

Удалённый операционный центр экспериментов на Большом адронном коллоаидере ЦЕРН в НИИЯФ МГУ (ROC-MSU)

1. Основные требования

Потребность в создании удалённых операционных центров для экспериментов на Большом адронном коллоаидере ЦЕРН обусловлена огромным объемом информации, получаемой в ходе работы сложных комплексов аппаратуры экспериментальных установок и необходимостью постоянного контроля многочисленных параметров функционирования всех элементов комплекса [1]. В этой связи в рамках был разработан целый ряд программных средств удаленного контроля данных [2-5].

Удаленный центр мониторинга, анализа и сертификации данных должен обладать необходимыми техническими характеристиками для следующих функций:

- интерактивный доступ к информационной сети эксперимента;
- мониторинг работы детекторов;
- контроль процесса сбора данных измерений, полученных в ходе экспериментов;
- удаленная сертификация данных для их последующего анализа;
- регистрация физических явлений и объектов, наблюдаемых в экспериментах;
- контроль статуса системы распределенных вычислений;
- многоточечная оперативная связь с центральным диспетчерским пунктом эксперимента, техническим персоналом ЦЕРН и другими научными центрами-участниками эксперимента.

2. Удалённый операционный центр в НИИЯФ МГУ

В 2010 г. в НИИЯФ МГУ впервые в России был создан и введен в эксплуатацию прототип такого удалённого операционного центра, позволяющий дежурным операторам контролировать работу измерительной аппаратуры и оценивать статус экспериментальной информации, поступающей с установки CMS на БАК, находясь вне ЦЕРНа (рис.1).

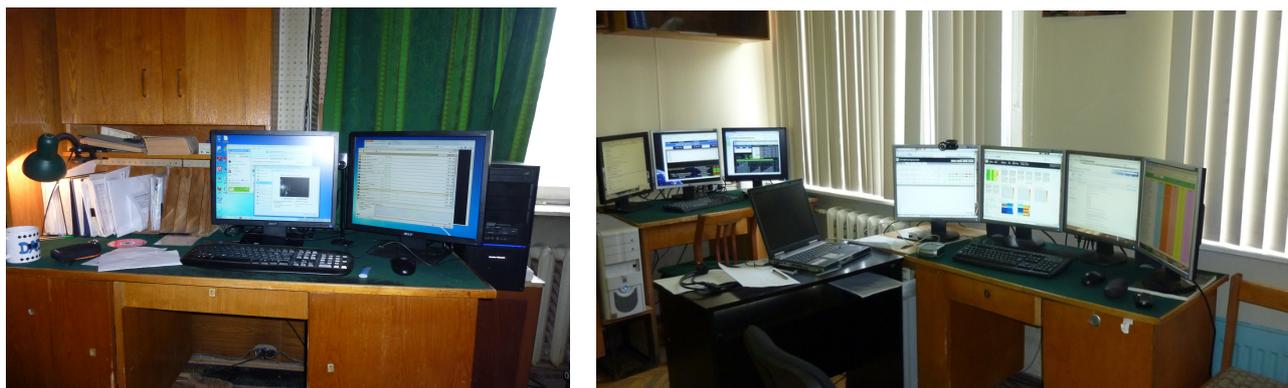


Рисунок 1. Созданный в НИИЯФ МГУ прототип удалённого операционного центра эксперимента CMS (2010- 2011 гг.)

Разработанная для этого центра в НИИЯФ МГУ аппаратура и комплекс специальных программ обеспечивали on-line доступ к внутренней сети CMS (CMS private network) в интерактивном режиме. Специализированное программное обеспечение было передано для аналогичного использования в ОИЯИ и Fermilab. С октября 2010 г. центр использовался для контроля работы адронного калориметра HCAL установки CMS в рамках удалённых (HCAL remote) дежурств.

В 2014-2016 гг. в рамках Программы развития МГУ в НИИЯФ МГУ был организован полномасштабный Удалённый операционный центр – Remote Operation Center (ROC-MSU), Проект учитывал планируемую модернизацию базовых компонентов эксперимента CMS [6], изменение технических условий и программного обеспечения [7] в связи с увеличением энергии и светимости коллайдера, а также перспективу подключения центра к экспериментам ATLAS и LHCb. Расширение функциональных возможностей центра потребовало увеличения количества операционных постов, их работы в мульти-мониторном режиме с отображением расширенного набора контролируемых параметров, оптимизации компьютерной инфраструктуры для разработки и тестирования программного обеспечения, а также создания специализированного видео- и аудио-конференционного комплекса для обеспечения многоточечной интернет-связи с возможностью компактной FullHD/UltraHD визуализации технических графических материалов.

В настоящее время ROC-MSU состоит из операционного комплекса (операционные посты А, В, С и пост связи) и теле-коммуникационного комплекса. Центр имеет интерактивный доступ к информационной сети эксперимента CMS (CMS private network), оперативную связь с центральным диспетчерским пунктом эксперимента CMS Centre Meyrin, с техническим персоналом МГУ в ЦЕРНе, и с другими научными центрами-участниками эксперимента

3. Операционный комплекс.

Три поста операционного комплекса (А, В и С) оснащены каждый панорамными мульти-мониторными панелями (2x4 монитора, с общим разрешением 2100x6720), а также демонстрационными 50“ UltraHD (2160x3840) мониторами. Конфигурация операционного поста показана на рис.2, а перечень основных элементов операционного комплекса представлен в таблице 1.

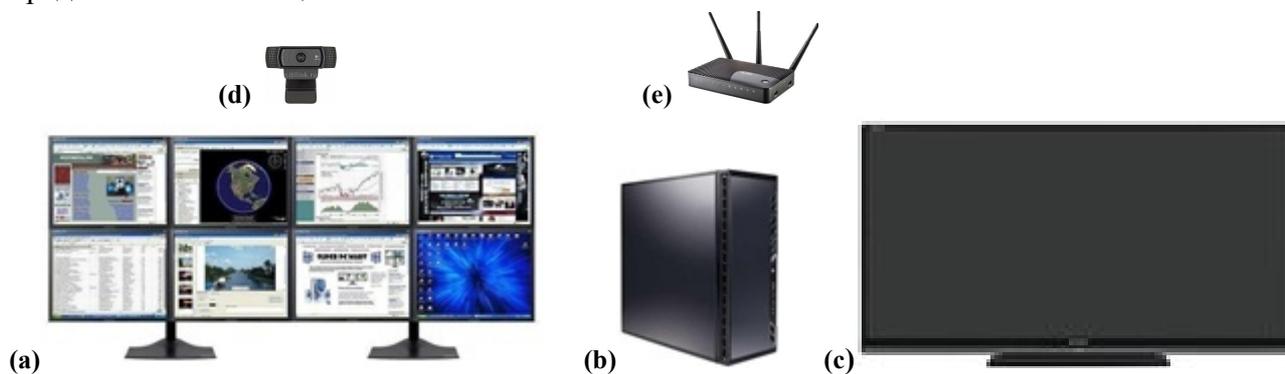


Рисунок 3. Конфигурация операционного поста: а) панорамная панель 2x4 монитора, б) системный блок с поддержкой 8 мониторов, с) демонстрационный монитор. Показаны также web-камера (d) и wi-fi точка доступа (e) поста связи.

Таблица 1. Основные элементы операционного комплекса.

Назначение	Конфигурация
Операционный пост (3 комплекта)	Операционные мониторы: 22", 16:10, разрешение 1680x1050. (8 шт.), панорамное крепление 2x4.(VESA 100x100) Демонстрационный монитор: 50", 16:9, разрешение 3840x2160 (1 шт.)
Пост связи	Мониторы 23" 16:9, 1920x1080. (2 шт.) Web-камера с микрофоном
Беспроводная точка доступа	150 мб/с, встроенный DHCP сервер



Рисунок 3. Операционные посты С и А.



Рисунок 4. Операционные посты В и С.



Рисунок 5. Пост связи операционного комплекса.

4. Теле-коммуникационный комплекс

Аппаратурная конфигурация теле-коммуникационного комплекса: включает в себя профессиональный HDX аудио/видео-терминал с двумя FullHD управляемыми PTZ видеокameraми и системой HDX микрофонов, два демонстрационных UltraHD 85" монитора с разрешением 2160x3840 и пост управления с парой UltraHD 24" мониторов. Комплекс обеспечивает многоточечную интернет-связь с возможностью компактной FullHD (или UltraHD) визуализации технических графических материалов.

Конфигурация видео- и аудио- конференционного комплекса показана на рис.6:

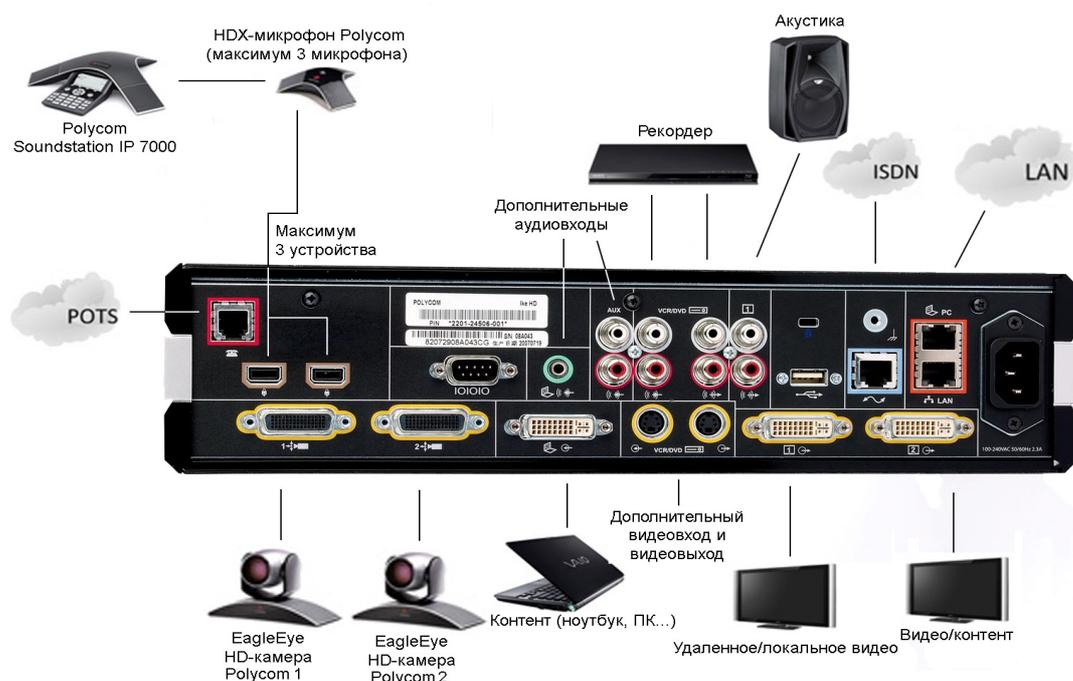


Рисунок 6. Конфигурация телекоммуникационного комплекса.

Параметры телекоммуникационной аппаратуры представлены в таблице 2:

Таблица 2. Технические параметры видео- и аудио- конференционного комплекса

Характеристика	Значение/свойства
Видеостандарты и протоколы	H.264 H.263++ H.261 H.239 / People+Content
Разрешение при передаче видеоизображений участников	720p, 30 кадр./с при скорости передачи от 832 Кбит/с 720p, 60 кадр./с при скорости передачи от 1,2 Мбит/с 1080p, 30 кадр./с при скорости передачи от 1,7 Мбит/с Многоточечное соединение HD в режиме постоянного присутствия
Разрешение при передаче видеоконтента	HD 1080 Вход: WSXGA+ (1680X1050), SXGA (1280x1024), HD (1280x720) XGA (1024 x 768), SVGA (800 x 600), VGA (640 x 480) Выход: 720p (1280x720), 1080 (1920x1080), XGA (1024x768), SVGA
Видеокамеры (2 шт.)	Разрешение HD 1080 (1920x1080)

	10x оптический зум, угол поля обзора (FOV) - 70 град.; диапазон панорамирования ± 100 град. диапазон наклона ± 25 град.
Мониторы (2 шт.)	85", 16:9, разрешение UHD 2160 (3840x2160)
Форматы вывода	SMPTE 274M 1920 x 1080p 30/25 кадр./с SMPTE 292M 1920 x 1080i 50/60 кадр./с
Аудиостандарты и протоколы	<ul style="list-style-type: none"> • Полоса пропускания 14 (22) КГц стандарт G.722.1 • Полоса пропускания 7 КГц, стандарты G.722, G.722.1 • Полоса пропускания 3,4 КГц, стандарты G.711, G.728 • Мгновенное адаптивное эхоподавление
Другие поддерживаемые стандарты	<ul style="list-style-type: none"> • Связь, стандарт H.221 • Управление удаленной камерой, стандарт H.224/H.281 • Управление удаленной камерой, стандарт H.323 Annex Q • H.225, H.245, H.241, H.331 • Двойной поток H.239 • H.231 в многосторонних вызовах
Дополнительные возможности	<ul style="list-style-type: none"> • Обмен контентом/ People+Content • Многоточечное соединение HDX для 4-х площадок

Комплект лицензионного программного обеспечения для показанной на рис.4 конфигурации телекоммуникационного комплекса включает:

- Программную опцию активирования HD 1080P кодека
- Программно-аппаратную опцию People+Content (включая People+Content IP)
- Программную опцию HDX People On Content.
- Программную опцию HDX 6Mbps (повышение скорости до 6 Мб/с)
- Программно-аппаратную опцию HDX MPPlus4 для 4-портового сервера многоточечной HD-видеоконференции



Рисунок 7. Теле-коммуникационный комплекс ROC-MSU.

5. Использование Удалённого операционного центра НИИЯФ МГУ

Технические возможности центра позволяют осуществлять удалённые дежурства различного типа. Выполняемые задачи включают в себя

- мониторинг работы детекторов экспериментальной аппаратуры;
- контроль процесса сбора данных измерений, полученных в ходе экспериментов;
- сертификацию данных для их последующего анализа;
- регистрацию физических явлений и объектов, наблюдаемых в экспериментах;
- контроль статуса системы распределенных вычислений;
- координацию работы разных экспериментальных групп CMS.

Всего к концу 2018 г. на базе ROC-MSU было проведено 440 удалённых дежурств.

В дальнейшем планируется подключение ROC-MSU к экспериментам ATLAS и LHCb на БАК, а также к другим (в том числе планируемым на будущее) крупным экспериментам.

- Кроме собственно научных задач, ROC-MSU используется в учебном процессе в порядке приобщения студентов и аспирантов МГУ к практическому участию в реальном современном эксперименте в области физики высоких энергий (рис. 8).
- Коммуникационные и демонстрационные возможности центра обеспечивают также проведение научных и научно-административных семинаров и рабочих совещаний в режиме многоточечных видеоконференций (рис.9), а также мероприятий по популяризации научных достижений для широкой публики (рис.10).



Рисунок 8.



Рисунок 9.



Рисунок 10. Пресс-релиз по поводу открытия бозона Хиггса.



Литература:

- [1] Lucas Taylor et al., CMS Centres Worldwide – a New Collaborative Infrastructure, 2011 J. Phys.: Conf. Ser. 331 082007 doi:10.1088/1742-6596/331/8/082007
- [2] Badgett, W et al., CMS Web-Based Monitoring, Real Time Conference (RT), 2010 17th IEEE-NPSS, 2010, 1-2 DOI: 10.1109/RTC.2010.5750464
- [3] William Badgett et al 2011 J. Phys.: Conf. Ser. 331 022025 doi:10.1088/1742-6596/331/2/022025
- [4] William Badgett et al 2012 J. Phys.: Conf. Ser. 396 062002 doi:10.1088/1742-6596/396/6/062002
- [5] William Badgett Jr, WBM subsystems-DCS alarm for online data-taking operations
- [6] CMS Collaboration, Technical proposal for the upgrade of the CMS detector through 2020, CERN-LHCC-2011-006 ; CMS-UG-TP-1 ; LHCC-P-004.
- [7] Gerry Bauer et al, The new CMS DAQ system for LHC operation after 2014 (DAQ2), J. Phys.: Conf. Ser. 513 012014 doi:10.1088/1742-6596/513/1/012014