Лекция 13: Проектирование распределённых приложений

Часть первая: транспортные вопросы

Юрий Литвинов
yurii.litvinov@gmail.com

14.05.2019г

Распределённые системы

- Компоненты приложения находятся в компьютерной сети
- Взаимодействуют через обмен сообщениями
- Основное назначение — работа с общими ресурсами
- Особенности
  - Параллельная работа
  - Независимые отказы
  - Отсутствие единого времени

Частые заблуждения при проектировании распределённых систем

- Сеть надёжна
- Задержка (latency) равна нулю
- Пропускная способность бесконечна
- Сеть безопасна
- Топология сети неизменна
- Администрирование сети централизовано
- Передача данных “бесплатна”
- Сеть однородна

Архитектура распределённых систем

- Какие сущности взаимодействуют между собой в распределённой системе?
- Как они взаимодействуют?
- Какие (возможно изменяющиеся) роли и ответственности имеют эти сущности в рамках всей архитектуры?
- Как они размещаются на физическую инфраструктуру?

Виды сущностей

- Узлы-процессы-потоки — сущности уровня ОС (или сами вычислительные узлы, если ОС не поддерживает даже процессы)
- Объекты — обычные объекты из ООП, с интерфейсами, описанными на IDL, вызывающие друг друга по сети
- Компоненты — более высокоуровневые сущности, как правило, предполагают middleware
- Веб-сервисы — ещё более высокоуровневые сущности, независимые приложения с чётко определённым способом их использовать

Виды взаимодействия

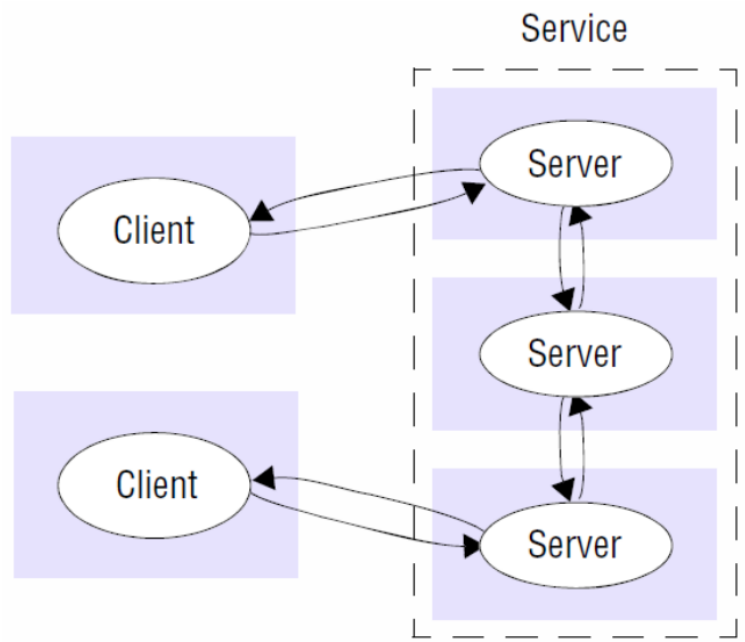
- Межпроцессное взаимодействие
- Удалённые вызовы
  - Протоколы вида “запрос-ответ”
  - Удалённые вызовы процедур (remote procedure calls, RPC)
  - Удалённые вызовы методов (remote method invocation, RMI)
- Неявное взаимодействие
  - Групповое взаимодействие
  - Модель “издатель-подписчик”
  - Очереди сообщений
  - Распределённая общая память

Роли и обязанности

- Клиент-сервер
- Peer-to-peer

Варианты размещения

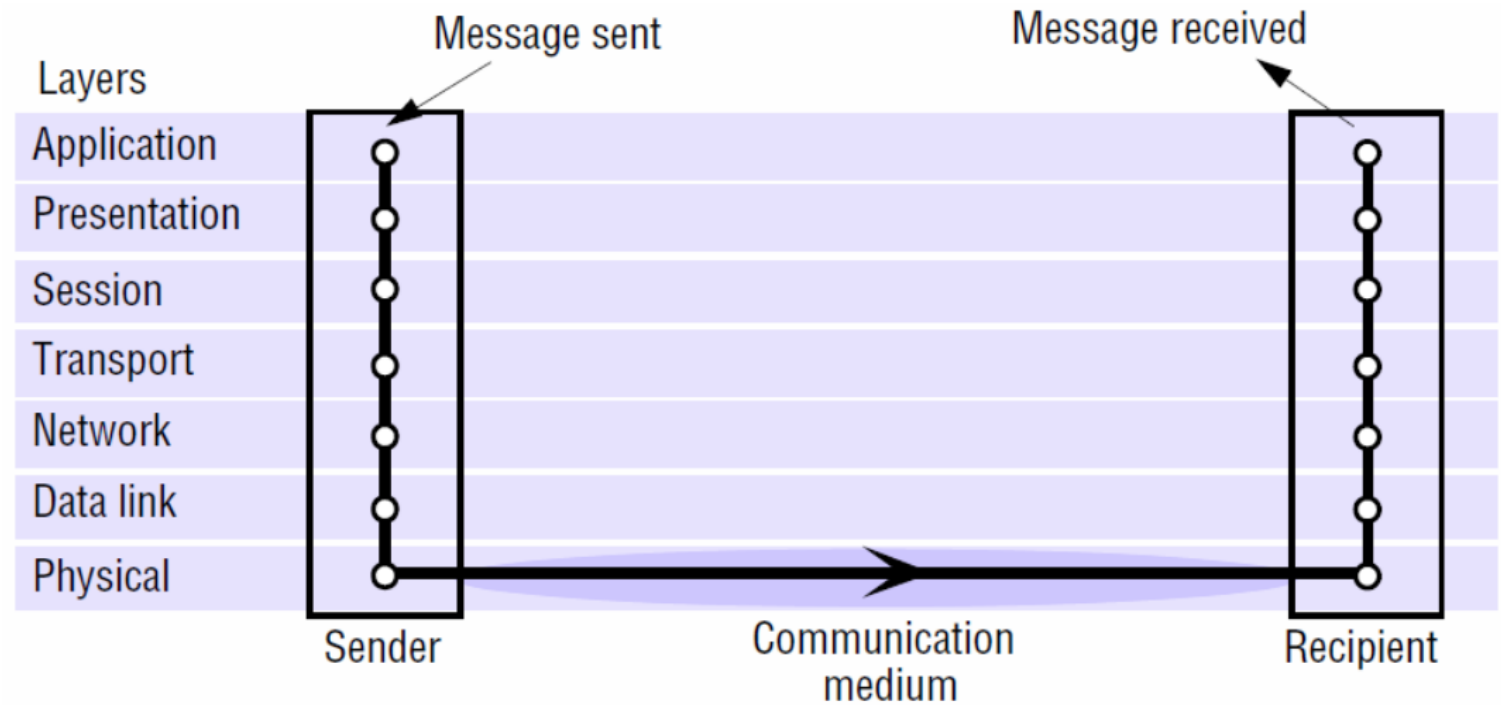
- Разбиение сервисов по нескольким серверам
- Кэширование
- Мобильный код
- Мобильный агент



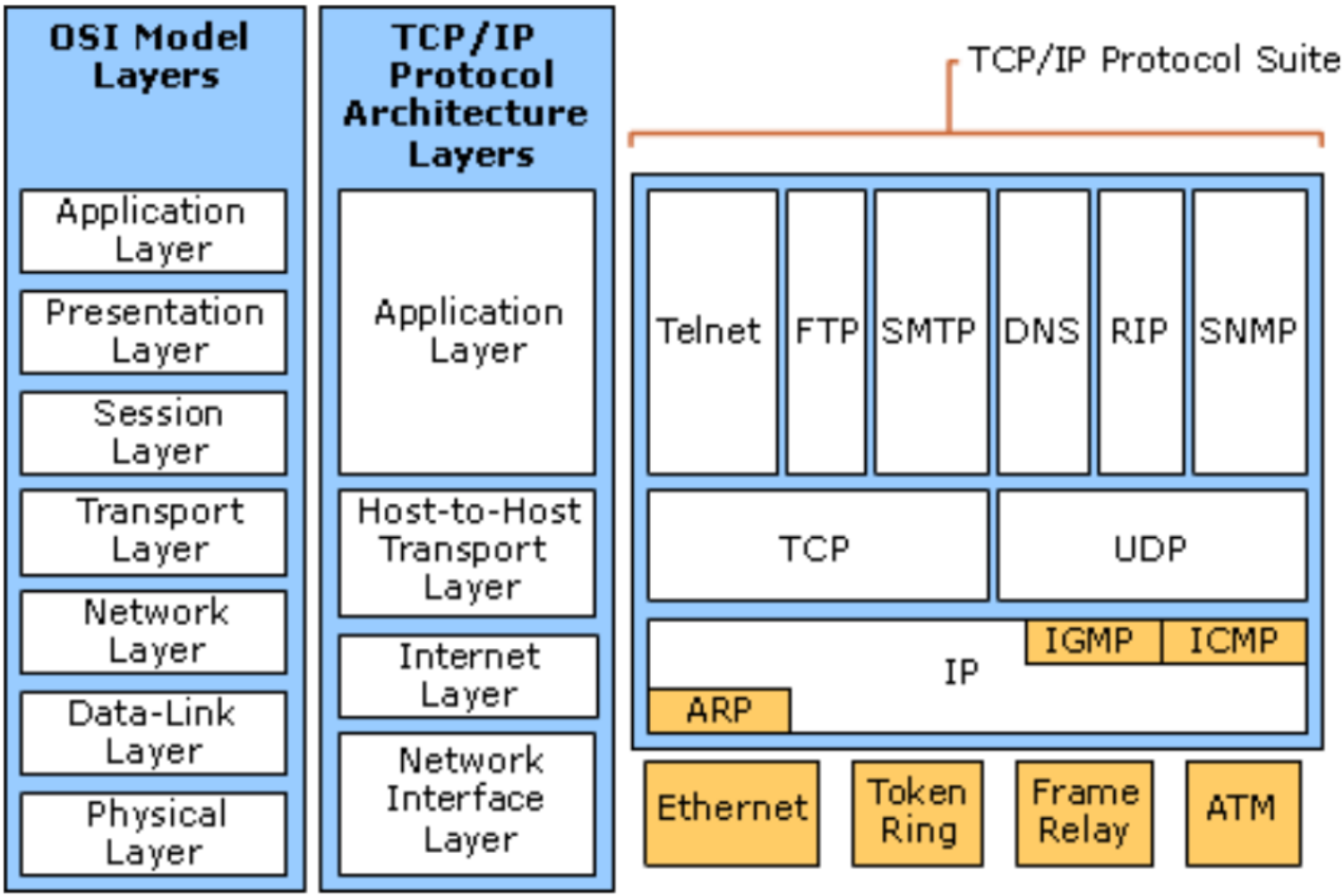
Типичные архитектурные стили

- Уровневая архитектура
  - ОС
  - Коммуникационная инфраструктура (Middleware)
  - Приложения и сервисы
- Клиент-сервер
  - Тонкий клиент
  - Бизнес-логика и данные — на сервере
- Трёхзвенная и N-уровневая архитектуры
  - Бизнес-логику и работу с данными часто разделяют

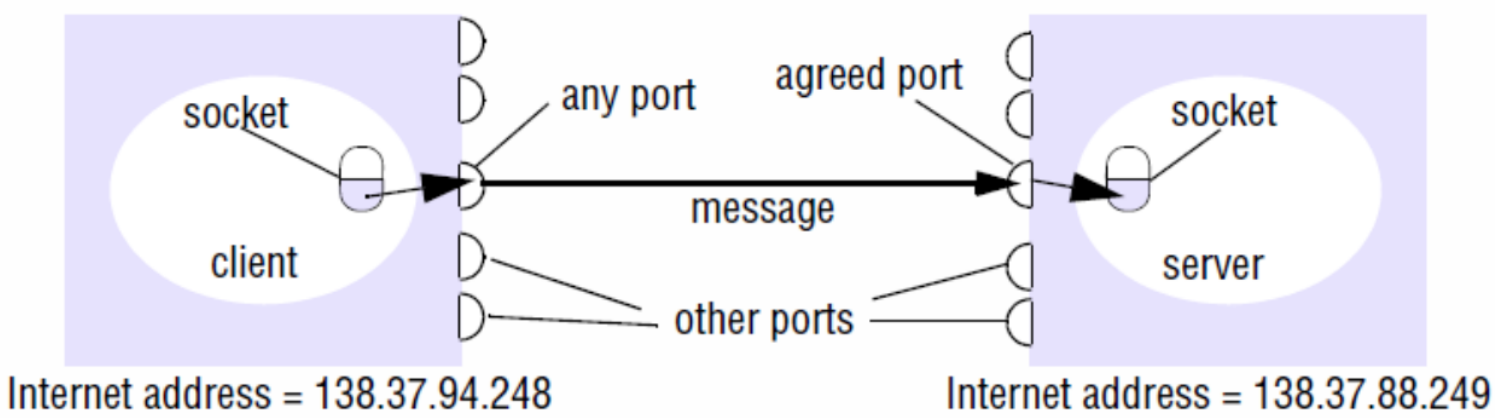
Модель OSI


Message sent
Message received
Layers
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
Sender
Communication medium
Recipient

Стек протоколов TCP/IP

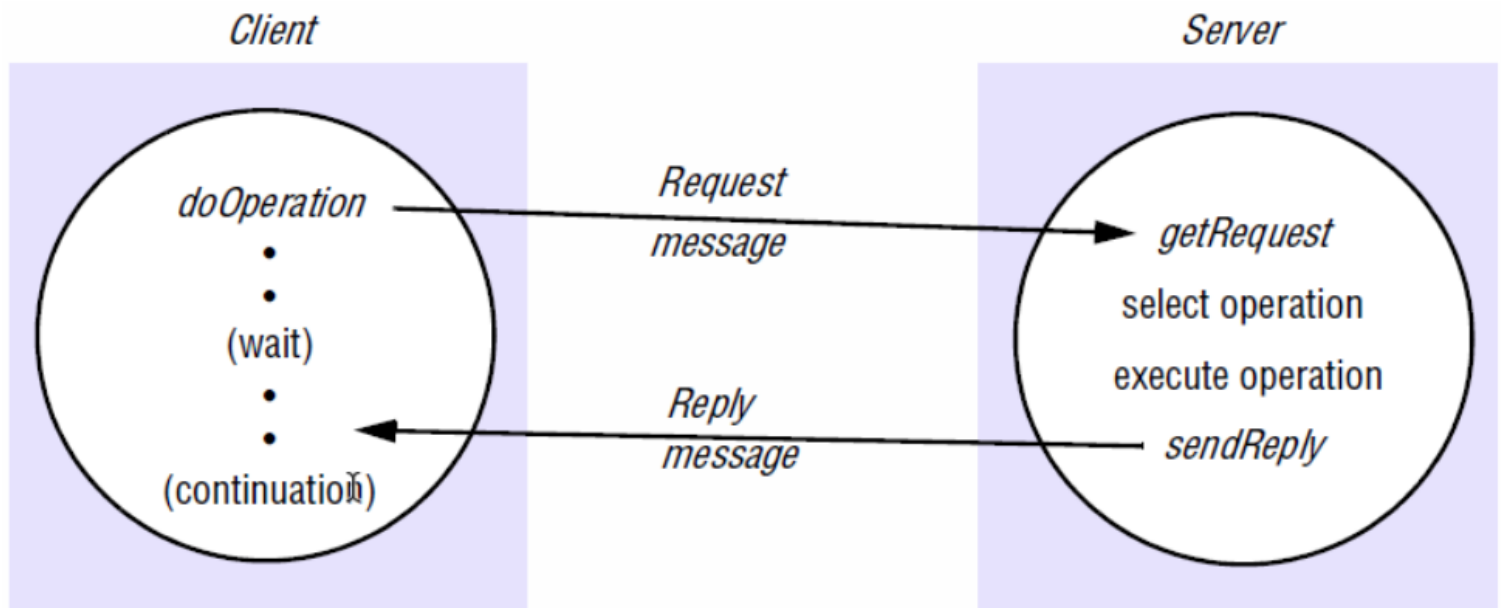


Абстракция сокета



Протоколы “запрос-ответ”

- Запрос, действие, ответ
- Преимущественно синхронные вызовы



“Запрос-ответ” поверх UDP

+ Уведомления не нужны
+ Установление соединения — в два раза больше сообщений
+ Управление потоком не имеет смысла
- Потери пакетов
  - Таймаут + повторный запрос на уровне бизнес-логики
  - Защита от повторного выполнения операции (хранение “истории”)
  - Новый запрос как подтверждение получения прошлого
- Неопределённый порядок пакетов

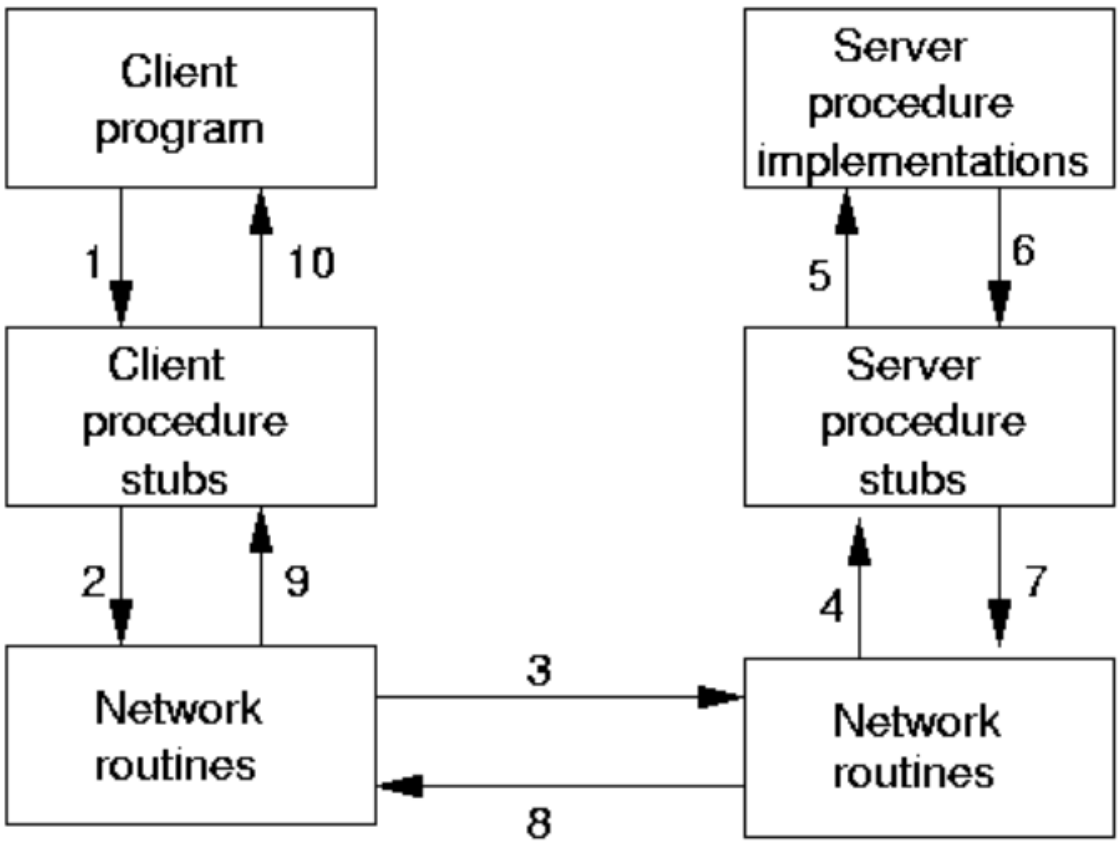
“Запрос-ответ” поверх TCP

+ Использование потоков вместо набора пакетов
  - Удобная отправка больших объёмов данных
  - Один поток на всё взаимодействие
+ Интеграция с потоками ОО-языков
+ Надёжность доставки
  - Отсутствие необходимости проверок на уровне бизнес-логики
  - Уведомления в пакетах с ответом
  - Упрощение реализации
- Тяжеловесность коммуникации

HTTP

- Пример протокола “запрос-ответ”
- Реализован поверх TCP
- Соединение на всё время взаимодействия
- Маршалинг данных в ASCII
  - MIME
- HTTP 2.0
  - Бинарный протокол
  - Обязательное шифрование
  - Мультиплексирование запросов в одном TCP соединении
  - “Предсказывающая посылка данных”

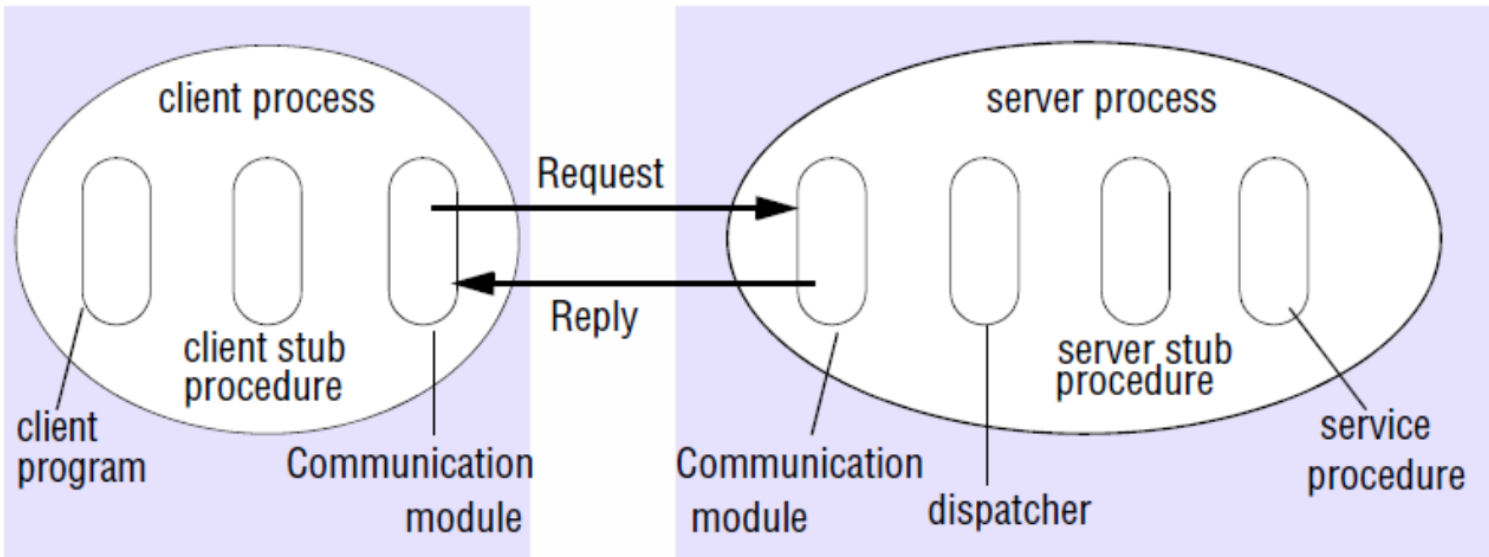
RPC


Client program
Server procedure implementations
1
10
5
6
Client procedure stubs
Server procedure stubs
2
9
4
7
3
Network routines
Network routines
8

Прозрачность RPC-вызовов

- Изначальная цель — максимальная похожесть на обычные вызовы
  - Location and access transparency
- Удалённые вызовы более уязвимы к отказам
  - Нужно понимать разницу между отказом сети и отказом сервиса
    - Exponential backoff
  - Клиенты должны знать о задержках при передаче данных
    - Возможность прервать вызов
- Явная маркировка удалённых вызовов?
  - Прозрачность синтаксиса
  - Явное отличие в интерфейсах
    - Указание сематики вызова

Структура RPC middleware

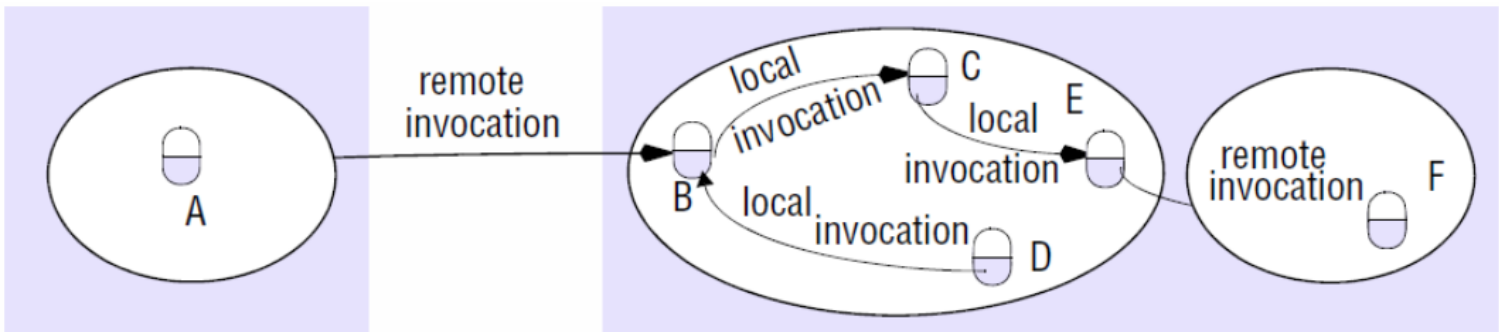


Удалённые вызовы методов (RMI)

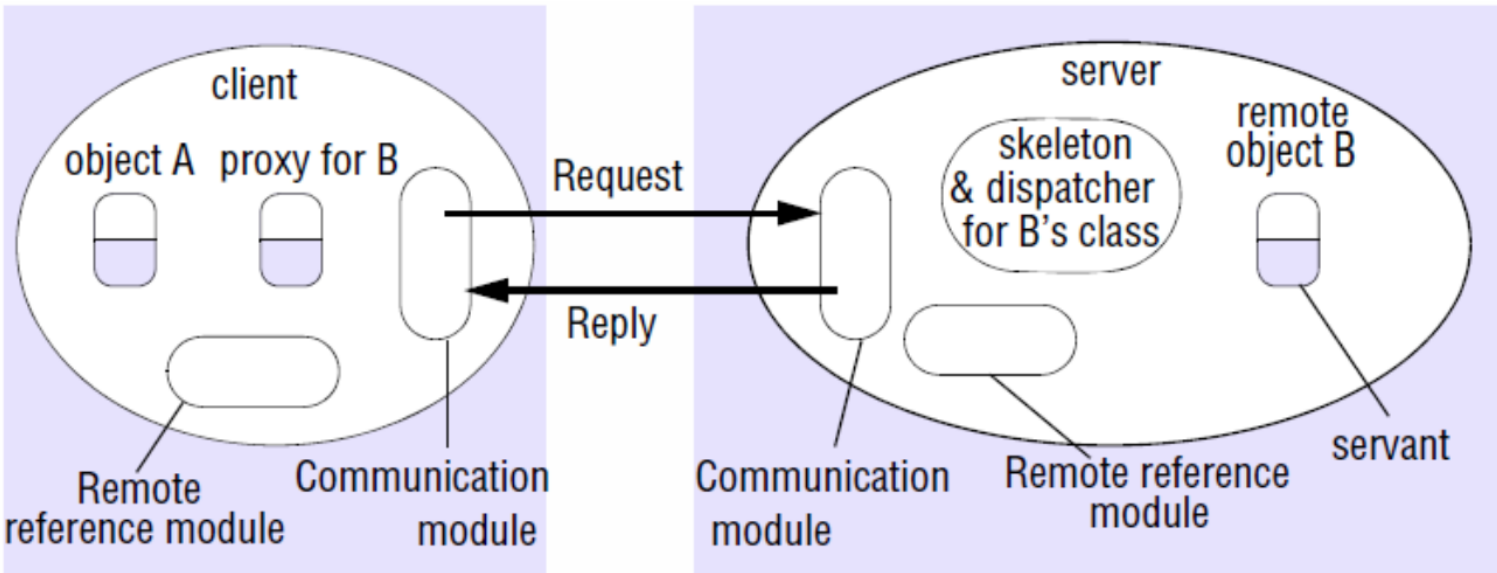
- Продолжение идей RPC
  - Программирование через интерфейсы
  - Работа поверх протоколов “запрос-ответ”
  - At-least-once или at-most-once семантика вызовов
  - Прозрачность синтаксиса вызовов
- Особенности ОО-программ
  - Наследование, полиморфизм
  - Передача параметров по ссылкам
  - Исключения
  - Распределённая сборка мусора

Локальные и удалённые вызовы

- Локальные и удалённые объекты
- Интерфейсы удалённых объектов
- Ссылки на удалённые объекты
  - Как параметры или результаты удалённых вызовов



Структура RMI middleware



Protocol buffers

protobuf

- Механизм сериализации-десериализации данных
- Компактное бинарное представление
- Декларативное описание формата данных, генерация кода для языка программирования
  - Поддерживается Java, Python, Objective-C, C++, Go, JavaNano, Ruby, C#
- Бывает v2 и v3, с некоторыми синтаксическими отличиями
- Хитрый протокол передачи, https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/encoding
  - До 10 раз компактнее XML

Пример

Файл .proto:

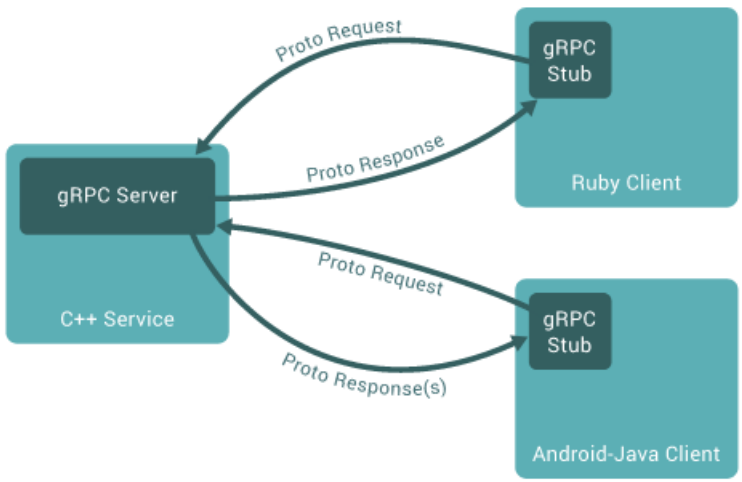
```
message Person {
  required string name = 1;
  required int32 id = 2;
  optional string email = 3;
}
```

Файл .java:

```
Person john = Person.newBuilder()
    .setId(1234)
    .setName("John Doe")
    .setEmail("jdoe@example.com")
    .build();
output = new FileOutputStream(args[0]);
john.writeTo(output);
```

gRPC

- средство для удалённого вызова (RPC)
- Работает поверх protobuf
- Разрабатывается Google
- Поддерживает C++, Java, Objective-C, Python, Ruby, Go, C#, Node.js



Технические подробности

- Сервисы описываются в том же .proto-файле, что и протокол protobuf-a
- В качестве типов параметров и результатов — message-и protobuf-a

```
service RouteGuide {
  rpc GetFeature(Point) returns (Feature) {}
  rpc ListFeatures(Rectangle) returns (stream Feature) {}
  rpc RecordRoute(stream Point) returns (RouteSummary) {}
  rpc RouteChat(stream RouteNote) returns (stream RouteNote) {}
}
```

- Сборка — плагином grpc к protoc

Реализация сервиса на Java

```
private static class RouteGuideService extends RouteGuideGrpc.RouteGuideImplBase {
  ...
  @Override
  public void getFeature(Point request, StreamObserver<Feature> responseObserver) {
   responseObserver.onNext(checkFeature(request));
   responseObserver.onCompleted();
  }

  @Override
  public void listFeatures(Rectangle request, StreamObserver<Feature> responseObserver) {
   for (Feature feature : features) {
     ...
     int lat = feature.getLocation().getLatitude();
     int lon = feature.getLocation().getLongitude();
     if (lon >= left && lon <= right && lat >= bottom && lat <= top) {
       responseObserver.onNext(feature);
     }
   }
   responseObserver.onCompleted();
  }
```

Реализация сервиса на Java (2)

```
@Override
public StreamObserver<RouteNote> routeChat(
      final StreamObserver<RouteNote> responseObserver) {
 return new StreamObserver<RouteNote>() {
  @Override
  public void onNext(RouteNote note) {
   List<RouteNote> notes = getOrCreateNotes(note.getLocation());
   for (RouteNote prevNote : notes.toArray(new RouteNote[0])) {
    responseObserver.onNext(prevNote);
   }
   notes.add(note);
  }
  @Override
  public void onError(Throwable t) {
   logger.log(Level.WARNING, "routeChat cancelled");
  }
  @Override
  public void onCompleted() {
   responseObserver.onCompleted();
  }
 };
}
```

Реализация клиента на Java (1)

```
public RouteGuideClient(String host, int port) {
  this(ManagedChannelBuilder.forAddress(host, port).usePlaintext(true));
}

public RouteGuideClient(ManagedChannelBuilder<?> channelBuilder) {
  channel = channelBuilder.build();
  blockingStub = RouteGuideGrpc.newBlockingStub(channel);
  asyncStub = RouteGuideGrpc.newStub(channel);
}
```

Реализация клиента на Java (2)

```
public void getFeature(int lat, int lon) {
  Point request = Point.newBuilder().setLatitude(lat).setLongitude(lon).build();
  Feature feature;
  try {
    feature = blockingStub.getFeature(request);
  } catch (StatusRuntimeException e) {
    warning("RPC failed: {0}", e.getStatus());
    return;
  }
  if (RouteGuideUtil.exists(feature)) {
    info("Found feature called \"{0}\" at {1}, {2}",
      feature.getName(),
      RouteGuideUtil.getLatitude(feature.getLocation()),
      RouteGuideUtil.getLongitude(feature.getLocation()));
  } else {
    info("Found no feature at {0}, {1}",
      RouteGuideUtil.getLatitude(feature.getLocation()),
      RouteGuideUtil.getLongitude(feature.getLocation()));
  }
}
```

Веб-сервисы

- Перенос специализации клиент-сервера в web
- Сложные приложения как интеграция веб-сервисов
- HTTP-запрос для выполнения команды
  - Асинхронное взаимодействие
  - Ответ-запрос
  - Событийные схемы
- XML или JSON как основной формат сообщений
  - SOAP/WSDL/UDDI
  - XML-RPC
  - REST