

Entwicklung eines Remote Method Invocation Systems

Emil Watz

28. Februar 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Anforderungen an das System	2
1.1	Verbindung des Server-Objekts mit dem Client-Objekt	2
1.2	Entferntes Aufrufen	2
1.2.1	Benutzerdefinierte Typen	2
1.3	gRPC-Einsatz	2
1.4	Optionale Anforderungen	3
2	Umsetzung	4
2.1	Klassendiagramm	4
2.1.1	Abstrakte Klasse (AbstractClass)	4
2.1.2	Client Stub	5
2.1.3	Remote Object	5
2.1.4	Skeleton-Klasse am Server	5
2.1.5	Serverklasse	5
2.1.6	Client	5
2.1.7	Naming-Service	5
2.2	Implementierung des Klassendiagramms	6
2.2.1	Senden des Funktionsaufrufs	6
2.2.2	Namensdienst	7
2.2.3	Deserialisierung des Funktionsaufrufes	7

Kapitel 1

Anforderungen an das System

1.1 Verbindung des Server-Objekts mit dem Client-Objekt

Es können mehrere Server-Objekte erstellt werden, deren Funktionen über das Netzwerk aufrufbar sind. Der Client kann sich mit einem der Server-Objekte verbinden. Es muss daher ein Mechanismus entwickelt werden, der die Auswahl eines Server-Objekts ermöglicht. Diese Auswahl geschieht über einen Namensdienst (siehe ??).

1.2 Entferntes Aufrufen

Ein Client soll Funktionen am Server aufrufen können, dieser Funktionsaufruf soll sich aber gleich Verhalten, wie ein lokaler Aufruf. Der Rückgabewert muss also vom Server zurück an den Client gesendet werden. Es können auch Parameter vom Client an den Server mitgegeben werden. Es muss auch eine Lösung für Exceptions geben. Außerdem muss ein Verhalten für den Verbindungsabbruch definiert werden. Weiters muss auch beachtet werden, dass Funktionen überladen werden können.

1.2.1 Benutzerdefinierte Typen

Es können auch, sofern möglich, benutzerdefinierte Typen als Rückgabe- und Parameter verwendet werden, sowohl der Server, als auch der Client müssen natürlich über diesen Typen verfügen. Hierbei muss wieder eine Fehlerbehandlung erfolgen. Die Definition von benutzerdefinierten Typen muss als Protocol Buffer erfolgen!

1.3 gRPC-Einsatz

Zusätzlich zu dem RMI-System soll auch noch gRPC eingesetzt werden. Dieser Einsatz wird im Rahmen eines Namensdienstes implementiert. Mit dem Service

können Server-Objekte unter einem bestimmten Namen angemeldet werden. Clients können dann über den Namen bestimmte Objekte ansprechen und deren Funktionen aufrufen.

1.4 Optionale Anforderungen

Eine optionale Anforderung an das System, welche die Bedienung wesentlich erleichtern würde, ist die (teilweise) automatische Generierung des Client-Stubs und des Server-Skeletons.

Kapitel 2

Umsetzung

2.1 Klassendiagramm

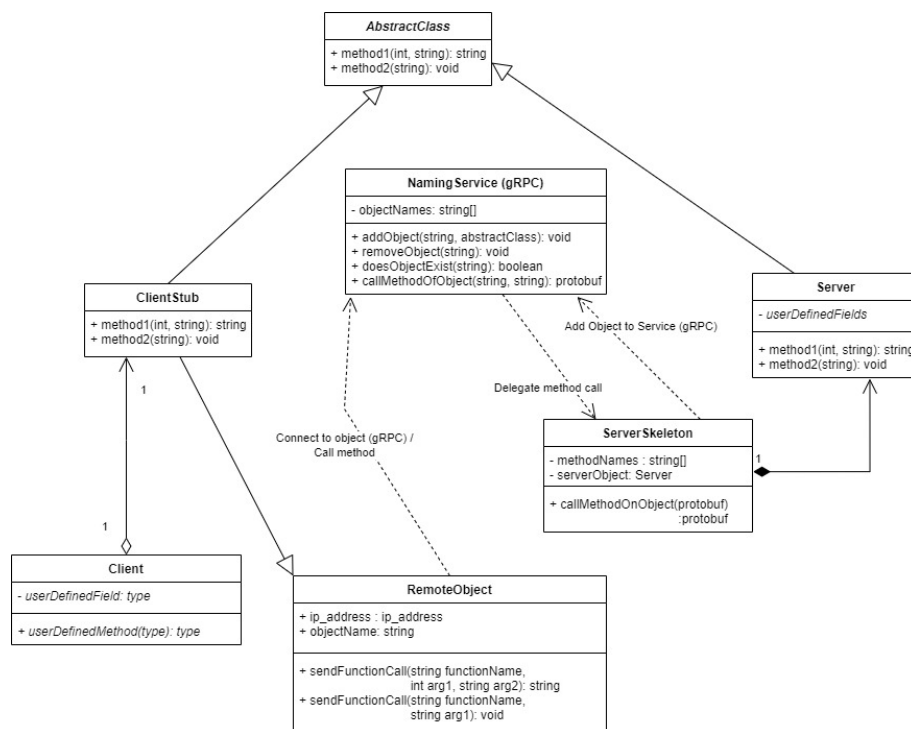


Abbildung 2.1: Klassendiagramm des RMI Systems

2.1.1 Abstrakte Klasse (AbstractClass)

Die meisten Remote Method Invocation Systeme verwenden ein Interface, um die Methoden zu definieren. Da es in C++ keine Interfaces gibt, wird daher eine abstrakte Klasse verwendet, welche eine Anzahl an virtuellen („virtual“)

Funktionen deklariert.

Diese müssen vom Benutzer erstellt werden. Er definiert die Methoden, welche über das Netzwerk aufgerufen werden können. Sowohl der Client, als auch der Server müssen logischerweise die gleiche abstrakte Klasse erweitern. Diese Bedingung muss vom Benutzer selbst erfüllt und überprüft werden, da es keine (einfache) Möglichkeit gibt, die zwei Klassen (übers Netzwerk) in C++ zu vergleichen. Im Klassendiagramm werden die Beispielfunktionen „method1“, „method2“ verwendet

2.1.2 Client Stub

Die *Client Stub*-Klasse erbt von der abstrakten Klasse. Die Implementierungen der virtuellen Funktionen, senden einen Funktionsaufruf an die Skeleton-Klasse des Servers. Den Rückgabewert oder die Exception erhält der Client Stub in serialisierter Form wieder vom Skeleton am Server.

2.1.3 Remote Object

Das Remote Object enthält ein Template für die Funktion „sendFunctionCall“, welches die Parameter in einen Protokoll Buffer umwandelt und an den Naming-Service sendet.

2.1.4 Skeleton-Klasse am Server

Die Skeleton-Klasse am Server implementiert die benutzerdefinierte abstrakte Klasse. Die Implementierungen der virtuellen Funktionen wandeln die „Funktionsaufruf-Nachrichten“, die vom Client Stub gesendet werden, in „echte“ Funktionsaufrufe der Serverklasse um. Die Rückgabewerte und Exceptions, welche die Funktionen der Serverklasse zurück

2.1.5 Serverklasse

Auch die Serverklasse implementiert die abstrakte Klasse. Die Implementierung der virtuellen Funktionen enthält in dieser Klasse die wirkliche Funktionslogik.

2.1.6 Client

Der Client ist eine Klasse die komplett vom Benutzer konfiguriert werden kann. Zur Verwendung des Remote Method Invocation System benötigt er eine Instanz des Client Stubs.

2.1.7 Naming-Service

Der Naming-Service speichert alle Namen der Objekte, die bei dem Service registriert wurden. Er basiert auf gRPC und erweitert dadurch eine gRPC-Klasse. Objekte können mit einem Namen registriert werden, unter dem sie Funktionen bereitstellen können.

2.2 Implementierung des Klassendiagramms

Nun fehlen aber noch viele wichtige Implementationsdetails. In den nächsten Abschnitten wird ein Konzept wichtiger Teile des Systems näher beschrieben.

2.2.1 Senden des Funktionsaufrufs

Der Funktionsaufruf muss in irgendeiner Form serialisiert werden. Als Basis bietet sich ein Protokoll Buffer an. Dieser speichert:

1. Den Namen des Objekts, dessen Methode aufgerufen wird
2. Den Namen der Methode, die aufgerufen wird
3. Die Parameter, welche mitgeliefert werden

Serialisierung

Der letzte Punkt ist bei der Implementierung der schwierigste, da die Anzahl und die Typen der Parameter nicht fix sind. Die Parameter werden daher als JSON-String gespeichert. Die .proto Datei sind danach folgendermaßen aus:

```
syntax = "proto3";

package examplePkg;

message functionCall {
    required string objectName = 1;
    required string functionName = 1;

    optional string parametersInJson = 1;
}
```

Senden der Daten

Das Erstellen einer Funktion zum Senden der Daten ist wiederum kompliziert, weil die Parameteranzahl variabel ist und der Funktionsname in einen String verwandelt werden muss. Umgesetzt wird das mit einer Superklasse, die jeder Client-Stub erweitern muss. Diese Klasse hat eine Template-Funktion, deren Parametertypen variabel sind und dessen Parameteranzahl beliebig wählbar ist. Der Funktionsname kann durch den Makro `__func__` als „const char array“ übergeben werden. Der Code einer Funktion im Client-Stub könnte folgendermaßen aussehen:

```
class ClientStub : public RemoteObject {
public:

    void method1(string s, int i) {
        RemoteObject::sendFunctionCall(__func__, s, i);
    }

    ...
};
```

Vereinfachung mithilfe von Makros Der Funktionsaufruf der `sendFunctionCall` Methode kann weiter mit der Definition eines Makros vereinfacht werden. Ein Beispielmakro ist Folgender:

```
// Definition des Makros
#define __SEND_FUNCTION_CALL__(...) return sendFunctionCall(__func__,
    __VA_ARGS__);

...

//Einsatz des Makros in der Funktion
int method1(int arg1, string arg2) {
    __SEND_FUNCTION_CALL__(arg1, arg2)
}
```

Empfangen des Returnwerts

Der Rückgabewert, der vom Server wieder an den Client gesendet wird, muss am Client wieder deserialisiert werden. TODO: Konzept entwickeln...

2.2.2 Namensdienst

Der Namensdienst leitet Aufrufe vom Client an die entsprechende Skeleton-Klasse weiter. Um ein Objekt beim Namensdienst anzumelden, muss die Funktion **addObject** mit einem Namen und einer Referenz auf die Klasse aufgerufen werden. Ein Objekt kann wieder entfernt werden, indem die Funktion **removeObject** mit dem Namen aufgerufen wird.

gRPC-Funktionen

Der Namensdienst erweitert eine gRPC-Klasse, welche die Methoden `doesObjectExist` und `callMethodOfObject` deklariert. Der Parameter der `doesObjectExist` ist ein Protokoll Buffer mit einem String-Attribute, nämlich dem Namen. Zurückgeliefert wird ein Protokoll Buffer mit einem boolschen Wert. Die zweite Methode `callMethodOfObject` wird mit dem Protokoll Buffer, der bei der Serialisierung im Client-Stub verwendet wird, aufgerufen. Sie gibt den Protokoll Buffer an das zugehörige Skeleton-Objekt weiter. Die Funktion liefert einen Protokoll Buffer zurück, der den Rückgabewert enthält. (Siehe TODO: serialisierung des rückgabewerts)

2.2.3 Deserialisierung des Funktionsaufrufes

Für die Umwandlung des Serialisierten Funktionsaufrufes ist die serverseitige Skeleton-Klasse zuständig. Dabei wird mit Makros gearbeitet, um dem Benutzer die Angabe der Funktionen, so weit wie möglich, zu erleichtern.

Der `__FUNCTION_DEF__` Makro wandelt den Namen der Funktion in einen wirklichen Aufruf um. Außerdem gibt es noch den `__ARGUMENT__` Makro, welcher die Parameter *Typ*, welche den Datentyp des Parameters angibt, und *Position*, welche die Position des Parameters angibt (1 => erster Parameter, 2 => zweiter, etc.). Der Datentyp und die Position der Parameter werden benötigt, damit diese aus dem Json-Objekt ausgelesen werden können, welches

in dem serialisierten Funktionsaufruf mitgesendet werden. Wenn es keinen Parameter gibt, muss der Makro `__NO_ARGUMENTS__` angegeben werden.

Der folgende Aufruf eines Makros gibt die Funktion `method2`, mit einem Integer-Parameter an erster Stelle und einem String-Parameter an zweiter, an.

```
__FUNCTION_DEF__(method2, __ARGUMENT__(int, 1), __ARGUMENT__(string, 2));
```

Die Definition der Makros sieht folgendermaßen aus:

```
#define __ARGUMENT__(type, position)
    jsonObject["parameters"][position].get<type>()
#define __FUNCTION_DEF__(name, ...) if (functionName == #name)
    name(__VA_ARGS__)
#define __NO_ARGUMENTS__
```
