Распределенные вычислительные системы

Организация связи между компонентами

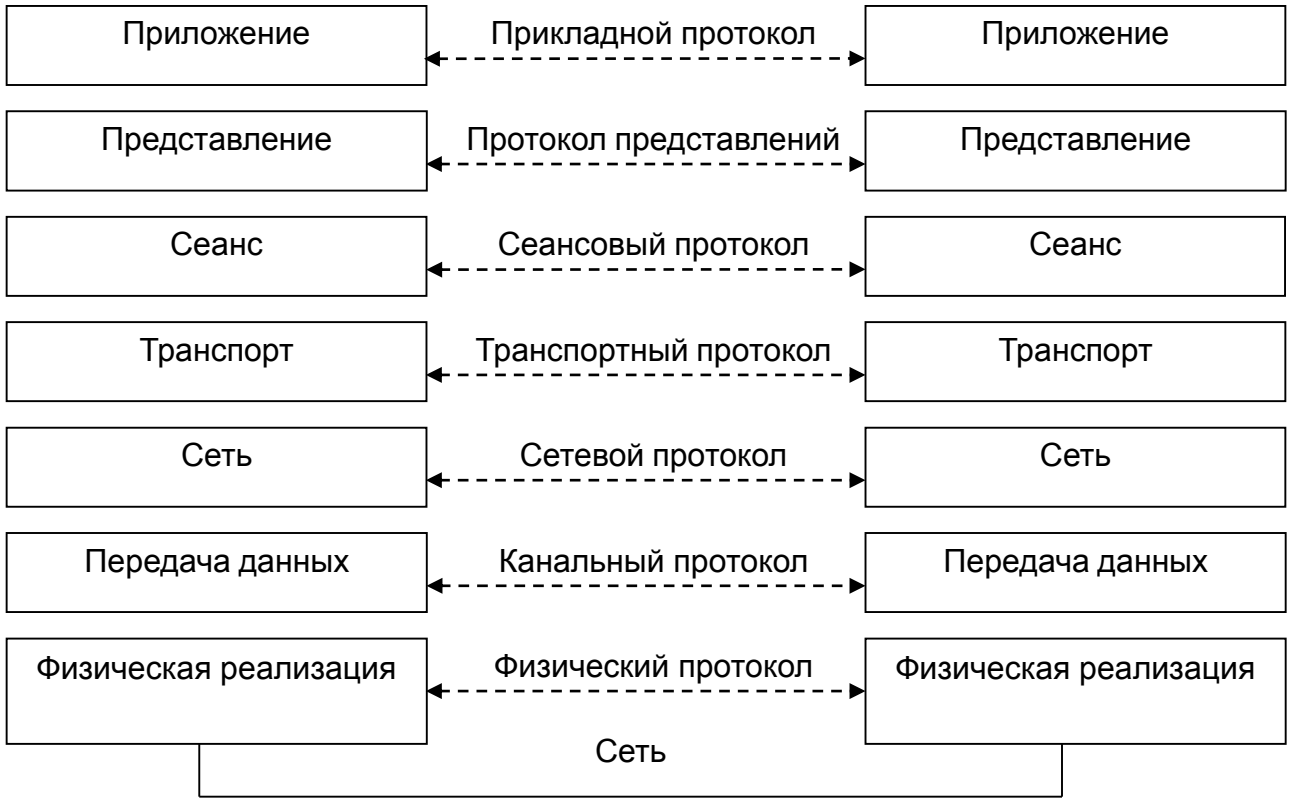
Роль связи в РВС

Протокол

Взаимодействие базируется на протоколах.

Протокол – это набор правил и соглашений, описывающий процедуру взаимодействия между компонентами системы.

Стек протоколов OSI



FTP, SMTP, HTTP

XML, JPEG, ASCII, сжатие

PPTP, SMPP

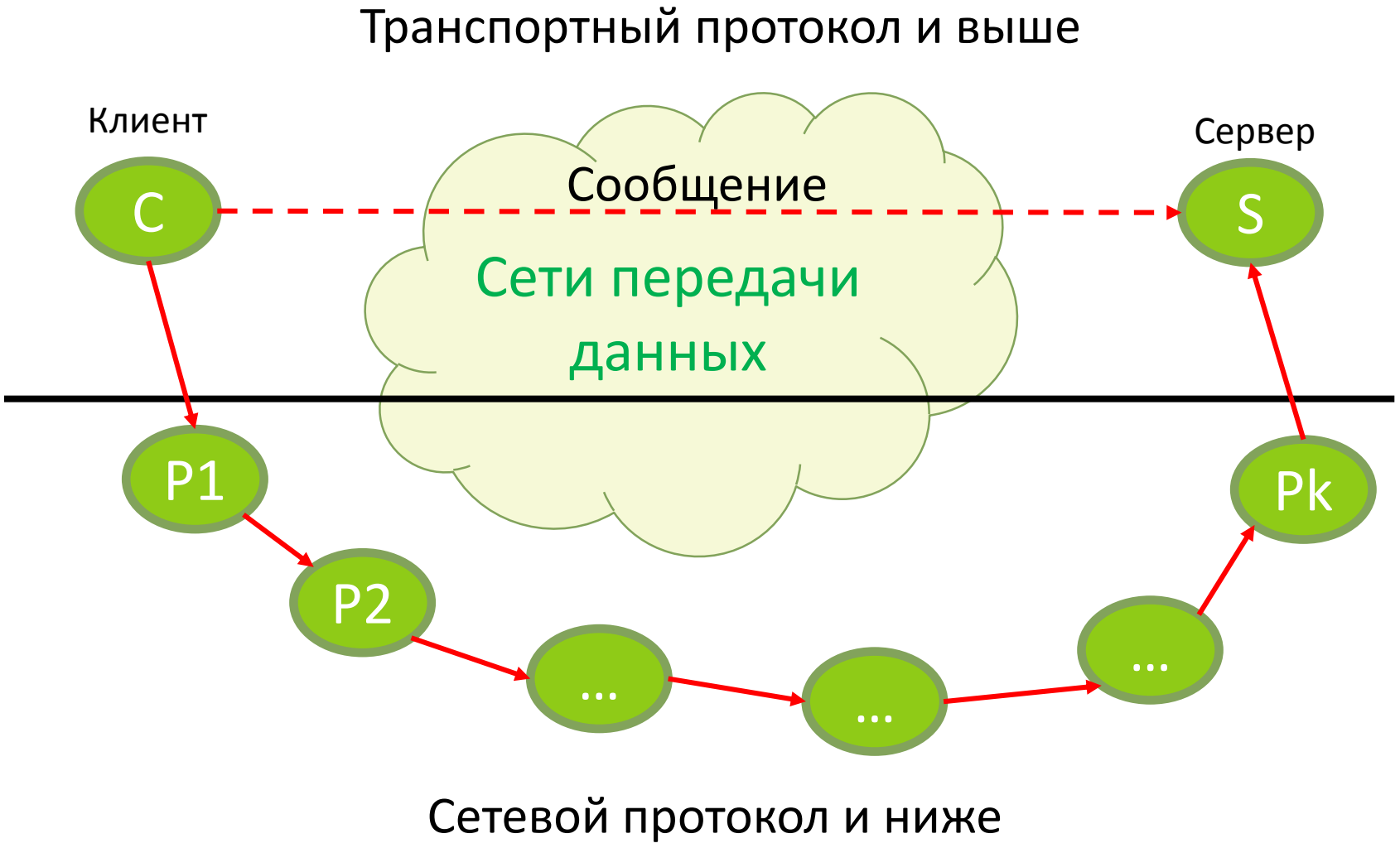
TCP, UDP

IP, IPsec

IEEE 802.11, PPP, PPPoE

Bluetooth, DSL, IRDA

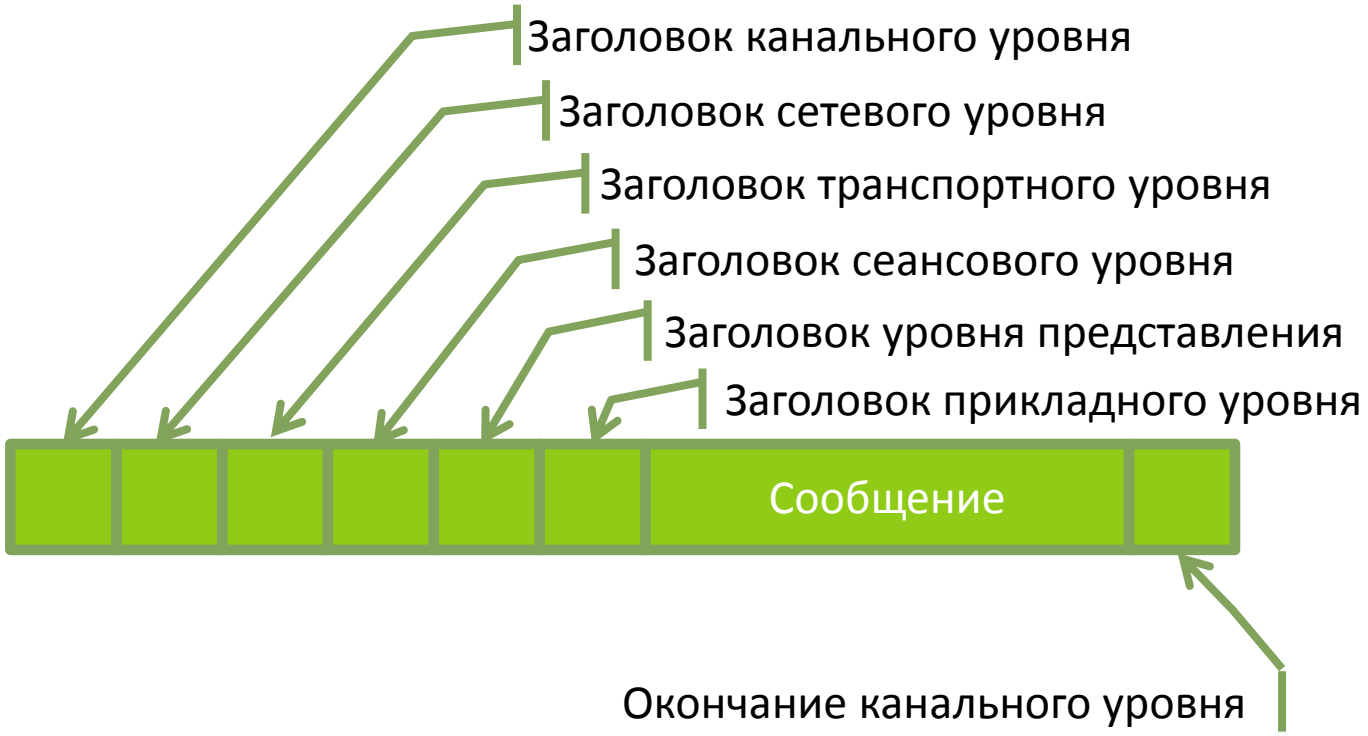
Транспортный и сетевой уровень



Стек протоколов OSI

- *Прикладной (application) протокол*: конкретные потребности пользовательских приложений. Примерами являются электронная почта, доски объявлений, чаты, веб-приложения, службы каталогов и т.д.
- *Протокол представления (presentation)*: решает проблемы совместимости, устраняя синтаксические различия в представлении данных.
- *Сеансовый (session) протокол:* управляет созданием/завершением сеанса, обменом информацией, синхронизацией задач
- *Транспортный (transport) протокол:* обеспечивает сквозное соединение между отправителем и приемником.
- *Сетевой (network) протокол:* обеспечивает межмашинная коммуникацию (связь машина-к-машине), и несет ответственность за маршрутизации сообщений.
- *Канальный (data-link) протокол:* собирает поток битов в фреймы и добавляет управляющие биты для защиты данных от порчи в процессе передачи.
- *Физический (physical) протокол:* определяет, каким образом биты передаются по каналу связи. В электрической связи, определяет уровни напряжения (или частоты), которые будут использоваться для представления 0 или 1.

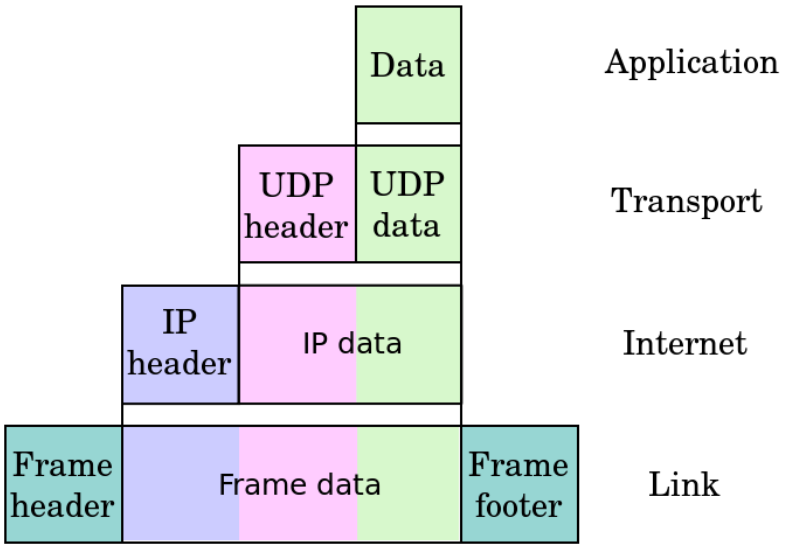
Принцип формирования сообщений



TCP/IP

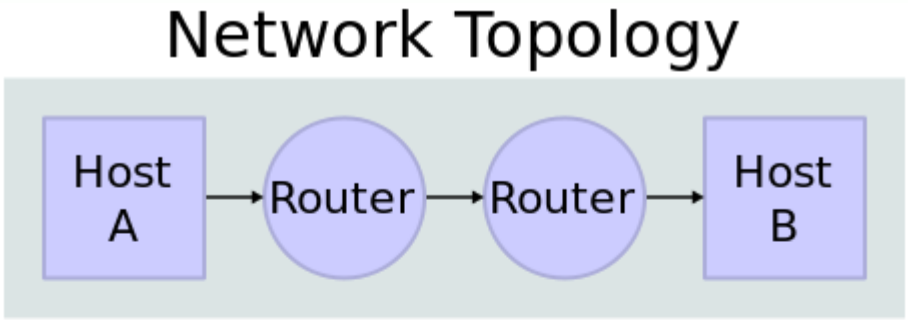
- Наиболее популярный стек протоколов в сети Интернет
- Четыре слоя

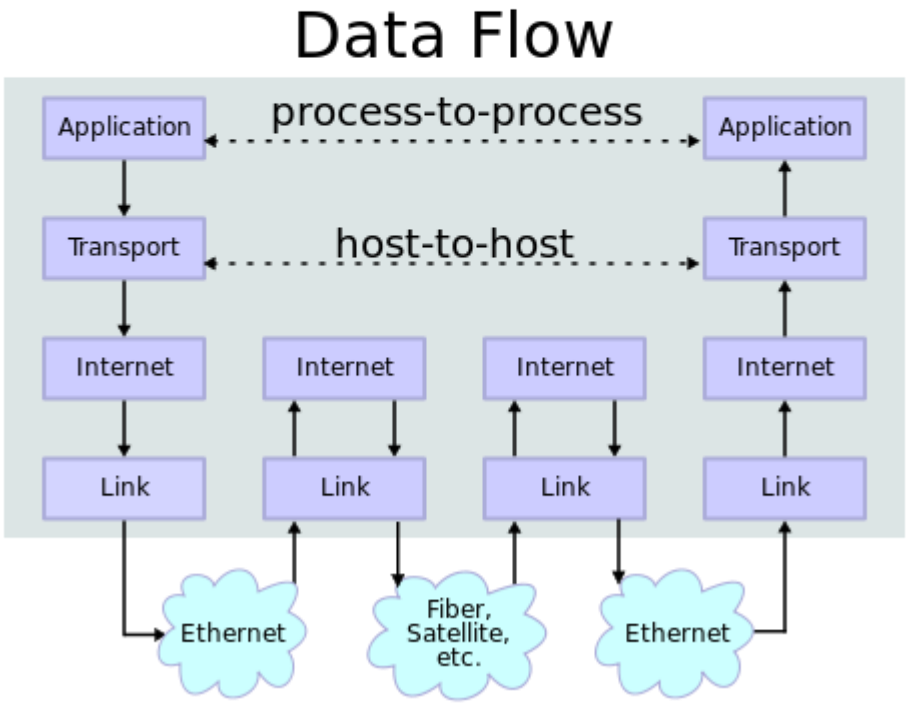
Прикладной слой	SMTP, HTTP, Telnet, FTP и др.
Транспортный слой	UDP, TCP
Сетевой слой	IP
Слой связи	Аппаратное обеспечение



IP

- Определяет датаграмму как единицу передачи данных
- Определяет схему интернет-адреса
- Обеспечивает передачу датаграмм от отправителя к получателю





TCP/IP

- TCP/IP – транспортный слой, обеспечивающий передачу данных от клиента – серверу.
- 2 главных протокола: TCP и UDP.

Слой	TCP	UDP
Прикладной	Данные передаются в потоках	Данные передаются в сообщениях
Транспортный	Сегмент	Пакет
Сетевой	Датаграмма	Датаграмма
Слой связи	Фрейм	Фрейм

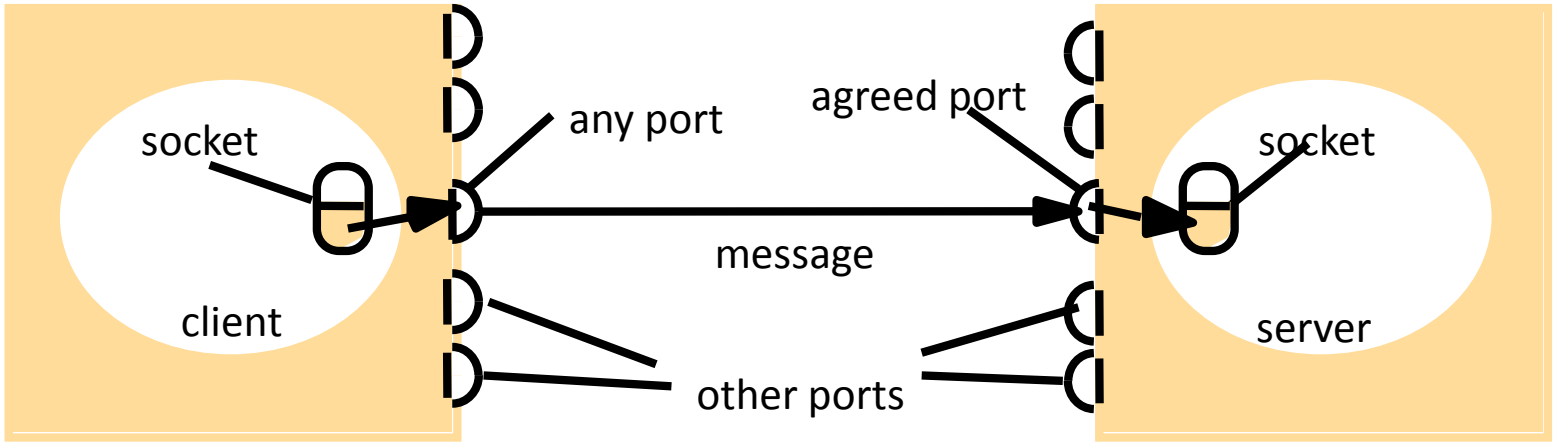
Организация обмена сообщениями

- **Прямая передача сообщений**
  - возможна только если принимающая сторона готова к приему сообщения в этот момент времени
- **Использование менеджера сообщений**
  - компонента высылает сообщение в очередь менеджера, из которой, в дальнейшем, принимающая сторона извлекает полученное сообщение

Прямая передача сообщений: сокеты

Прямая передача сообщений: сокеты

- Т.е. используется непосредственно транспортный уровень в виде Middleware.



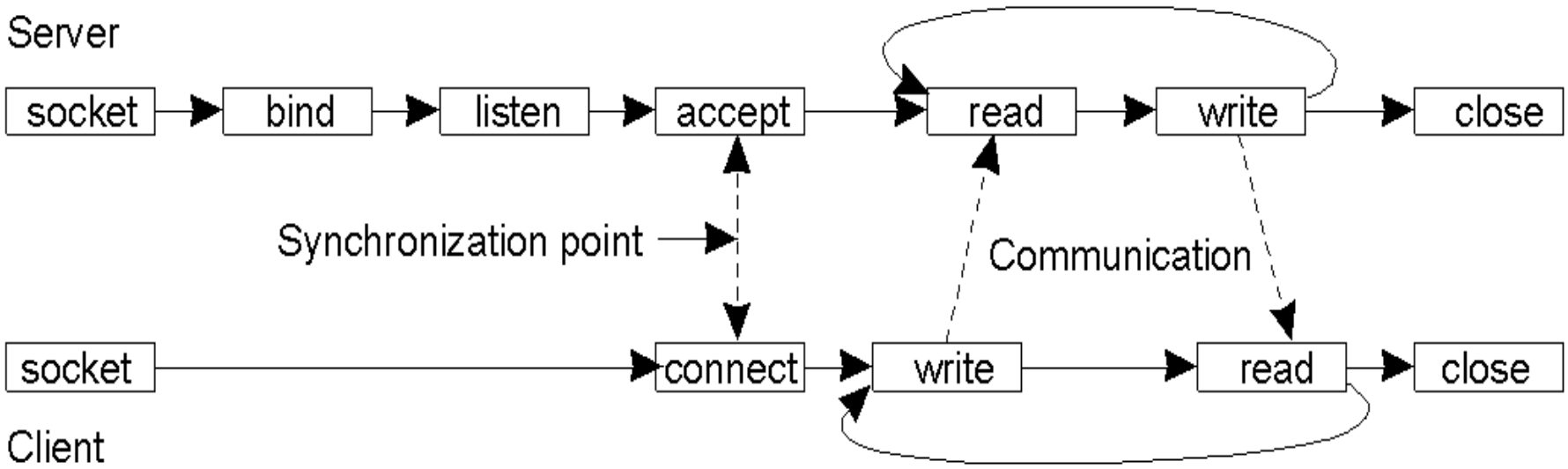
- **Сокет –** абстрактный объект, представляющий конечную точку соединения, обеспечивающий прием и передачу сообщений внешнему (локальному или удаленному) процессу.
- **Сокет TCP/IP –** комбинация IP-адреса и номера порта, например 10.10.10.10:80.
- Интерфейс сокетов впервые появился в BSD Unix.

Berkeley Sockets API (1)

Socket primitives for TCP/IP.

Primitive	**Meaning**
Socket	Create a new communication endpoint
Bind	Attach a local address to a socket
Listen	Announce willingness to accept connections
Accept	Block caller until a connection request arrives
Connect	Actively attempt to establish a connection
Send	Send some data over the connection
Receive	Receive some data over the connection
Close	Release the connection

Berkeley Sockets (2)



RPC / RMI

Технологии удаленного вызова

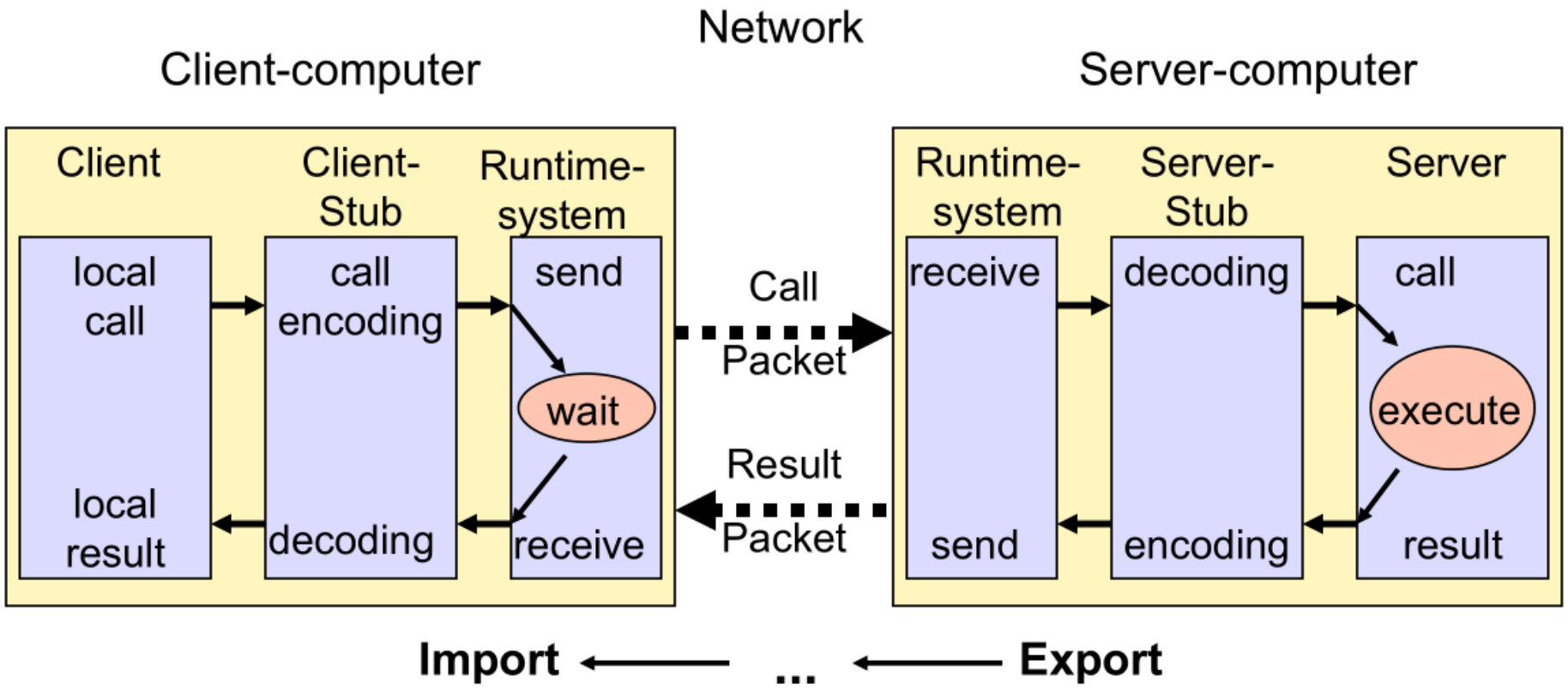
- **Удаленный вызов процедур** (от англ. Remote Procedure Call, RPC) — технология, позволяющая компьютерным программам вызывать функции или процедуры в другом адресном пространстве.

С точки зрения ООП была реализована концепция использования удаленных объектов Remote Method Invocation (RMI).

- **RMI** позволяет обеспечить прозрачный доступ к методам удаленных объектов, обеспечивая
  - доставку параметров вызываемого метода,
  - сообщение объекту о необходимости выполнения метода
  - и передачу возвращаемого значения клиенту обратно

RPC

- Разработчики знакомы с концепцией вызова методов
- Хорошо спроектированные процедуры могут выполняться изолированно
- Нет причин, почему бы не выполнять процедуры на удаленной машине

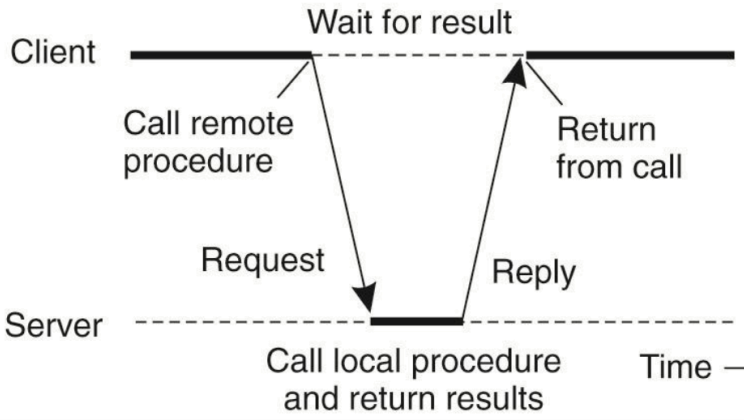


Синхронный / асинхронный обмен

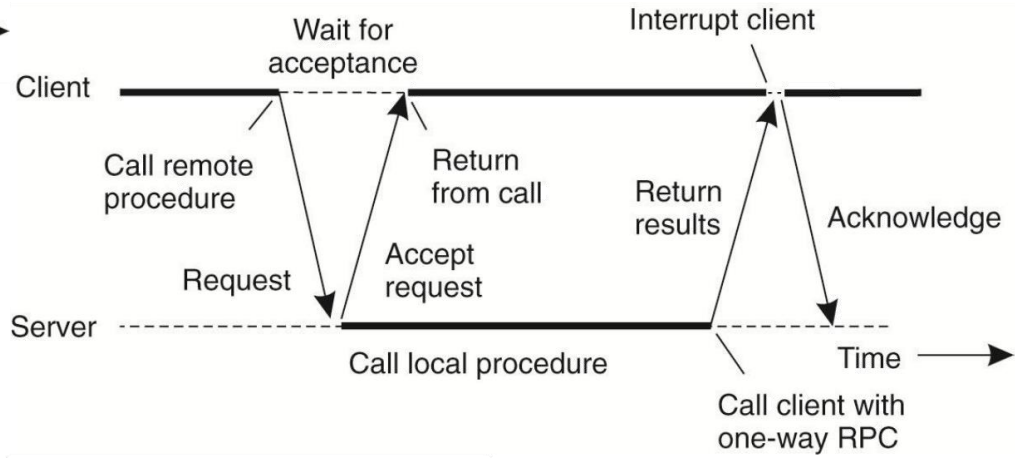
- Синхронный обмен: отправитель ждет до тех пор, пока не удостоверяется в том, то сообщение принято получателем
  - Блокирующее отправление / получение
- Асинхронный обмен: клиент продолжает свою работу после отправления сообщения
  - Неблокирующее отправление
  - Получение может быть блокирущим, может быть не блокирующим
  - Механизмы обратного вызова (Callback)

Асинхронный RPC

- Можно избавиться от жесткого шаблона «запрос-ответ», обеспечить вызов удаленного метода без необходимости ожидания ответа от сервера.

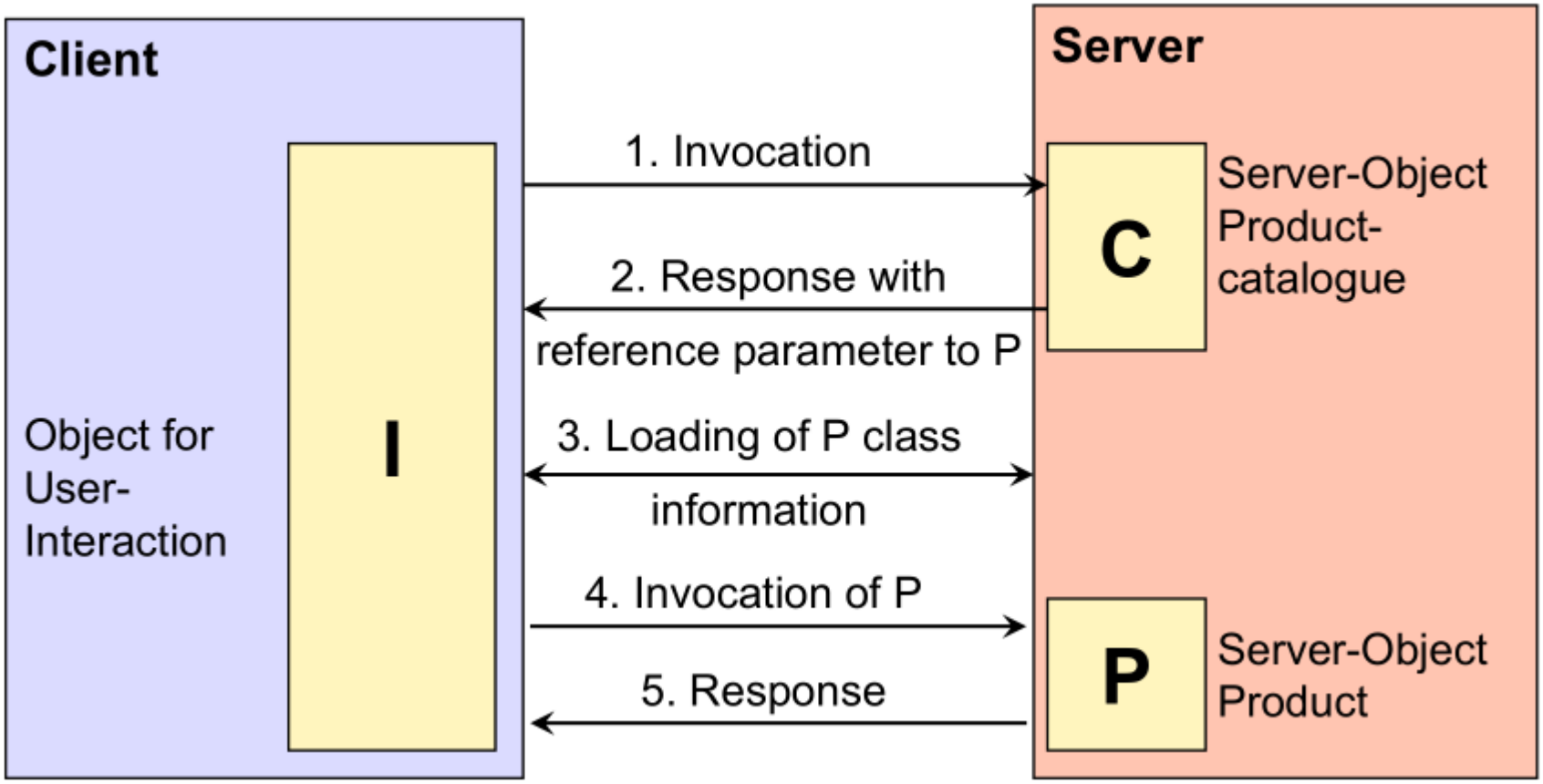


Синхронный RPC



Двойной асинхронный RPC

Remote Method Invocation RMI



Remote Method Invocation RMI

Интерфейс:

```
public interface ProductCatalogue extends java.rmi.Remote
{
   ProductDescription[] searchProduct(String productType) throws java.rmi.RemoteException;
   Product provideProduct(ProductDescription d) throws java.rmi.RemoteException;
   int deleteProduct(ProductDescription d) throws java.rmi.RemoteException;
   int updateProduct(Product p) throws java.rmi.RemoteException;
   ...
}
```

Сервер – реализация интерфейса:

```
public class ProductCatalogueImpl extends java.rmi.server.UnicastRemoteObject
implements ProductCatalogue
{
   public ProductCatalogueImpl() throws java.rmi.RemoteException
   {   super();   }

   public ProductDescription[] searchProduct(String productType)
   throws java.rmi.RemoteException
   {
      ProductDescription[] desc = ProductCatalogue.getDescriptionByType(productType);
      return desc;
   }
    ...
}
```

Remote Method Invocation RMI

Реализация сервера:

```
public class ProductCatalogueServer {
   public ProductCatalogueServer() {
      try {
         ProductCatalogue c = new ProductCatalogueImpl();
         Naming.rebind("rmi://localhost:1099/ProductCatalogueService", c);
      }
      catch (Exception e) {…}
   }
   public static void main(String args[]) {
      new ProductCatalogueServer();
   }
}
```

Реализация клиента:

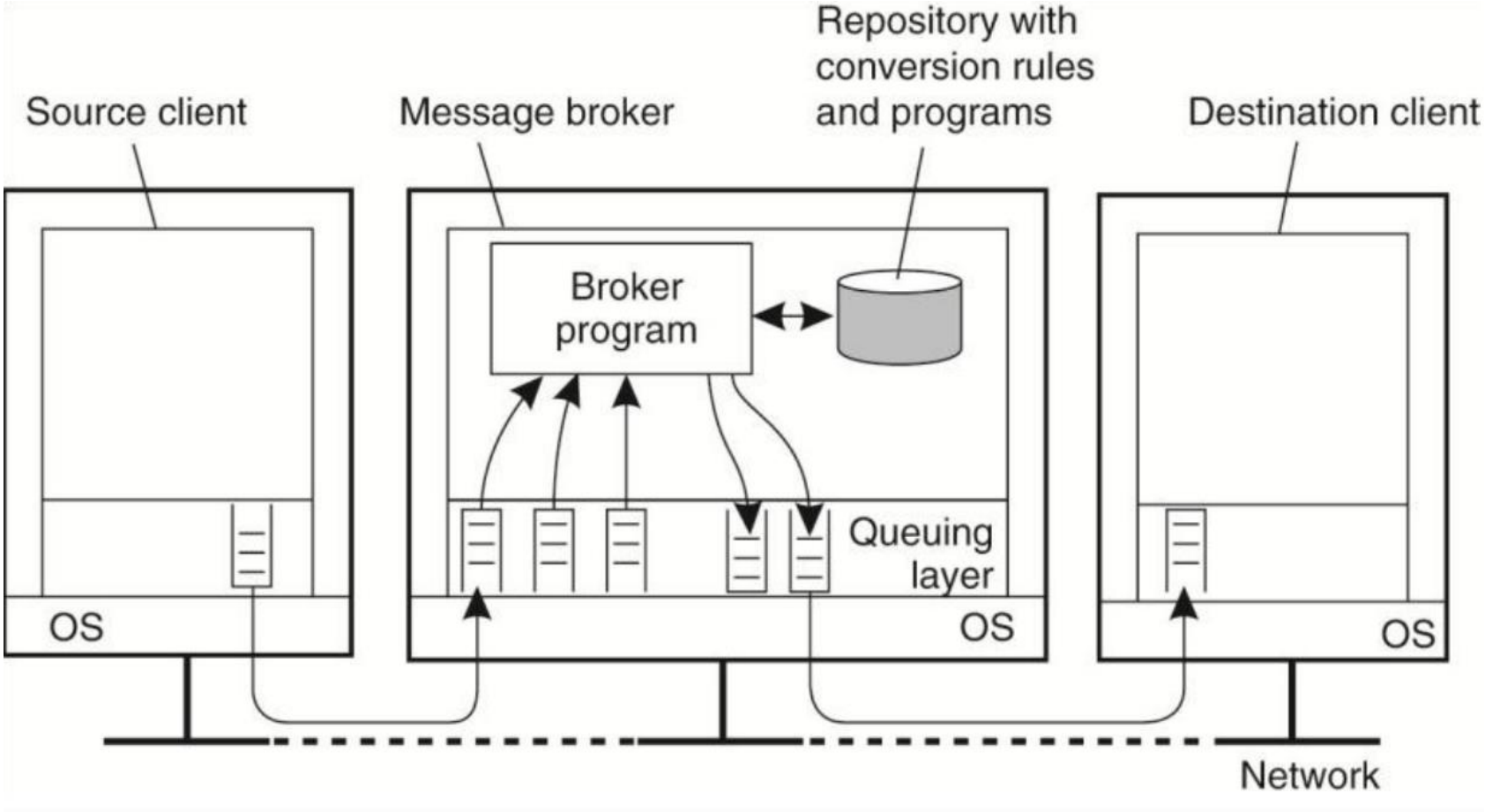
```
public class ProductCatalogueClient {
   public static void main(String[] args)
   {
      try {
         ProductCatalogue c= (ProductCatalogue)Naming.lookup(
            "rmi://hostname/ProductCatalogueService");
         System.out.println( c.searchProduct("book");
      }
catch (Exception e) {…}
   }
}
```

Взаимодействие посредством менеджера сообщений

Менеджеры (очереди) сообщений

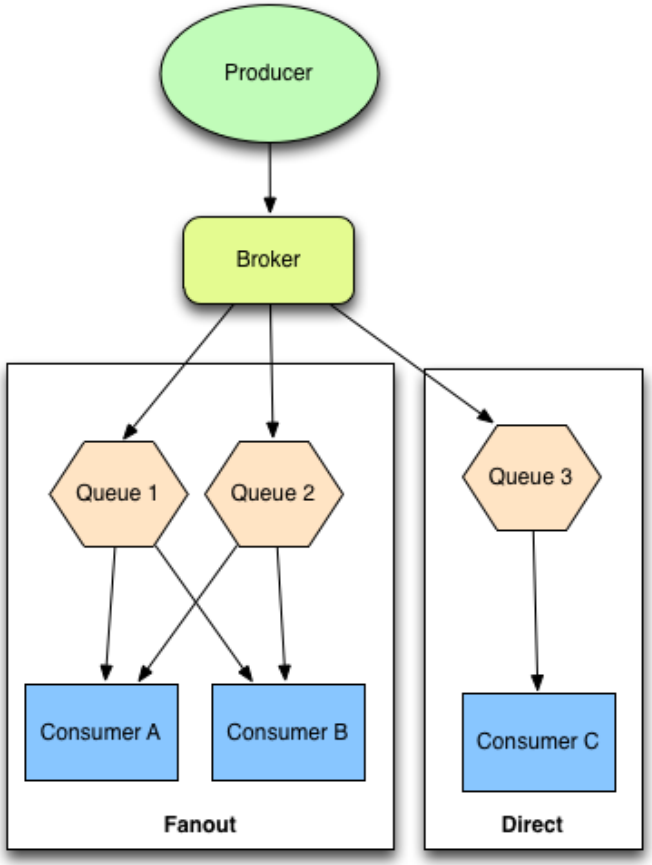
- *Очередь сообщений* – это ПО промежуточного слой, обеспечивающие управление взаимодействием между элементами РВС, посредством сбора, хранения и маршрутизации сообщений между процессами.
- Очередь сообщений позволяет работающим в различное время приложениям взаимодействовать в гетерогенных сетях и системах, которые могут временно отключаться от сети.
- Приложения отправляют, получают и считывают (то есть читают без удаления) сообщения из очередей.

Использование менеджера сообщений



Менеджеры (очереди) сообщений

- Очередь сообщения предоставляет интерфейс для *поставщика (producer)* и *потребителя (consumer)* сообщений.
- Менеджер сообщений может обеспечить распределение сообщений в различные очереди, обеспечивая распределение нагрузки между задачами и возможность горизонтального масштабирования.



Использование менеджера сообщений

Достоинства

- **Слабосвязанность** программных компонентов обеспечивается посредством единого интерфейса данных
- **Избыточность данных:** парадигма “put-get-delete” позволяет избежать потери данных, даже если они не были обработаны после их получения
- **Масштабируемость и эластичность:** считывать и обрабатывать заявки из очереди могут несколько независимых процессов одновременно. При этом, если один из таких процессов падает, любой другой может взять на себя задачу обработки сообщений
- **Очередность**: сообщения попадают в очередь одно за другим, и, соответственно, обрабатываются в порядке поступления.
- **Буферизация:** если время на обработку сообщения больше, чем время поступления новых сообщений, очередь буферизует новые сообщения и они не теряются.
- **Асинхронность взаимодействия:** время работы клиента и сервера не зависят друг от друга. Клиент может отправить сообщение и продолжить свою работу не дожидаясь ответа.
- **Высокая прозрачность:** вся коммуникация проходит через менеджер сообщений. Таким образом, можно в любой момент времени оценить, какие сообщения, от кого и кому поступали.

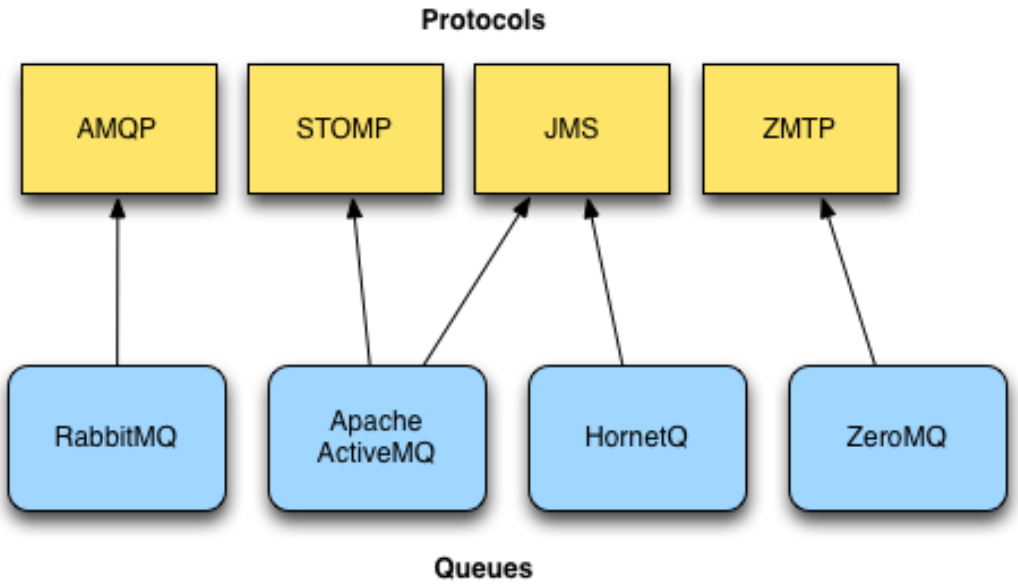
Использование менеджера сообщений

Недостатки

- необходимость явного использования очередей распределенным приложением;
- сложность реализации **синхронного** обмена;
- определенные накладные расходы на использование менеджеров очередей;
- сложность получения ответа: передача ответа может потребовать отдельной очереди на каждый компонент, посылающий заявки.

Службы очередей сообщений

- Службы очередей сообщений (Message Queue Services, MQS) используются в разработке начиная с 1980-х
- IBM WebSphere MQ (~8 000 $ на 100 процессоров).
- JMS – Java Message Service
- Microsoft Message Queuing (MSMQ - .NET)



RabbitMQ vs ActiveMQ

- RabbitMQ (http://www.rabbitmq.com/)
  - Создан на основе Erlang
  - Работает на всех основных операционных системах
  - Поддерживает огромное количество платформ для разработчиков (чаще всего – Python, PHP, Ruby)
  - Конфигурация – на основе Erlang
- Apache ActiveMQ (http://activemq.apache.org/)
  - Построен на основе Java Message Service
  - Чаще всего используется совместно с Java-стеком (Java, Scala, Clojure и др).
  - Также поддерживает STOMP (Ruby, PHP, Python).
  - Конфигурация – на основе XML

Пример использования RabbitMQ

- RabbitMQ as a Service: http://www.cloudamqp.com/
- Пример приложения: https://github.com/cloudamqp/java-amqp-example
- Запускаем Sender (OneOffProcess.java), потом Receiver (WorkerProcess.java)

Sender:

```
channel.queueDeclare(QUEUE_NAME, false, false, false, null);
String message = "Hello CloudAMQP!";
channel.basicPublish("", QUEUE_NAME, null, message.getBytes());
System.out.println(" [x] Sent '" + message + "'");
```

Receiver:

```
while (true) {
      QueueingConsumer.Delivery delivery = consumer.nextDelivery();
      String message = new String(delivery.getBody());
      System.out.println(" [x] Received '" + message + "'");
    }
```

Итого

- **Протокол –** это набор правил и соглашений, описывающий процедуру взаимодействия между компонентами системы.
- Существуют варианты прямой передачи сообщений в PBC и использования менеджеров сообщений.
- Технология **RPC** используется для вызова функций или процедур в другом адресном пространстве
- Технология **RMI** – развитие RPC, обеспечивает прозрачный доступ к методам удаленных объектов
- Использование **очередей сообщений** позволяет реализовать слабосвязанные высокомасштабируемые распределенные вычислительные системы.