

# Объединение серверов в кластеры

«Кластер — это разновидность параллельной или распределённой системы, которая:

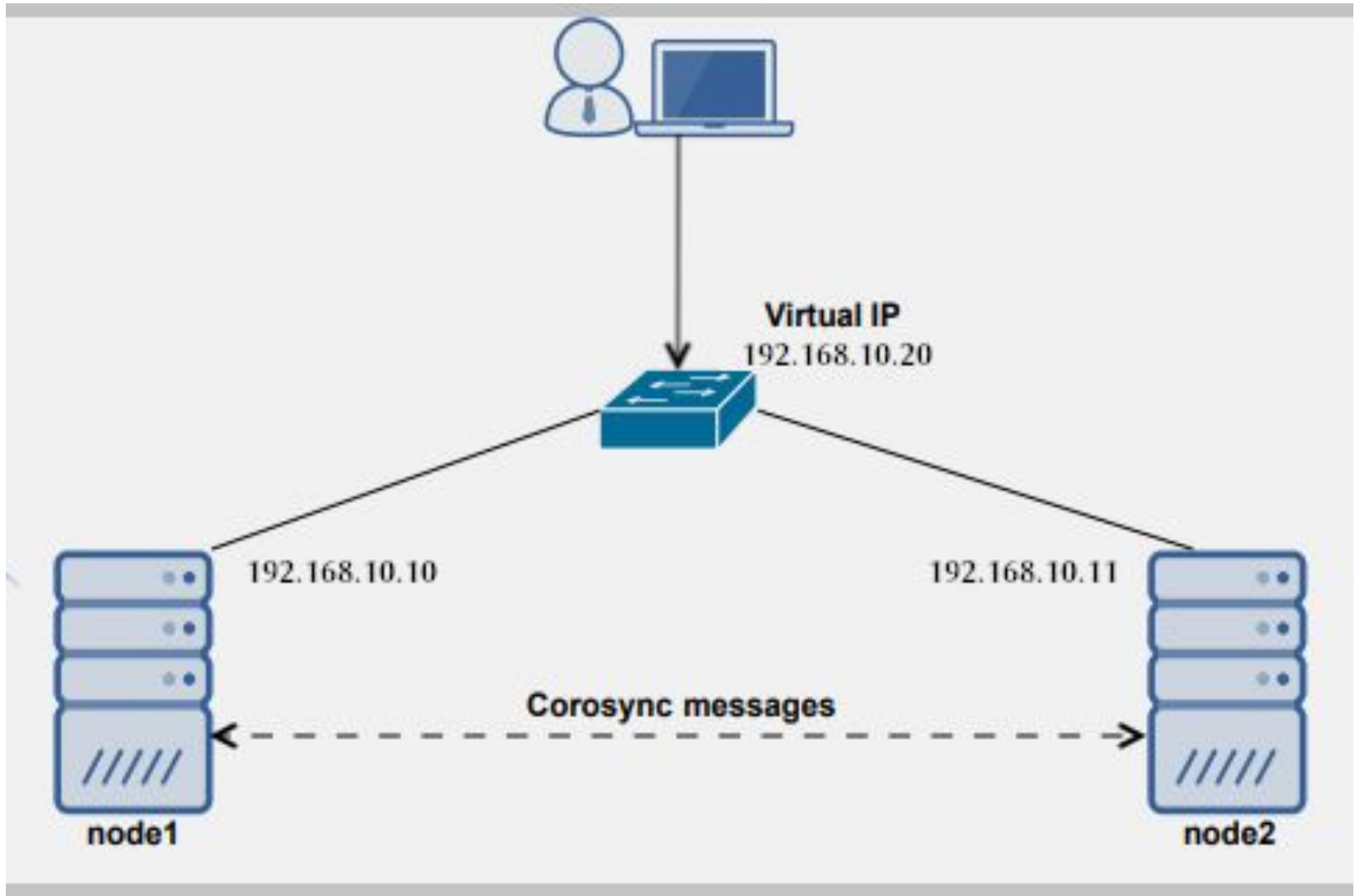
1. состоит из нескольких связанных между собой компьютеров;
2. используется как единый, унифицированный компьютерный ресурс».

Грегори Пфистер

Обычно различают следующие основные виды кластеров:

1. отказоустойчивые кластеры (High-availability clusters, HA, кластеры высокой доступности)
2. кластеры с балансировкой нагрузки (Load balancing clusters)
3. вычислительные кластеры (High performance computing clusters)
4. Грид-вычисления

# High-availability clusters, HA



# Принципы построения отказоустойчивых кластеров и систем:

- С холодным резервом или активный/пассивный.

Например связка DRBD и HeartBeat.

- С горячим резервом или активный/активный.

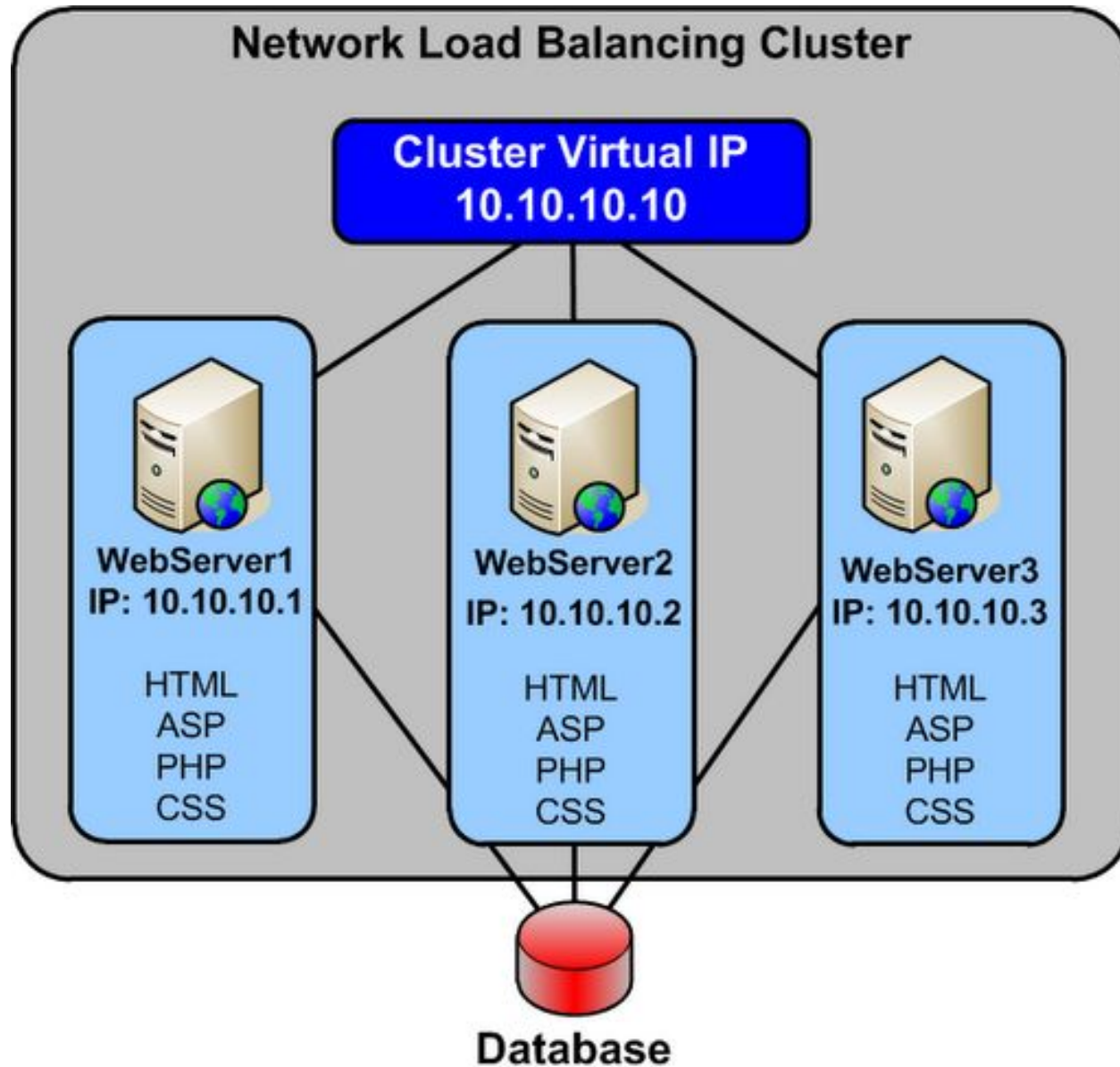
Примеры — практически все кластерные технологии, например, Microsoft Cluster Server. OpenSource проект OpenMosix.

- С модульной избыточностью.

Примеры — RAID и Triple modular redundancy.

Linux-HA поддерживает режим обоюдной поглощающей конфигурации (takeover)

# Network Load Balancing, NLB



# Серверные фермы

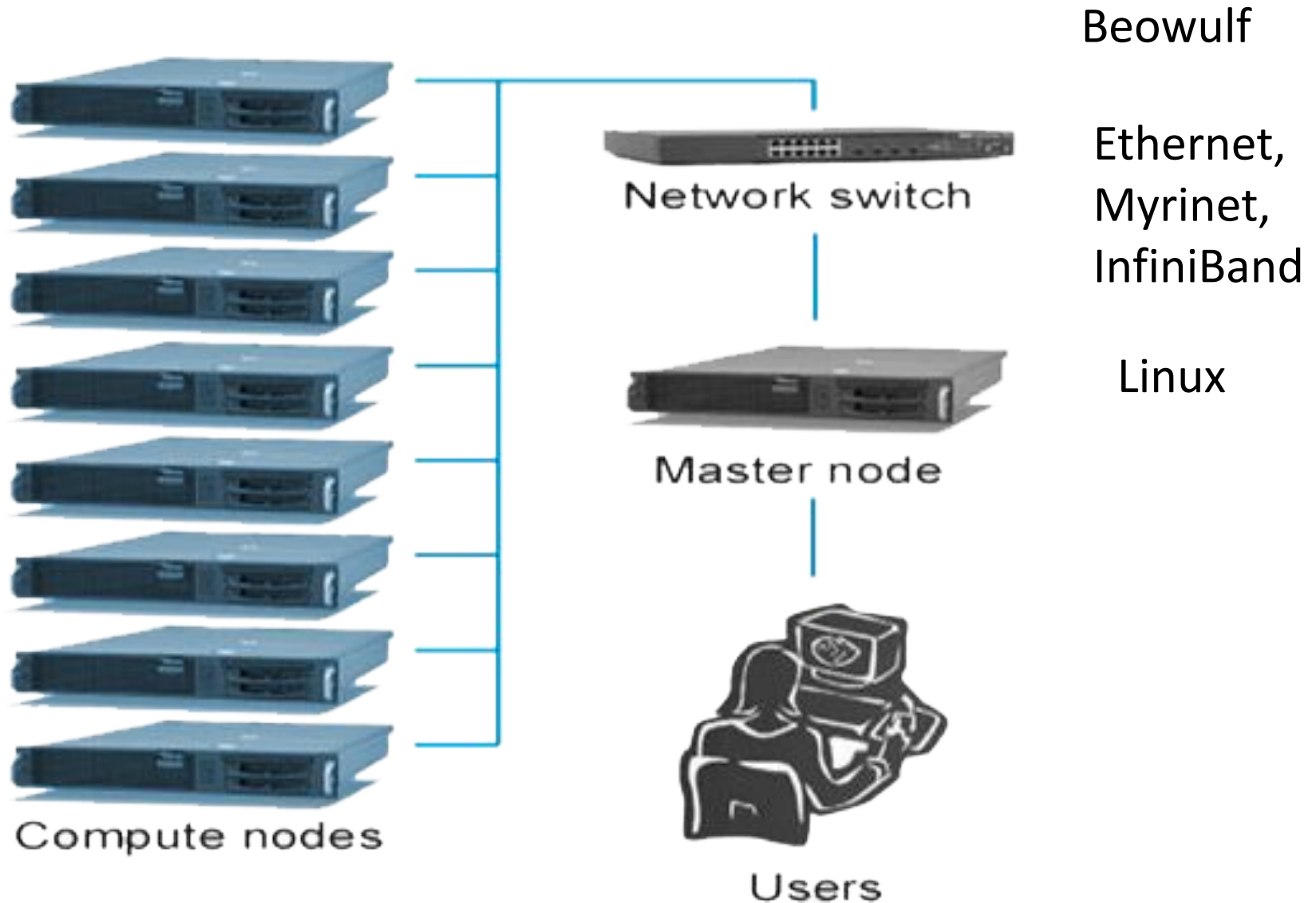
- Коммерческое ПО:

OpenVMS, MOSIX, Platform LSF HPC, Solaris Cluster, Moab Cluster Suite, Maui Cluster Scheduler

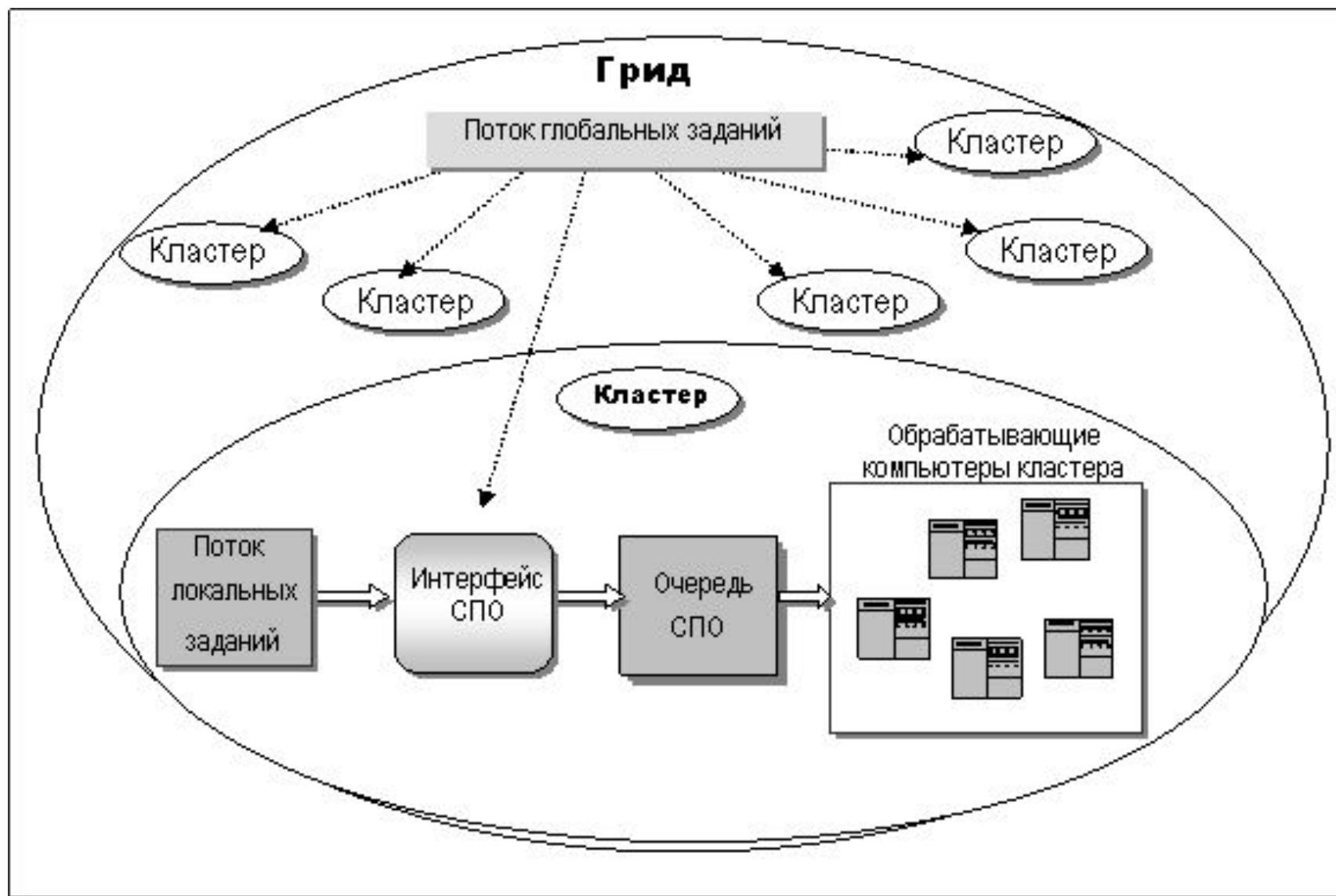
- Бесплатное ПО:

OpenMosix, Sun Grid Engine, Linux Virtual Server

# High-performance computing cluster, HPC Cluster



# Grid





Кластер серверов — группа серверов, объединённых логически, способных обрабатывать идентичные запросы и использующихся как единый ресурс.

Кластеры организуемые программно, требуют:

- наличия специального программного модуля (Cluster Manager), основной функцией которого является поддержание взаимодействия между всеми серверами — членами кластера:
- синхронизации данных между всеми серверами — членами кластера;
- распределение нагрузки (клиентских запросов) между серверами — членами кластера;
- умение клиентского программного обеспечения распознавать сервер, представляющий собой кластер серверов, и соответствующим образом обрабатывать команды от Cluster Manager;

# Примеры программных кластерных решений:

- IBM Lotus Notes
- HP MC/ServiceGuard



**BlueGene/P - 167,3 Терафлопс**

**IBM Roadrunner - 1,026 Петафлопс**



# Stone Soupercomputer (Оак Ридж, Теннесси, США, 1997)



# Преимущества объединения серверов в кластеры :

- стоимость – серверы на базе архитектуры Intel, ставшей отраслевым стандартом, предлагают лучшее соотношение «цена – производительность» по сравнению с серверами на базе архитектуры RISC и мейнфреймами;
- готовность – кластеры не имеют единой «точки выхода из строя», таким образом, поломка любого сервера или его компонента не приведет к прекращению обслуживания конечного пользователя;
- масштабируемость – многие современные кластеры построены на основе стандартных структурных компонентов, рассчитанных на обработку больших объемов данных, что делает наращивание ресурсов по мере необходимости сравнительно простым и экономически эффективным.

# Модели объединения в кластеры:

- «С совместным использованием диска» – все серверы в кластере используют одно устройство (массив) хранения данных.

(Oracle Cache Fusion, Oracle 9i RAC)

- «Без совместного использования» – все серверы абсолютно независимы друг от друга и сами управляют своими периферийными устройствами. В случае сбоя данные перераспределяются на другие серверы.



# Программные средства

- Библиотека MPI, поддерживающая языки C и Fortran (MM5)
- Solaris Cluster (OpenSolaris HA Cluster)
- Среди пользователей GNU/Linux популярны несколько программ:
  - Distcc (GNU Compiler Collection), MPICH и др.
  - Linux Virtual Server, Linux-HA
  - MOSIX, openMosix, Kerrighed, OpenSSI

# Windows HPC Server 2008

- высокоскоростной NetworkDirect RDMA,
- высоко эффективные и масштабируемые инструменты управления кластером,
- сервисно-ориентированная архитектура (SOA) планировщика заданий,
- MPI библиотеки на основе открытого исходного MPICH2
- кластер совместимости на основе стандартов, High Performance Computing Basic Profile (HPCBP).

# Конфигурации кластера:

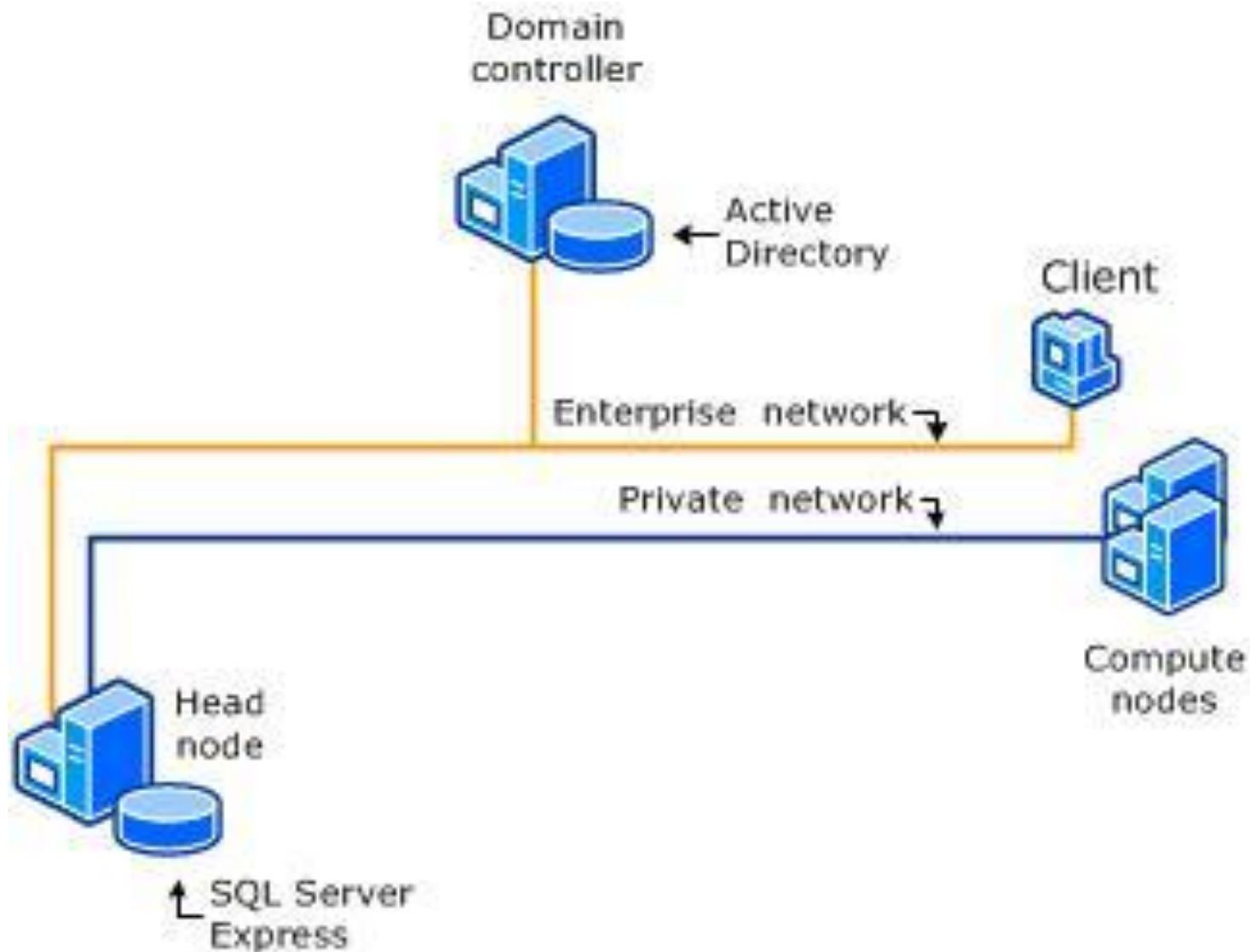
- Малый Windows HPC Cluster Server
- Основной Windows HPC Cluster Server
- Windows HPC Cluster Server, настроенный для SOA приложений
- Windows HPC Cluster Server высокой доступности
- Windows HPC Cluster Server рабочих станций
- Windows HPC Cluster Server с помощью Windows Azure



# Развертывание Windows HPC Server 2008 R2

- Компьютер для главного узла кластера и один или несколько компьютеров для узлов кластера.
- Один или несколько клиентских компьютеров в корпоративной сети, на которых можно развернуть клиентские утилиты для Windows HPC Server 2008 R2 (HPC PowerShell, HPC Cluster Manager и HPC работу менеджером). Эти компоненты отвечают за удаленное управление HPC кластером или возможность работы с клиентскими компьютерами.
- Сетевые коммутаторы, сетевые адаптеры и соединения для узлов кластера. (для Message Passing Interface (MPI) рабочих мест можно использовать InfiniBand сети для сети приложений)
- Существующий домен Active Directory, который вступает в узлы кластера для высокопроизводительных вычислений.
- Один или несколько учетных записей пользователей в домене Active Directory с достаточными правами для развертывания главного узла и добавления узлов к HPC кластеру.

# Малый Windows HPC Cluster Server



## Особенности конфигурации

- Поддержка малого (около 5 узлов) кластера, который может выполнить и протестировать различные HPC рабочие места, в том числе узлы параметрической развертки, Message Passing Interface (MPI), и рабочие места потока задач.
- Полезно для подготовки среды развертывания и проверки правильности концепции развертывания.
- Можно использовать роль вычислительного узла, который установлен и включен на главном узле для дополнительной вычислительной мощности.
- Может обрабатывать небольшие сервис-ориентированной архитектуры (SOA) рабочих мест с Windows Communication Foundation (WCF) брокером в роли узла, который установлен и включен на главном узле (брокер выполняет функцию распределения нагрузки между серверами).
- Можно использовать в сети, но для его работы не требуется обязательного подключения к сетевой инфраструктуре предприятия.
- Добавляет предварительно настроенные вычислительные узлы в частную сеть.

# Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 (если не используется Excel Services для высокопроизводительных вычислений, то можно установить вместо него издание Express).
2. HPC базы данных (Устанавливается с SQL Server 2008 Express Edition на главном узле (по умолчанию))
3. Сетевые адаптеры (2 на главном узле и 1 на каждый вычислительный узел)
4. Конфигурация сети:
  1. Изолированная частная сеть для вычислительных узлов.
  2. DHCP и NAT включена в частной сети (по умолчанию)

# Основные этапы развертывания

## 1. Развертывание главного узла

- Установите Windows Server 2008 R2
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise Edition в выборе опции для создания нового кластера для высокопроизводительных вычислений, создавая главный узел и используя настройки по умолчанию

## 2. Настройка главного узла

- Настройка кластера для высокопроизводительных вычислений сети
- Укажите учетные данные домена для добавления узлов в кластер
- Укажите, как узлы будут названы автоматически
- Создайте шаблон вычислительного узла, выбрав опцию добавления узлов без образа операционной системы
- Запустите набор диагностических тестов, чтобы гарантировать, что вы можете добавить узлы в вашей среде

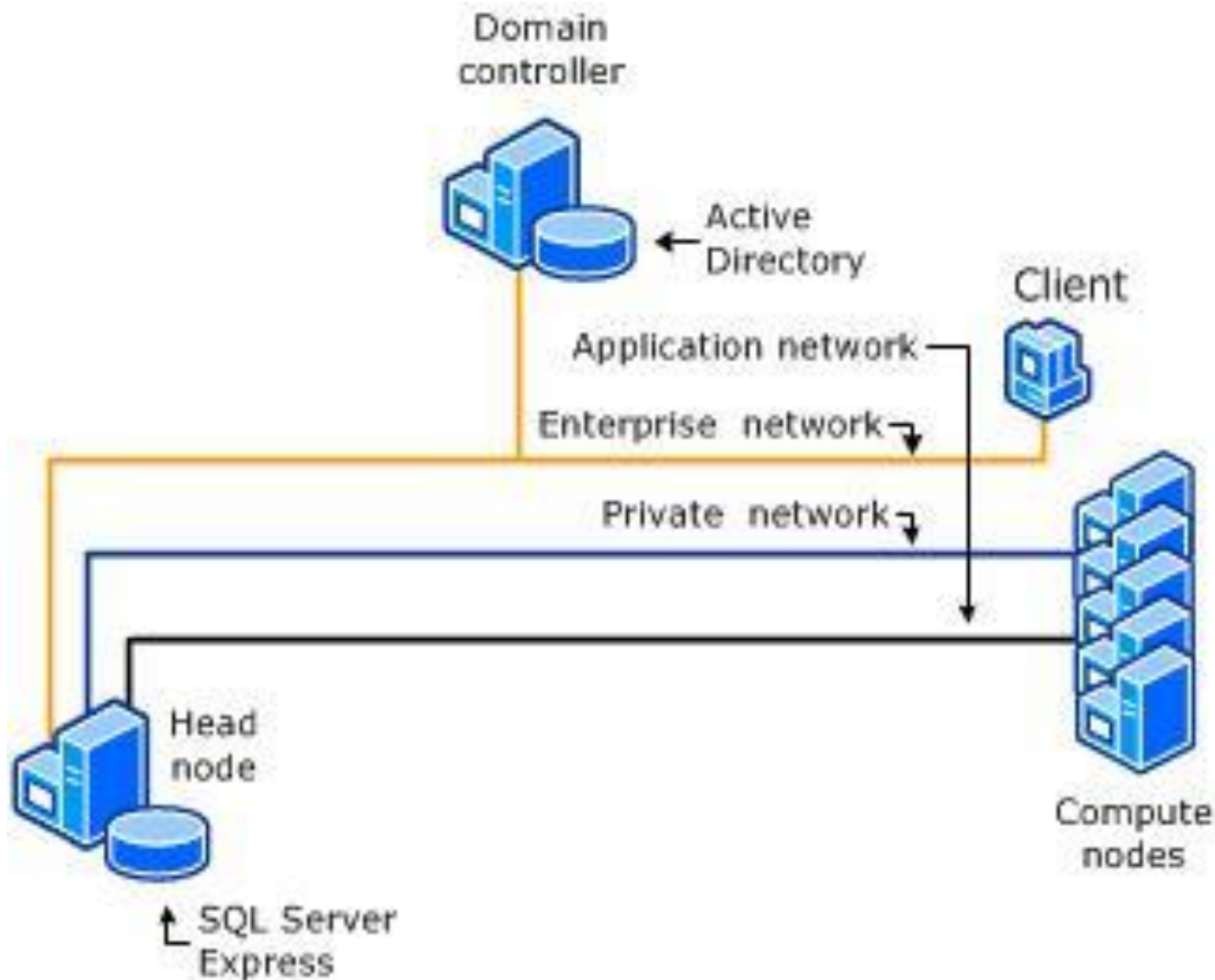
# Основные этапы развертывания

## 3. Предварительная настройка компьютеров вычислительного узла:

- Установите поддерживаемое издание Windows Server 2008 R2 или 64-разрядной версии Windows Server 2008 на каждый компьютер
- Присоединяйте каждый компьютер к домену
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise издание на каждом компьютере, выбрав опцию присоединиться к существующему HPC кластеру, создав новый вычислительный узел можете добавить узлы в вашей среде

## 4. Добавить вычислительные узлы, с помощью шаблона вычислительного узла

# ОСНОВНОЙ Windows HPC Cluster Server



## Особенности конфигурации

- Поддержка среднего размера (до 256 узлов) кластера, который может работать с разнообразными HPC рабочими местами, в том числе с узлами параметрической развертки, Message Passing Interface (MPI), и рабочими местами потока задач.
- Может быть использован для запуска небольших узлов сервис-ориентированной архитектуры (SOA) с узлом брокера WCF, который установлен и включен на главном узле.
- Поддержка кластера с более чем 256 узлами с размещением баз данных на одном или нескольких серверах, работающих под управлением Microsoft SQL Server. Это требует дополнительных действий по настройке.
- Развертывание узлов в кластере с помощью функций Windows HPC Server 2008 R2 для автоматической установки операционной системы и R2 компонентов HPC Pack 2008 на узлы, (назовите их, и присоединить их к домену).
- Поддержка дополнительных вариантов развертывания узла, которые доступны в Windows HPC Server 2008 R2, в зависимости от выбранной топологии сети.



# Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 (если не используется Excel Services для высокопроизводительных вычислений, то можно установить вместо него издание Express).
2. HPC базы данных (Устанавливается с SQL Server 2008 Express Edition на главном узле (по умолчанию))
3. Сетевые адаптеры (3 на главном узле и 2 на каждый вычислительный узел; сетевой адаптер на каждом вычислительном узле, который подключается к частной сети и должен быть настроен на загрузку с предварительной загрузки (PXE))
4. Конфигурация сети:
  - Вычислительные узлы (частные сети и сети приложений)
  - DHCP включен (по умолчанию)
  - NAT отключена (по умолчанию)

# Основные этапы развертывания

## 1. Развертывание главного узла

- Установите Windows Server 2008 R2
- Присоедините компьютер к домену Active Directory
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise Edition в выборе опции для создания нового кластера для высокопроизводительных вычислений, создавая главный узел и используя настройки по умолчанию

## 2. Настройка главного узла

- Настройка кластера для высокопроизводительных вычислений сети
- Укажите учетные данные домена для добавления узлов в кластер
- Укажите, как узлы будут названы автоматически
- Создайте шаблон вычислительного узла, выбрав опцию добавления узлов с образа операционной системы
- Добавьте образы операционной системы, которые будут развернуты с помощью шаблона узла
- Запустите набор диагностических тестов, чтобы гарантировать, что вы можете добавить узлы в вашей среде

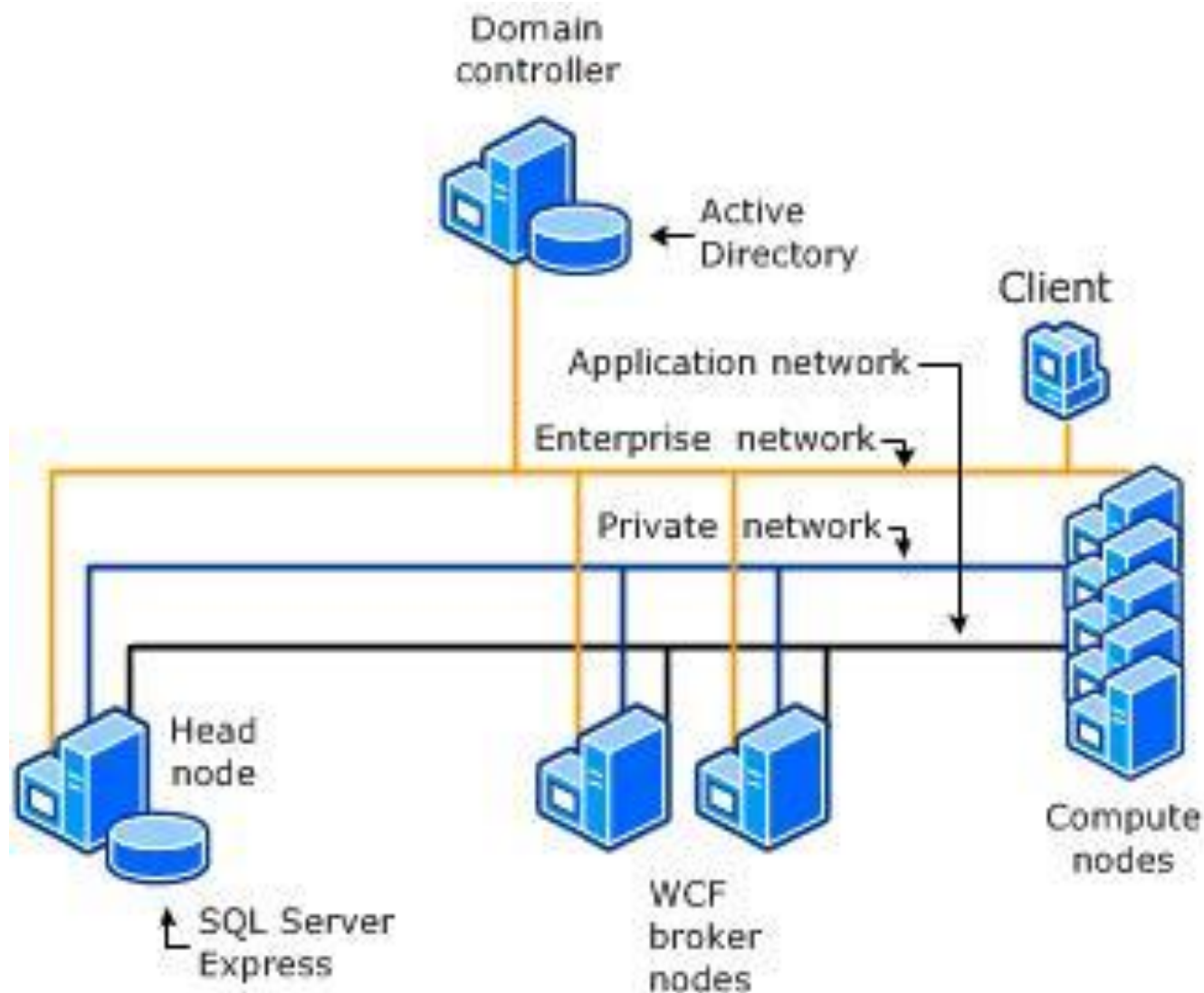
# Основные этапы развертывания

3. (Необязательно) Добавление драйверов в образ операционной системы
4. Добавить вычислительные узлы, с помощью шаблона вычислительного узла

Другой способ развертывания:

- Добавление узлов, на которых уже установлены Windows Server 2008 R2 и HPC Pack 2008 R2
- Использование XML-файла, который определяет атрибуты узлов, которые добавляются к кластеру HPC
- Развертывание узлов с использованием подключения iSCSI к хранилищу данных, подключенного к сети

# Windows HPC Cluster Server, настроенный для SOA приложений



## Особенности конфигурации

- Поддержка среднего размера (до 256 узлов) кластера, который может работать в различных параллельных вычислительных средах, в том числе средах параметрической развертки, Message Passing Interface (MPI), и рабочих местах потока задач, а также в сервис-ориентированной архитектуре (SOA ) и использовать Microsoft Excel для расчета разгрузки рабочих мест.
- Поддержка кластера с более чем 256 узлов с размещением базы данных на одном или нескольких серверах, работающих под управлением Microsoft SQL Server. Это требует дополнительных действий по настройке.
- Поддерживает связи узлов кластера с клиентами SOA, которые находятся на корпоративной сети.
- Развертывание дополнительных брокерских узлов в кластере для обработки SOA рабочих мест.
- Добавление вычислительных узлов в кластере с помощью функций Windows HPC Server 2008 R2 для автоматической установки операционной системы и R2 компоненты HPC Pack 2008 на узлы (назовите их и присоедините их к домену).
- Поддержка дополнительных вариантов развертывания узла, которые доступны в Windows HPC Server 2008 R2, в зависимости от топологии выбранной сети.

# Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 (если не используется Excel Services для высокопроизводительных вычислений, то можно установить вместо него издание Express).
2. HPC базы данных (Устанавливается с SQL Server 2008 Express Edition на главном узле (по умолчанию))
3. Сетевые адаптеры (3 на главном узле, 3 на каждом вычислительном узле и на каждом узле брокере ; сетевой адаптер на каждом вычислительном узле, который подключается к частной сети и должен быть настроен на загрузку с предварительной загрузки (PXE))
4. Конфигурация сети:
  - Вычислительные узлы (частные сети и сети приложений)
  - DHCP включен (по умолчанию)
  - NAT отключена (по умолчанию)

# Основные этапы развертывания

## 1. Развертывание главного узла

- Установите Windows Server 2008 R2
- Присоедините компьютер к домену Active Directory
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise Edition, выбрав опции для создания нового кластера для высокопроизводительных вычислений, создавая главный узел используете настройки по умолчанию

# Основные этапы развертывания

## 2. Настройка главного узла

- Настройка кластера для высокопроизводительных вычислений сети
- Укажите учетные данные домена для добавления узлов в кластер
- Укажите, как узлы будут названы автоматически
- Создайте шаблон вычислительного узла, выбрав опцию добавления узлов с образа операционной системы
- Добавьте образы операционной системы, которые будут развернуты с помощью шаблона узла
- Создание шаблона брокер - узла, выбрав опцию добавления узлов с образа операционной системы
- Запустите набор диагностических тестов, чтобы гарантировать, что вы можете добавить узлы в вашей среде



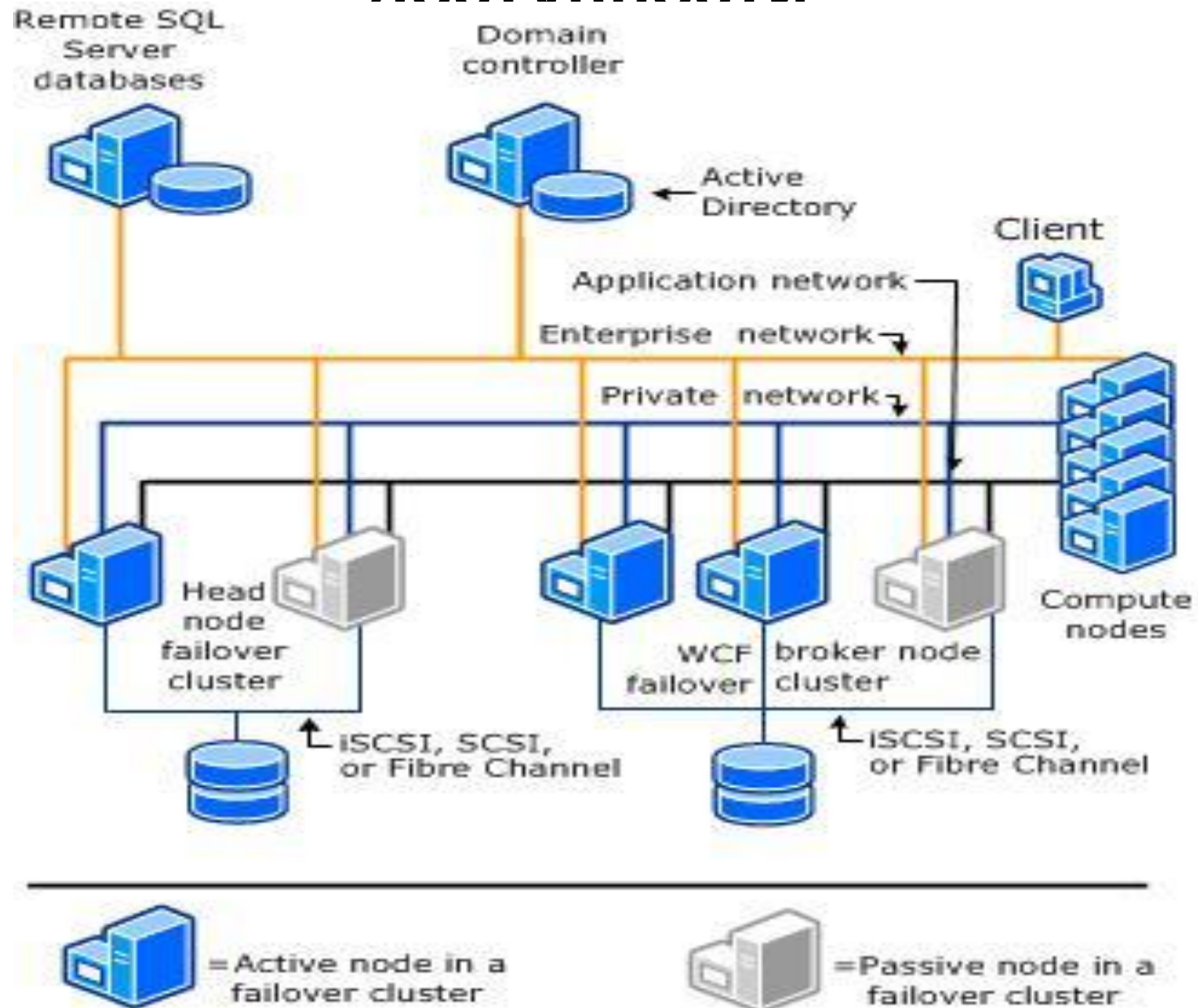
# Основные этапы развертывания

3. (Необязательно) Добавление драйверов в образ операционной системы
4. Развертывание узлов в кластер
  - Добавить вычислительные узлы, с помощью шаблона вычислительного узла
  - Добавить брокерские узлы, используя шаблон брокер - узла
  - (Необязательно) Настройте дополнительные WCF брокерские узлы, если они требуются для обработки заданий SOA

Другой способ развертывания:

- Добавление узлов, на которых уже установлены Windows Server 2008 R2 и HPC Pack 2008 R2
- Использование XML-файла, который определяет атрибуты узлов, которые добавляются к кластеру HPC
- Развертывание узлов с использованием подключения iSCSI к хранилищу данных, подключенному к сети

# Windows HPC Cluster Server ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ



## Особенности конфигурации

- Создает кластер, который может масштабироваться более чем до 1000 узлов и повышает доступность главного узла и WCF брокерских услуг узлов для внеплановых и плановых отключений.
- Развертывание главного узла в контексте предварительно сконфигурированных двух узлов отказоустойчивого кластера.
- Развертывание одного или нескольких WCF брокерских узлов в контексте двух узлов отказоустойчивого кластера.
- Хорошо подходит для выполнения различных параллельных вычислительных работ, в том числе средах параметрической развертки, Message Passing Interface (MPI), и рабочих местах потока задач, а также в сервис-ориентированной архитектуре (SOA ) и использовать Microsoft Excel для расчета разгрузки рабочих мест.
- Развертывание узлов в кластере с помощью функций Windows HPC Server 2008 R2 для автоматической установки операционной системы и R2 компоненты HPC Pack 2008, (назовите их и присоедините их к домену).
- Поддержка дополнительных вариантов развертывания узла, которые доступны в Windows HPC Server 2008 R2, в зависимости от топологии выбранной сети.

# Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 (если не используется Excel Services для высокопроизводительных вычислений, то можно установить вместо него издание Express).
2. HPC базы данных (Установленная на одном или нескольких удаленных SQL Server 2008)
3. Сетевые адаптеры (4 на каждом главном узле и для каждого брокера WCF, 3 на каждом вычислительном узле ; сетевой адаптер на каждом вычислительном узле, который подключается к частной сети и должен быть настроен на загрузку с предварительной загрузки (PXE))
4. Конфигурация сети:
  - Вычислительные узлы (частные сети и сети приложений)
  - Каждый сервер в два узла отказоустойчивого кластера необходимо дополнительно подключить в отдельной сети к общему хранилищу для отказоустойчивого кластера
  - DHCP включен (по умолчанию)
  - NAT отключена (по умолчанию)

## **Основные этапы развертывания**

1. Установите операционную систему на серверах для главных узлов, брокер WCF узлов и удаленных серверов для каждого экземпляра SQL Server (если вы будете устанавливать SQL Server в отказоустойчивый кластер)
2. Настройка общего хранилища для серверов в каждом отказоустойчивом кластере
3. Настройка отказоустойчивой кластеризации применительно к файлам на серверах для главного узла
4. Установите HPC Pack 2008 R2 на первом сервере, который будет выполнять услуги главного узла
5. Настройка главного узла на первом сервере
6. Установите HPC Pack 2008 R2 и настройте главный узел на втором сервере, который будет выполнять услуги главного узла

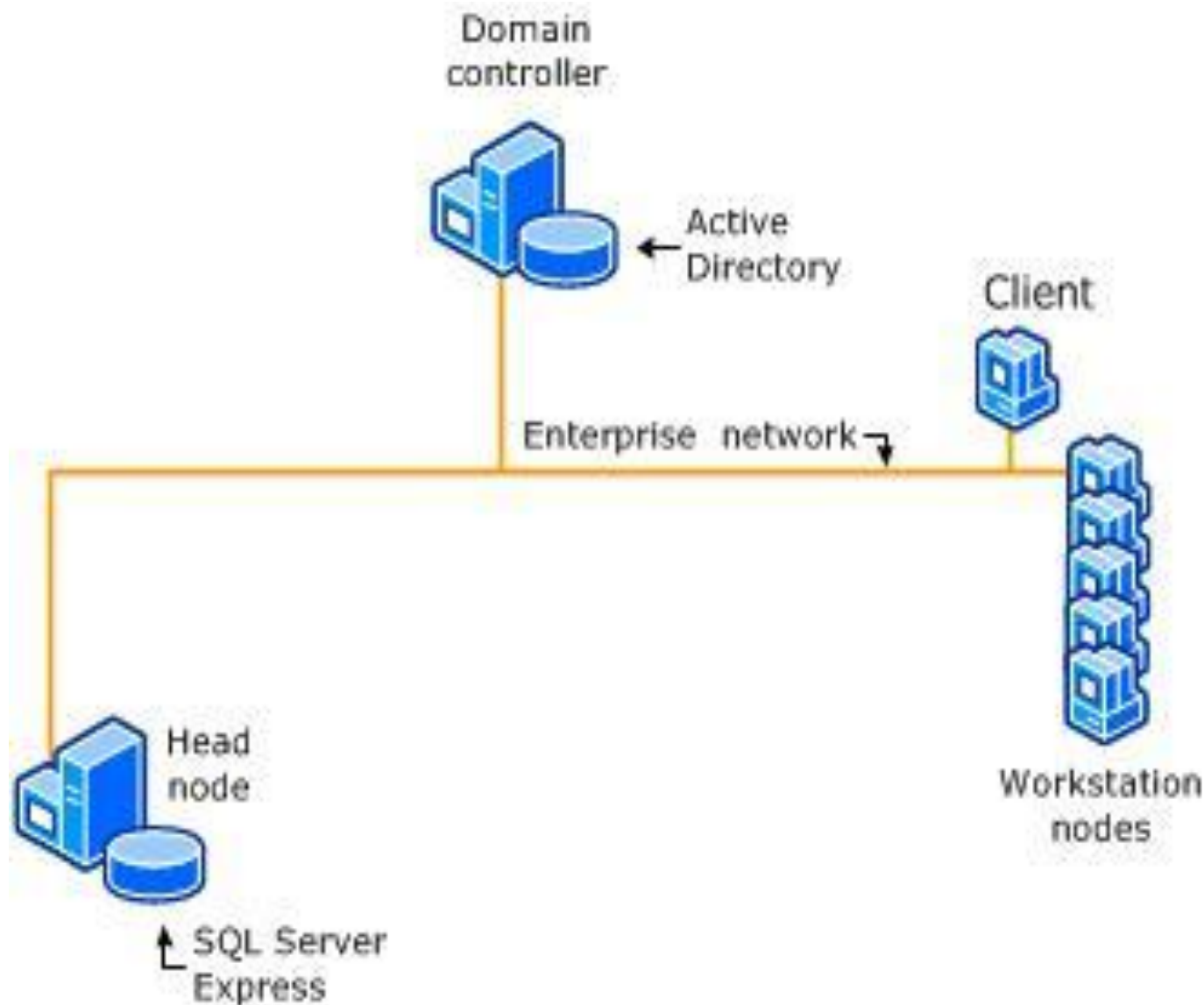
## Пример развертывания

7. Установите HPC Pack 2008 R2 на брокерских WCF узлах, а затем добавьте брокерские узлы в HPC кластер
8. Настройка общего хранилища для брокерских WCF узлов
9. Создать отказоустойчивые кластеры, используя брокерские узлы
10. Добавить образы операционной системы, которые будут развернуты в узлах
11. (Необязательно) Добавление драйверов в образ операционной системы
12. Создание шаблона вычислительного узла с помощью опции добавления узлов с образа операционной системы
13. Добавить вычислительные узлы, с помощью шаблона вычислительного узла

## Другой пример развертывания

- Добавление узлов, на которых уже установлены Windows Server 2008 R2 и HPC Pack 2008 R2
- Использование XML-файла, который определяет атрибуты узлов, которые добавляются к кластеру HPC
- Развертывание узлов с использованием подключения iSCSI к хранилищу данных, подключенному к сети

# Windows HPC Cluster Server рабочих станций





## Особенности конфигурации

- Создает HPC кластер, который составлен из домена Windows® 7 рабочих станций. Узлы рабочих станций не должны быть выделены как отдельные кластер-компьютеры, и могут быть использованы для выполнения других задач.
- Используется для Windows 7 рабочих станций, доступных для кластеров высокопроизводительных вычислений для выполнения заданий в соответствии с имеющейся действующей политикой, или вручную.
- Может использовать разнообразные HPC рабочие места, но идеально подходит для коротких работ, которые могут быть прерваны и которые не требуют междоузлия связи.
- Может быть адаптирован для включения локальных узлов в дополнение к узлам рабочих станций (Базовый локальный HPC кластер).
- Может поддерживать большое количество узлов с размещением баз данных на одном или нескольких серверах, работающих под управлением Microsoft SQL Server. Это требует дополнительных действий по настройке.

## Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 (Для использования узлов рабочих станций, необходимо установить HPC Pack 2008 R2 Enterprise на главном узле и на каждом узле рабочей станции).
2. HPC базы данных (Устанавливается с SQL Server 2008 Express Edition на главном узле (по умолчанию))
3. Сетевые адаптеры (1 на главном узле, 1 на каждой рабочей станции)
4. Конфигурация сети:
  - только для узлов корпоративной сети

# Основные этапы развертывания

## 1. Развертывание главного узла

- Установите Windows Server 2008 R2
- Присоедините компьютер к домену Active Directory
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise Edition, выбрав опции для создания нового кластера для высокопроизводительных вычислений, создавая главный узел используете настройки по умолчанию

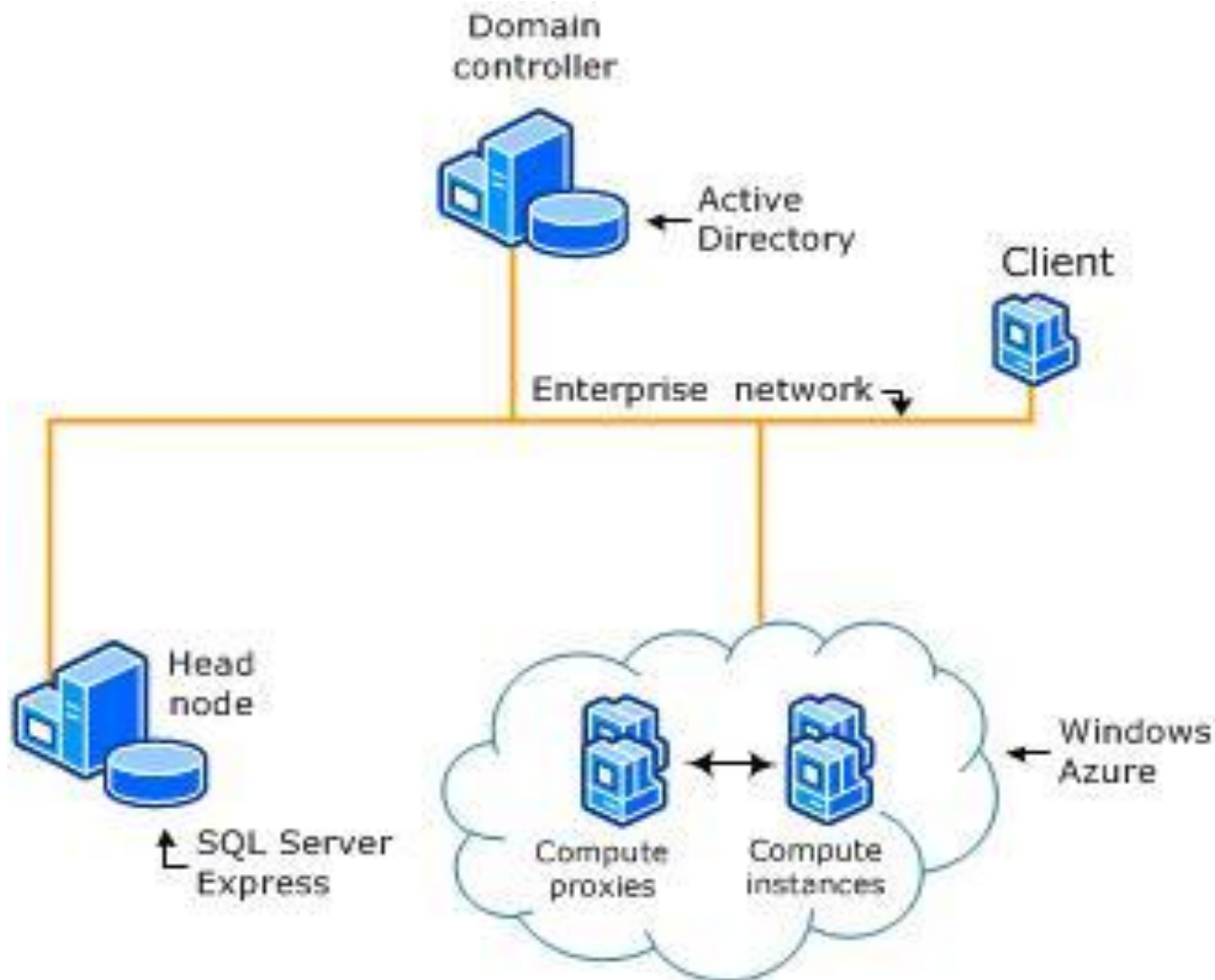
## 2. Настройка главного узла

- Настройка кластера для высокопроизводительных вычислений сети с топологией 5
- Укажите учетные данные домена для добавления узлов в кластер
- Укажите, как узлы будут названы автоматически
- Создайте шаблон рабочей станции узла, который будет использоваться для определения наличия политик для узлов рабочих станций, которые добавляются к кластеру HPC
- Запустите набор диагностических тестов, чтобы гарантировать, что вы можете добавить узлы в рабочую среду

# Основные этапы развертывания

3. Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise на каждом Windows 7 компьютере, который будет использоваться в качестве узла рабочей станции, выбрав опцию присоединиться к существующему HPC кластеру, создав новый узел рабочей станции
2. Настройка главного узла
  - Администратор рабочих станций может использовать любой из множества методов развертывания для установки HPC Pack 2008 R2 на рабочих станциях.
4. Назначьте шаблон узла, чтобы добавить узлы рабочих станций в кластер

# Windows HPC Cluster Server с помощью Windows Azure



# Особенности конфигурации

- Создает HPC кластер, который использует минимум локальной инфраструктуры, а также добавляет или удаляет узлы Windows Azure в облаке по мере необходимости, чтобы изменить пропускную способность кластера.
- Делает доступной вычислительные ресурсы Windows Azure в соответствии с основанной на времени политикой доступности, или вручную.
- Могут использоваться для разнообразных параллельных заданий, но идеально подходит для небольших рабочих мест сервис-ориентированной архитектуры (SOA), которые не обрабатывают большие объемы данных.
- Требуется подписка Windows Azure, в которой предварительно настроены веб-сервис и учетная запись хранилища.
- Может быть адаптирован для включения вычислительных узлов в дополнение к Windows Azure рабочим узлам.
- Может поддерживать большое количество узлов, в зависимости от вашей подписки Windows Azure и локальной конфигурации, но при этом учтите вопрос о размещении баз данных на одном или нескольких серверах, работающих под управлением Microsoft SQL Server. Это требует дополнительных действий по настройке.

# Пример развертывания

1. HPC Pack 2008 R2 Express .
2. HPC базы данных (Устанавливается с SQL Server 2008 Express Edition на главном узле (по умолчанию))
3. Сетевые адаптеры (1 на главном узле)
4. Конфигурация сети:
  - только для узлов корпоративной сети
  - подключение к Интернету для главного узла
  - TCP порты, открытые на внешнем брандмауэре: 80, 443, 5901, 5902, 7998, 7999

# Основные этапы развертывания

## 1. Развертывание главного узла

- Установите Windows Server 2008 R2
- Присоедините компьютер к домену Active Directory
- Установите HPC Pack 2008 R2 Enterprise Edition, выбрав опции для создания нового кластера для высокопроизводительных вычислений, создавая главный узел используете настройки по умолчанию

## 2. Настройка главного узла

- Настройка кластера для высокопроизводительных вычислений сети
- Укажите учетные данные домена для добавления узлов в кластер
- Укажите, как узлы будут названы автоматически
- Запустите набор диагностических тестов, чтобы гарантировать, что вы можете добавить узлы в вашей среде



# Основные этапы развертывания

3. Подготовка к развертыванию рабочих узлов Windows Azure
  - Настройте сертификат Management в подписке Windows Azure на главном узле
  - Введите информацию о вашей подписки Windows Azure для того, чтобы соединение с Windows HPC Server 2008 R2 кластером
  - Настройка прокси-клиента (по желанию)
4. Создание шаблона рабочего узла Windows Azure для определения доступности политики узлов
5. Добавить рабочие узлы Windows Azure в кластер и настроить их роль в Windows Azure именно как роль рабочих узлов

# Замечания

- Перед использованием рабочих узлов Windows Azure, рассмотрите вопрос о политике и других ограничениях для хранения или обработки конфиденциальных данных в облаке.
- Производительность рабочих узлов Windows Azure может быть меньше, чем вычислительных узлов.
- Рабочие узлы Windows Azure не могут получить доступ к локальным узлам или к общим файловым ресурсам напрямую.