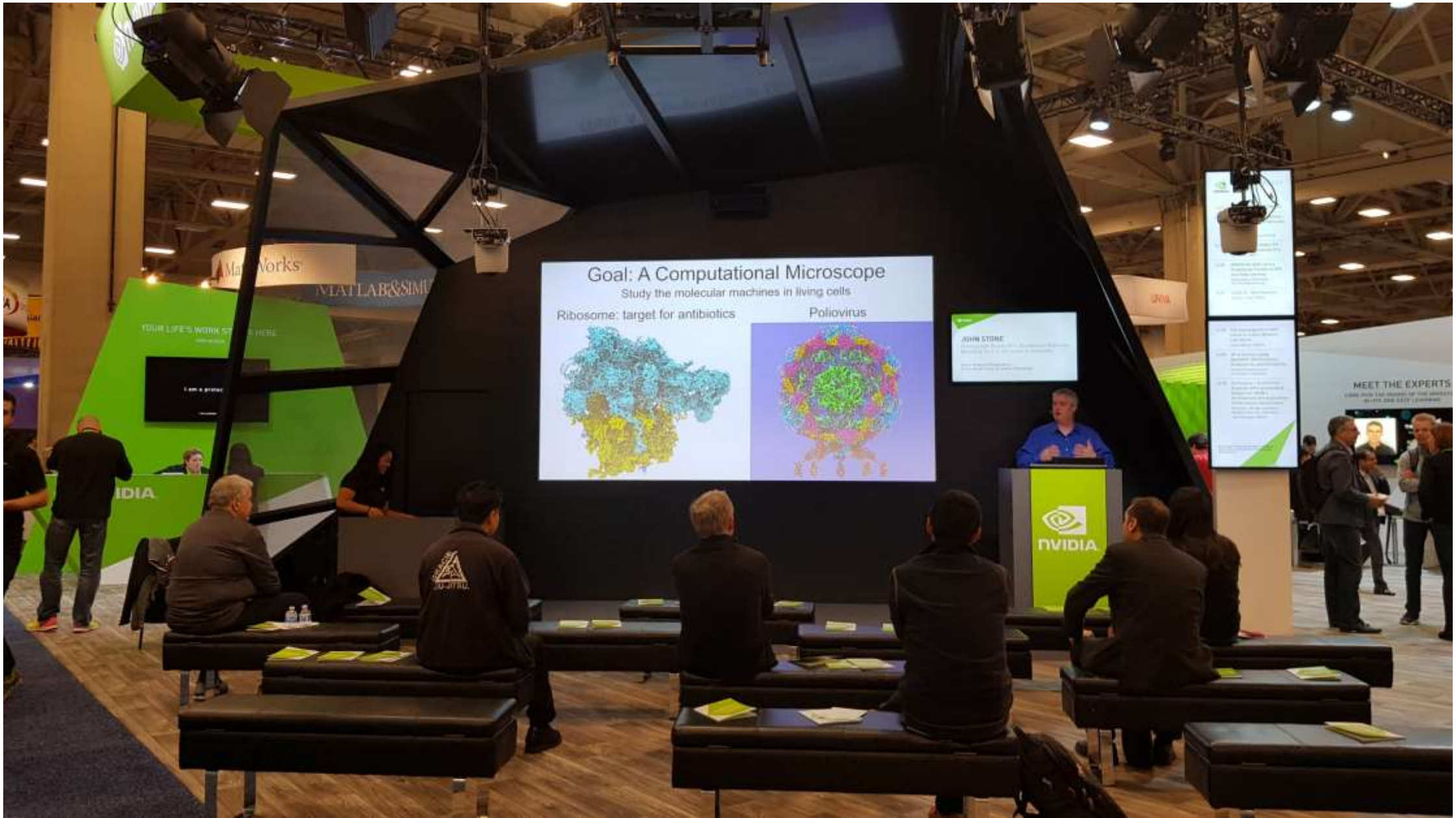
# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура

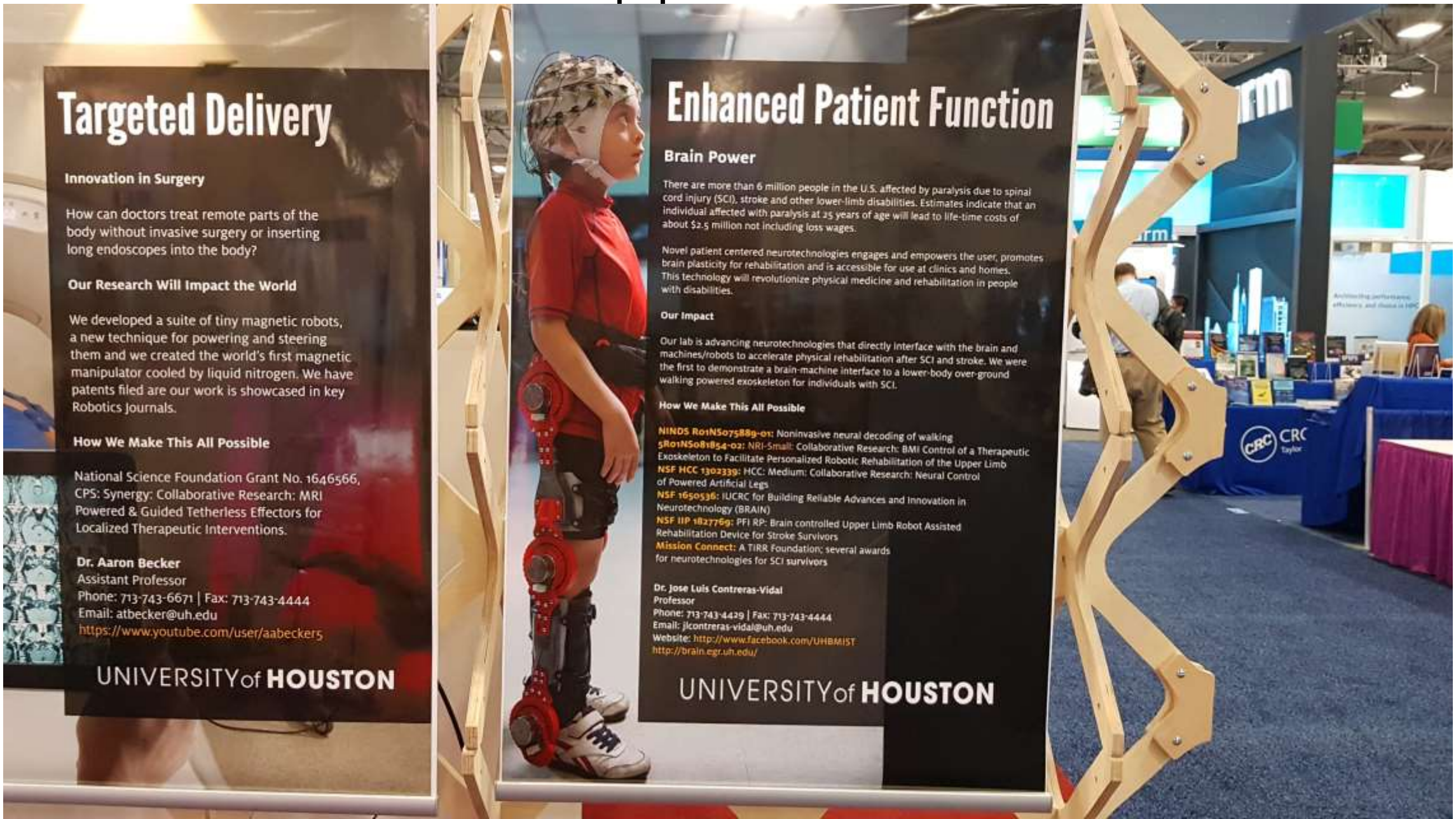
# Технологии: инфраструктура

# Технологии: инфраструктура

# Задачи


Goal: A Computational Microscope
Study the molecular machines in living cells
Ribosome: target for antibiotics
Poliovirus
NVIDIA
MEET THE EXPERTS

# Задачи


Targeted Delivery
Innovation in Surgery
How can doctors treat remote parts of the body without invasive surgery or inserting long endoscopes into the body?
Our Research Will Impact the World
We developed a suite of tiny magnetic robots, a new technique for powering and steering them and we created the world's first magnetic manipulator cooled by liquid nitrogen. We have patents filed are our work is showcased in key Robotics Journals.
How We Make This All Possible
National Science Foundation Grant No. 1646566, CPS: Synergy: Collaborative Research: MRI Powered & Guided Tetherless Effectors for Localized Therapeutic Interventions.
Dr. Aaron Becker
Assistant Professor
Phone: 713-743-6671 | Fax: 713-743-4444
Email: atbecker@uh.edu
https://www.youtube.com/user/aabecker5
UNIVERSITY of HOUSTON
Enhanced Patient Function
Brain Power
There are more than 6 million people in the U.S. affected by paralysis due to spinal cord injury (SCI), stroke and other lower-limb disabilities. Estimates indicate that an individual affected with paralysis at 25 years of age will lead to life-time costs of about $2.5 million not including loss wages.
Novel patient centered neurotechnologies engages and empowers the user, promotes brain plasticity for rehabilitation and is accessible for use at clinics and homes. This technology will revolutionize physical medicine and rehabilitation in people with disabilities.
Our Impact
Our lab is advancing neurotechnologies that directly interface with the brain and machines/robots to accelerate physical rehabilitation after SCI and stroke. We were the first to demonstrate a brain-machine interface to a lower-body over-ground walking powered exoskeleton for individuals with SCI.
How We Make This All Possible
NINDS R01NS075889-01: Noninvasive neural decoding of walking
5R01NS081854-02: NRI-Small: Collaborative Research: BMI Control of a Therapeutic Exoskeleton to Facilitate Personalized Robotic Rehabilitation of the Upper Limb
NSF HCC 1302339: HCC: Medium: Collaborative Research: Neural Control of Powered Artificial Legs
NSF 1650536: IUCRC for Building Reliable Advances and Innovation in Neurotechnology (BRAIN)
NSF IIP 1827769: PFI RP: Brain controlled Upper Limb Robot Assisted Rehabilitation Device for Stroke Survivors
Mission Connect: A TIRR Foundation; several awards for neurotechnologies for SCI survivors
Dr. Jose Luis Contreras-Vidal
Professor
Phone: 713-743-4429 | Fax: 713-743-4444
Email: jlcontreras-vidal@uh.edu
Website: http://www.facebook.com/UHBMIST
http://brain.egr.uh.edu/
UNIVERSITY of HOUSTON
CRC
Taylor

NCHC
NCSA
molex
ASUS
aws
amazon
web
services

# Спасибо за внимание