

Идея «вычислений на базе облаков» родилась в 1960 году, когда профессор МТИ Д. Маккарти предположил, что когда-нибудь компьютерные вычисления будут производиться с помощью «общенародных утилит». Средством обеспечения необходимой вычислительной мощности стало появление в 1964 году мейнфреймов универсальной системы IBM System/360, на разработку которой корпорация IBM затратила 5 млрд долларов.

Мейнфрейм — это главный компьютер вычислительного центра с большой емкостью внутренней и внешней памяти. Он предназначен для задач, требующих сложных вычислительных операций. Сам термин «мейнфрейм» происходит от названия конструктивных процессорных стоек этой системы. В 1960-х — начале 1980-х годов System/360 была безоговорочным лидером на рынке.

Однако в связи с резким распространением персональных компьютеров начался кризис рынка мейнфреймов. Многие аналитики заговорили о полном вымирании мейнфреймов, о переходе от централизованной к распределенной обработке данных. Специалисты стали воспринимать мейнфреймы как вчерашний день компьютерной техники.

С 1994 года вновь начался рост интереса к мейнфреймам. Суть в том, что, как показала практика, централизованная обработка на основе мейнфреймов решает многие задачи для корпоративных информационных систем проще и дешевле, чем распределенная обработка. Многие из идей, заложенных в облачные технологии, также возвращают нас к эпохе мейнфреймов, разумеется, с поправкой на новые аппаратные возможности.

В процессе развития компьютерных средств всегда существовал класс задач, требующих высокой концентрации вычислительных возможностей. К ним можно отнести сложные ресурсоемкие вычисления (научные задачи, математическое моделирование), а также задачи по обслуживанию большого числа пользователей (распределенные базы данных, веб-сервисы и т. д.).

В последнем десятилетии разработчики аппаратуры достигли разумного компромисса характеристик процессора, при котором его высокое быстродействие сочетается с низкой стоимостью. Дальнейшее наращивание производительности процессора требует применения дорогих и сложных методов охлаждения аппаратуры. Оказалось, что для увеличения мощности вычислительного центра целесообразно увеличить количество отдельных вычислительных модулей, а не их производительность. Это привело к созданию многопроцессорных (8–16 процессоров), а позднее и многоядерных (8–16 ядер) вычислительных систем. Увеличивается количество слотов для подключения модулей оперативной памяти, а также их емкость и скорость.

Увеличение числа вычислительных модулей в вычислительном центре потребовало новых подходов к размещению серверов¹, а также привело к росту затрат на помещения для центров обработки данных, их электропитание, охлаждение и обслуживание.

¹ Сервер — это высокопроизводительный компьютер, который работает как узел компьютерной сети и предоставляет программные услуги другим, клиентским компьютерам сети.

Для решения этих проблем были созданы модульные серверы XXI века — blade-серверы, называемые серверами-лезвиями (blade — это лезвие). Их преимущества описывают с помощью правила «1234»: по сравнению с обычными серверами при сравнимой производительности blade-серверы занимают в два раза меньше места, потребляют в три раза меньше энергии и обходятся в четыре раза дешевле.

Blade-модуль является модульной одноплатной компьютерной системой, включающей процессор и память. Лезвия вставляются в специальное шасси с объединительной панелью, обеспечивающей им подключение к сети и подачу электропитания. Это шасси с лезвиями считается blade-системой. Оно выполнено в конструктиве для установки в стандартную 48-сантиметровую стойку и занимает в ней 3–10 монтажных единиц. За счет общего использования источников питания, сетевых карт и жестких дисков blade-серверы обеспечивают высокую плотность размещения оборудования в стойке. Технология blade-систем заимствует некоторые черты мейнфреймов. В настоящее время лидером в производстве blade-систем являются компании Hewlett-Packard, IBM, Dell, Fujitsu Siemens Computers, Sun.

Процессорные стойки размещаются в центрах обработки данных (ЦОД). Центр *консолидирует*, то есть объединяет процессорные стойки и стойки централизованной системы хранения данных. Например, крупные ЦОД включают в себя до 9000 стоек и располагаются на площадях свыше 20 000 м².

Центры обработки данных, иногда называемые data-центрами, специализируются на размещении компьютерных устройств, предназначенных для хранения, обработки информации, а также на предоставлении клиентам каналов связи для доступа в интернет или передачи данных. Data-центр создает защищенное надежное пространство с благоприятными для работы климатическими условиями, а также гарантированным электропитанием, благодаря которому клиент может всегда получить доступ к своим данным, закрытым для посторонних пользователей.

К основным задачам центра обработки данных относятся:

- хранение и анализ большого количества информации;
- обеспечение безопасности ИТ-систем;
- максимальная доступность данных;
- безотказность систем;
- объединение распределенных систем;
- обеспечение бесперебойной работы.

Все это в конечном итоге ведет к повышению надежности бизнеса.

Традиционными услугами в ЦОД являются: аренда стойки, размещение серверов, подключение к интернету, аренда каналов связи, установка, настройка ПО, администрирование. В облачных приложениях к ним добавились предоставление в аренду вычислительных мощностей, виртуальных серверов, дискового пространства для резервного копирования данных и аренды приложений.

Другой существенной новацией из прошлого, лежащей в основе вычислительных облаков, является виртуализация. Не все знают, что этой новации более 40 лет: первые виртуализация была предложена в мейнфреймах IBM еще в середине 1960-х годов. Однако после поворота компьютерных технологий от дорогих мейнфреймов

в сторону ПК и недорогих серверов, основанных на процессорной архитектуре x86, о виртуализации на долгое время забыли.

Лишь с середины 2000-х годов ситуация стала радикально меняться. До этого времени рынок виртуализации для архитектур x86 фактически находился под монопольным контролем компании VMware. Однако со временем монополию VMware стали подрывать как коммерческие проекты (Parallels, Virtual PC и др.), так и разработки с открытым кодом (QEMU и др.). Под их влиянием в 2005 году VMware сделала настольную версию своего ПО для запуска виртуальных машин бесплатной. В 2006 году Microsoft выпустила бесплатную Windows-версию продукта Microsoft Virtual PC. Эра массового использования технологий виртуализации на компьютерах архитектуры x86 началась.

Согласно статистике, средний уровень загрузки процессорных мощностей у серверов не превышает 10–20 %. Низкая эффективность использования серверов объясняется доминирующим с начала 90-х годов подходом «одно приложение — один сервер», то есть каждый раз для развертывания нового приложения клиент приобретает новый сервер. Очевидно, что на практике это подразумевает быстрое увеличение серверного парка и, как следствие, — возрастание затрат на его администрирование, энергопотребление и охлаждение, а также потребность в дополнительных помещениях для установки все новых серверов и приобретении лицензий на серверную операционную систему.

Виртуализация ресурсов физического сервера позволяет гибко распределять их между приложениями, каждое из которых при этом «видит» только предназначенные ему ресурсы и «считает», что ему выделен отдельный сервер. В данном случае реализуется подход «один сервер — несколько приложений», причем без снижения производительности, доступности и безопасности серверных приложений. Кроме того, решения виртуализации дают возможность запускать в разделах разные операционные системы (с помощью эмуляции их системных вызовов к аппаратуре сервера).

В основе виртуализации лежит возможность одного компьютера выполнять работу нескольких компьютеров благодаря распределению его ресурсов по нескольким средам. С помощью виртуальных серверов и виртуальных пользовательских компьютеров можно разместить несколько операционных систем и несколько приложений в едином местоположении. Следовательно, физические и географические ограничения перестают иметь существенное значение. Помимо энергосбережения, сокращения расходов вследствие повышения эффективности использования аппаратуры, виртуальная инфраструктура повышает уровень доступности ресурсов, а также обеспечивает эффективную систему управления, повышенную безопасность и усовершенствованную систему восстановления в критических ситуациях.

В целом виртуализация означает сокрытие настоящей реализации какого-либо процесса или объекта от истинного его представления пользователю. В результате виртуализации истинная, сложная структура заменяется на упрощенную, которая только кажется пользователю простой. Виртуализация абстрагирует программное обеспечение от аппаратуры.

В компьютерных приложениях виртуализация заключается в абстрагировании вычислительных ресурсов и предоставлении пользователю системы, которая скрывает собственную реализацию. Иначе говоря, пользователь имеет дело с удобным представлением объекта и для него несущественно, как именно объект устроен в действительности.

Сейчас возможность запуска нескольких виртуальных машин на одной физической вызывает большой интерес еще и потому, что виртуализация позволяет экономить деньги.

В настоящее время поставщики технологий виртуализации предлагают надежные и легкоуправляемые платформы, а рынок этих технологий переживает настоящий всплеск. По оценкам экспертов, виртуализация теперь входит в тройку наиболее перспективных компьютерных технологий. Многие эксперты зафиксировали, что в 2015 году около половины всех компьютерных систем стали виртуальными.

Повышенный интерес к технологиям виртуализации вполне объясним. Вычислительная мощь нынешних процессоров быстро растет, а современная мода на многоядерные системы как нельзя лучше питает многочисленные идеи виртуализации, поднимая удобство пользования компьютером на новый качественный уровень. Технологии виртуализации становятся одним из ключевых компонентов как в аппаратных процессорных средствах, так и в операционных системах.

Виртуальной машиной называют программную (реже аппаратную) среду, которая скрывает настоящую реализацию какого-либо процесса или объекта от его видимого представления.

Виртуальная машина является полностью изолированным программным контейнером, который работает с собственной операционной системой и приложениями подобно физическому компьютеру. Виртуальная машина работает словно физический компьютер и содержит собственные виртуальные (то есть программные) ОЗУ, жесткий диск и сетевой адаптер.

Операционная система не может различить виртуальную и физическую машины. То же самое справедливо для приложений и других компьютеров в сети. Даже сама виртуальная машина считает себя «настоящим» компьютером. Но все же виртуальные машины состоят исключительно из программных компонентов и не включают аппаратуру. Отсюда вытекает целый ряд уникальных преимуществ над физической аппаратурой.

Различают следующие разновидности виртуализации:

- **Виртуализация серверов.** Виртуализация серверов подразумевает запуск на одном физическом сервере нескольких виртуальных серверов. И виртуальные машины, и виртуальные серверы представляют собой приложения, запущенные на хостовой операционной системе, которые эмулируют физические устройства сервера. На каждой виртуальной машине устанавливается операционная система, приложения и службы. Типичными программными инструментами считают семейства VmWare (ESX, Server, Workstation) и Microsoft (Hyper-V, Virtual Server, Virtual PC).
- **Виртуализация на уровне ядра операционной системы (ОС).** Здесь одно ядро хостовой ОС применяется для создания независимых, параллельно работающих

операционных сред. Для пользовательского ПО создается лишь собственное сетевое и аппаратное окружение. Подобный вариант реализован в Virtuozzo (для Linux и Windows) и Solaris Containers. В качестве достоинств называют высокую эффективность использования аппаратных средств, низкие накладные технические расходы, простую управляемость, минимизацию затрат на приобретение лицензий. Однако этот подход пригоден только для реализации однородных вычислительных сред.

- **Виртуализация приложений.** Здесь обеспечивается сильная изоляция прикладных программ, при которой виртуальным становится каждый экземпляр приложения, все его основные компоненты: файлы (даже системные), реестр, шрифты, INI-файлы, СОМ-объекты, службы. Приложение работает без традиционной процедуры инсталляции и может запускаться прямо с внешних носителей. К преимуществам относят ускорение развертывания настольных систем и возможность управления ими, сведение к минимуму не только конфликтов между приложениями, но и потребности в тестировании приложений на совместимость. Очевидно, что теперь в рамках одной и той же операционной системы могут одновременно работать несколько несовместимых между собой приложений. Данный вариант виртуализации используется в Sun Java Virtual Machine, Microsoft Application, Thinstall (вошла в состав VMware).
- **Виртуализация представлений (рабочих мест).** Виртуализация представлений реализует эмуляцию интерфейса пользователя. Пользователь видит приложение и работает с ним за своим терминалом, хотя на самом деле приложение выполняется на удаленном сервере, а пользователю показывается только картинка этого приложения.

Первой компанией, в полной мере осознавшей коммерческую перспективу общедоступных механизмов виртуализации, стала Amazon. Дело в том, что до 2006 года виртуализация понималась преимущественно как возможность развернуть нужное количество виртуальных серверов на собственном оборудовании. Теперь же, благодаря появлению системы-облака Amazon Elastic Compute Cloud, привычной стала идея аренды виртуальных серверов на чужом оборудовании. Преимущества такой аренды очевидны: не нужно покупать физическое оборудование, не нужно возиться с его обслуживанием; вместо этого достаточно заплатить кредитной картой и в считанные минуты получить полнофункциональный виртуальный сервер, по своим возможностям практически ничем не уступающий собственному физическому.

Среди других значимых решений, которые послужили прелюдией к современным вычислительным облакам, можно назвать сервисно-ориентированную архитектуру (по сути, она является метамоделью облачной архитектуры), предоставление приложений в режиме услуг (Application Service Provider, ASP), ITIL/ITSM, распределенные масштабируемые вычисления, grid-вычисления, utility computing, программное обеспечение с открытым кодом, Web 2.0 и т. д. Например, в grid-вычислениях компьютеры, на которых работает сетевое приложение (возможно, включая и ваш собственный компьютер), формируют «решетку» (grid). Каждый раз, когда у них есть свободные такты процессора, компьютеры направляют запросы серверам приложения (проект SETI) на получение исходных данных для обработки. Они обрабатывают наборы данных и передают результаты обратно серверам.

Большинство из этих решений материализовали вполне конкретные подходы, в то время как некоторые преимущественно употреблялись в маркетинговых целях (например, ASP).

Широкомасштабное распространение высокоскоростных каналов интернет-связи сделало возможным интенсивный обмен данными с компьютерами, находящимися в «облаке». Созревание технологий Веб 2.0 позволило выполнять сложные веб-приложения непосредственно в окне веб-браузера, а не запускать их на локальном компьютере или в локальной сети. В определенной степени успеху вычислительных облаков содействовало развитие интернет-сервисов, которые предоставляют доступ к своим данным посредством специальных интерфейсов прикладного программирования (API). В самом деле, когда разработчик создает приложение, обслуживающее удаленных пользователей на основе данных из удаленного источника (например, из Facebook), то вполне логично, что и промежуточный этап (обработка данных) также может осуществляться на удаленной облачной площадке. Вычислительные облака вобрали в себя много идей из предшествующих решений, и потому изначально они носят более разносторонний характер: их можно понимать и как инженерную парадигму, и как маркетинговый термин, и как перспективное направление для научных исследований. По сути, в облака вложили все те идеи, которые накапливались в компьютерной индустрии в течение предыдущих двадцати (и более) лет.

Основные понятия облачных технологий

Облако — это то место в Сети, куда обращаются, когда требуется использовать ту или иную компьютерную технологию, и пользуются ею до тех пор, пока она нужна, и ни минутой дольше. Для этого не следует ничего устанавливать на собственном компьютере и не нужно платить за технологию, когда она не применяется. Облако может означать как программное обеспечение, так и инфраструктуру¹. Оно может быть приложением, доступ к которому предоставляется через интернет, или сервером, к которому обращаются лишь в случае необходимости.

Облачные технологии (cloud computing) — это модель предоставления повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу разделяемых *конфигурируемых и масштабируемых вычислительных ресурсов* (сетям, серверам, средствам хранения, приложениям и сервисам и т. д.), которые могут быть быстро предоставлены и освобождены с минимальными усилиями в управлении и необходимостью взаимодействия с поставщиком услуг. Облачная модель описывается следующими основными характеристиками.

1. *Самообслуживание по требованию*. Потребитель может самостоятельно получить доступ к предлагаемым вычислительным ресурсам, причем в необходимом ему объеме, запрашивая ресурсы у поставщика услуг в одностороннем автоматическом режиме, без необходимости взаимодействия с сотрудниками каждого поставщика.

¹ Инфраструктура (лат. infra — «ниже», «под» и structura — «строение», «расположение») — комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы.

2. *Широкий сетевой доступ.* Запрашиваемые сервисы доступны по сети через стандартные механизмы для различных платформ, тонких и толстых клиентов (мобильных телефонов, ноутбуков, планшетов и рабочих станций).
3. *Пул ресурсов.* Конфигурируемые вычислительные ресурсы поставщика организованы в виде единых пулов для обслуживания большого количества пользователей в режиме мультиарендности. Пулы обеспечивают динамические назначения и переназначения различных физических и виртуальных ресурсов согласно потребностям пользователей. Термин *мультиарендность* означает техническое решение, позволяющее нескольким пользователям независимо друг от друга разделять один и тот же ресурс, не нарушая при этом конфиденциальности и защиты принадлежащих им данных. Особое значение имеет независимость размещения ресурсов, при котором заказчик не знает точного физического местоположения предоставляемых ресурсов и не контролирует его, но может определить их расположение на более высоком уровне абстракции (например, страна, регион или центр обработки данных). Примерами ресурсов в пуле являются системы хранения, вычислительные возможности, память, виртуальные машины.
4. *Мгновенная эластичность (масштабируемость) ресурсов.* Ресурсы могут быть эластично выделены и освобождены (в ряде случаев автоматически), то есть обеспечивается быстрое масштабирование в соответствии со спросом. Для потребителя эти ресурсы видятся как неограниченные и могут быть приобретены в любое время и в любом количестве.
5. *Измеряемый сервис.* Облачные системы автоматически контролируют и оптимизируют использование ресурса, измеряя характеристики использования в соответствии со спецификой ресурса (например, емкостью задействованной памяти, сроком хранения, вычислительной мощностью, полосой пропускания и количеством активных учетных записей пользователя). Задействованные ресурсы можно отслеживать и контролировать, обеспечивая прозрачность как для поставщика, так и для потребителя, применяющего сервис.

Если модель предоставления каких-то распределенных и разделяемых вычислительных ресурсов соответствует всем перечисленным характеристикам, то это действительно облачные технологии.

Известны четыре модели развертывания облака:

- публичное облако;
- облако сообщества;
- приватное облако;
- гибридное облако.

В публичном облаке ресурсы общедоступны. Такое облако находится во владении организации, продающей соответствующие облачные услуги любым потребителям.

Облако сообщества используется совместно несколькими организациями и поддерживает ограниченное сообщество, разделяющее некие общие принципы — требования к безопасности, какие-то регламенты и руководящие документы и т. д. Подобное облако управляется самими организациями или некоторой третьей стороной и может существовать как на стороне потребителя, так и на стороне внешнего поставщика.

Приватное облако функционирует целиком в целях обслуживания одной организации, которая является одновременно и потребителем, и поставщиком услуг. В первую очередь здесь снимается один из важных вопросов потребителей — вопрос о защите данных.

В контексте приватного облака важно правильно использовать термины «внутренний» и «облачный». Несмотря на то что приватное облако физически может находиться в помещениях организации, его ресурсы считаются «облачными», словно они доступны в облаке, находящемся на существенном расстоянии от потребителей. Напротив, те ресурсы организации, которые размещаются за пределами приватного облака, рассматриваются как «внутренние» по отношению как к потребителям, так и к облачным ресурсам.

Гибридное облако представляет собой такое формирование облачных технологий, при котором часть системы размещается в публичном облаке, то есть на базе центров обработки данных облачного поставщика, а часть — в приватном облаке, то есть на серверах, принадлежащих самой компании. По сути, гибридное облако не является самостоятельной разновидностью облака, а лишь указывает на тесную интеграцию публичных и приватных облачных систем.

Например, такая интеграция возможна при вынесении системы резервного копирования в публичное облако или, наоборот, — при осуществлении резервного копирования данных из публичного облака на локальные серверы. Другой вариант компоновки гибридного облака предполагает установку приложений на внутренних серверах компании с арендой дополнительных мощностей в облаке стороннего поставщика на случай непредвиденного повышения нагрузки.

Отметим перспективные черты гибридных облаков:

- Гибридная модель позволяет избежать неприятных последствий при глобальной реорганизации компании — те приложения или части систем, которые нельзя выносить в публичное облако в силу законодательных или иных ограничений, останутся во внутренней сети.
- Гибридное облако исключает потерю контроля над важнейшими данными — эти данные останутся во внутренней сети компании. Во внешний мир подобные данные могут передаваться в таком виде, который не создает угроз для утечки конфиденциальной информации.
- Гибридная модель способствует интеграции публичных облачных сервисов от разных поставщиков. Здесь появляется возможность комбинирования разнообразных облачных сервисов, наиболее подходящих в тех или иных специфических ситуациях.

Для расчета выгодности использования вычислительных облаков исследователи из Беркли предложили следующую формулу¹:

$$\text{Использованные Часы Облака} \times (\text{доход} - \text{Стоимость Часа Облака}) > \\ > \text{Использованные Часы ЦОД} \times (\text{доход} - (\text{Стоимость Часа ЦОД} / \text{Средняя Загрузка})).$$

¹ Armbrust, M. et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. Technical Report No. UCB/EECS-2009-28. University of California at Berkeley, 2009. 25 pp.

Левая часть формулы характеризует доходы компании за счет использования облаков (в расчете на заданное количество часов машинного времени). Правая часть формулы описывает доходы компании при использовании собственного центра обработки данных (ЦОД). Существенная разница состоит в том, что при использовании внутреннего ЦОД в расчет следует принимать фактор средней загрузки мощностей. Например, если мощность ЦОД используется только на 10 %¹, то при расчете доходности *Стоимость Часа ЦОД* придется умножить на 10, что существенно снизит уровень доходности этого варианта.

Исследователи из Беркли отмечают, что экономически идеальный вариант, когда параметр *Средняя Загрузка* приближается к единице, на практике недостижим, поскольку подобная ситуация фактически свидетельствует о катастрофической перегрузке мощностей. Поэтому оптимальный уровень загрузки мощностей ЦОД составляет порядка 60–70 %.

Согласно этой формуле, применение публичных облачных сервисов тем выгоднее, чем меньше средний уровень загрузки мощности ЦОД. Если ожидается, что приложение будет сталкиваться с интенсивной нагрузкой нерегулярно (например, интернет-магазин, ориентированный на продажу товаров в сезон праздничных скидок), то привлекательность облаков несомненна.

Выбор в пользу вычислительных облаков также целесообразен в тех ситуациях, когда заранее предсказать среднюю и пиковую загрузку невозможно. Например, в случае, если нагрузка окажется значительно ниже ожидаемой, компании не придется переплачивать за простаивающие мощности, а если она превзойдет ожидания, то добавить недостающие ресурсы в облако существенно проще, чем закупить дополнительное оборудование для установки в собственном ЦОД.

Следовательно, облачные технологии обладают рядом экономических преимуществ по сравнению с традиционной схемой размещения компьютерных систем на собственной территории. Это особенно характерно для тех ситуаций, когда компьютерная нагрузка неравномерна (ежегодная отчетность, праздничные продажи, туры в период летних отпусков) или плохо предсказуема.

По мере повышения спроса на облачные ресурсы экономическая эффективность облаков будет возрастать. Это приведет к снижению цен на облачные ресурсы, а разработчики, усвоив новые подходы к созданию приложений, обеспечат повышение эффективности работы облачных технологий.

Модели предоставления облачных услуг

Модель предоставления облачных услуг обеспечивает определенное, предварительно упакованное сочетание ресурсов, предлагаемых поставщиком облака. Широко известны и формализованы три модели:²

¹ По экспертным данным, средний уровень использования серверных мощностей составляет 18 %, причем для серверов с архитектурой x86 этот показатель понижается до 12 %.

² Erl T. et al. Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture. Prentice Hall, 2014. 534 pp.

- инфраструктура как сервис (Infrastructure-as-a-Service — IaaS);
- платформа как сервис (Platform-as-a-Service — PaaS);
- программное обеспечение как сервис (Software-as-a-Service — SaaS).

Инфраструктура как сервис. Модель IaaS представляет собой автономную среду, состоящую из ресурсов, управление которыми обеспечивается через сервисно-ориентированные интерфейсы и инструменты облака. Среда IaaS включает в себя следующие элементы:

- аппаратные средства (серверы, системы хранения данных, коммуникационное и сетевое оборудование);
- операционные системы и системное ПО (средства виртуализации, автоматизации, основные средства управления ресурсами);
- связующее ПО (например, для управления системами);
- другие «сырые» ИТ-ресурсы.

Ресурсы в IaaS, как правило, представляются в виртуальном виде и упакованы в сборки, которые упрощают предварительное масштабирование и настройку инфраструктуры.

Главной целью среды IaaS является предоставление потребителям облака высокого уровня контроля и ответственности за ее конфигурирование и применение. Ресурсы IaaS, как правило, предварительно не настраиваются, вся административная ответственность возлагается непосредственно на потребителя облака. Эта модель ориентирована на потребителей, нуждающихся в самом широком спектре функций управления для развертывания и реализации произвольного программного обеспечения.

Возможны различные варианты взаимодействия одних IaaS-поставщиков с другими (в целях расширения своих облачных сред). Типы IaaS-ресурсов, предлагаемых различными поставщиками, могут меняться в широком диапазоне. Ресурсы, доступные через среды IaaS, как правило, предлагаются как слегка инициализированные виртуальные экземпляры. Центральным и основным ресурсом в типичной среде IaaS считается виртуальный сервер. Виртуальные серверы арендуются с указанием требований к аппаратному обеспечению сервера, например производительности процессора, емкости памяти и местного дискового пространства, как показано на рис. 16.1, где СПУ — соглашение о предоставлении услуг.

Пользователь IaaS должен оплачивать лишь реально необходимые ему для работы серверное время, дисковое пространство, сетевую пропускную способность и другие ресурсы. IaaS избавляет клиента от необходимости поддержки сложных инфраструктур центров обработки данных, клиентских и сетевых инфраструктур.

Платформа как сервис. Модель PaaS представляет собой предопределенную и «готовую к применению» среду, обычно состоящую из уже развернутых и настроенных ресурсов. Например, PaaS предлагает интегрированную и масштабируемую платформу для разработки, тестирования, развертывания и поддержки пользовательских приложений. Как следствие, разработчику не нужно приобретать аппаратуру и программное обеспечение для отдельных шагов всего жизненного цикла создаваемого продукта. Доступ для разработчика организуется на условиях аренды.