



Università degli Studi di Bologna
Scuola di Ingegneria

Corso di Reti di Calcolatori T

Esercitazione 8 (svolta)
Remote Procedure Call – RPC

Luca Foschini

Anno accademico 2013/2014

Esercitazione 8 1

Specifica: Esercizio 1

Sviluppare un'applicazione C/S che consente di **effettuare la somma e la moltiplicazione tra due interi in remoto**.

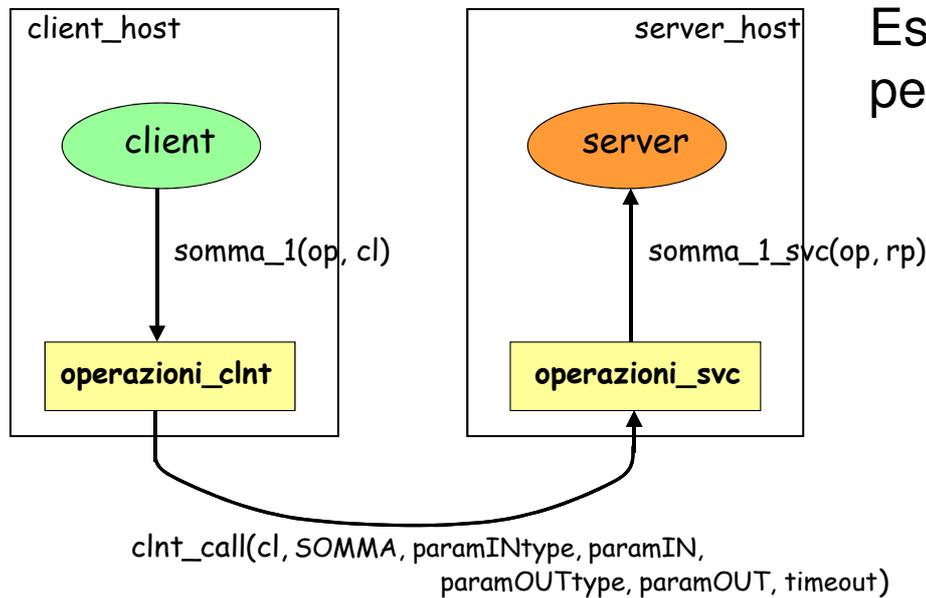
Il **Client** viene invocato da linea di comando con tre argomenti, i.e., il tipo di operazione e due interi che si vogliono sommare o moltiplicare, esegue la chiamata alla **procedura remota richiesta** passando gli operandi nella struttura dati **Operandi**, e stampa il risultato dell'operazione (**int**) ottenuto come valore di ritorno della procedura.

Il **Server** esegue la procedura che effettua la **somma** o la **moltiplicazione** tra i due parametri e restituisce il risultato dell'operazione al client.

Variante: realizzare il client ciclico, che chiede tipo di operazione e operandi all'utente da console fino a fine file.

Esercitazione 8 2

Architettura



Esempio
per **somma**

Esercitazione 8 3

File operazioni.x

```
struct Operandi{ int op1; int op2; };  
  
program OPERAZIONIPROG {  
  version OPERAZIONIVERS {  
    int SOMMA(Operandi) = 1;  
    int MOLTIPLICAZIONE(Operandi) = 2;  
  } = 1;  
} = 0x20000013;
```

Compilazione per generare il file header, il file per le conversioni xdr e gli stub:

```
rpcgen operazioni.x
```

Produce i file:

- **operazioni.h** da includere in **operazioni_proc.c** e in **operazioni_client.c**
- **operazioni_xdr.c** che contiene le routine di conversione xdr
- **operazioni_clnt.c** stub del client
- **operazioni_svc.c** stub del server

Esercitazione 8 4

File operazioni.h 1/2

```
/* Please do not edit this file. It was generated using rpcgen. */
#ifndef _OPERAZIONI_H_RPCGEN
#define _OPERAZIONI_H_RPCGEN
#include <rpc/rpc.h>
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

struct Operandi { int op1; int op2; };
typedef struct Operandi Operandi;

#define OPERAZIONIPROG 0x2000013
#define OPERAZIONIVERS 1
/*ANSI C*/
#if defined(__STDC__) || defined(__cplusplus)
#define SOMMA 1
extern int * somma_1(Operandi *, CLIENT *);
extern int * somma_1_svc(Operandi *,struct svc_req*);
#define MOLTIPLICAZIONE 2
extern int * moltiplicazione_1(Operandi *, CLIENT *);
extern int * moltiplicazione_1_svc(Operandi *,struct svc_req*);
extern int operazioniprogram_1_freeresult (SVCXPRT *,
      xdrproc_t, caddr_t);

/* K&R C */
// vedere file... stesse definizioni in formato C Kernigham - Ritchie
```

Esercitazione 8 5

File operazioni.h 2/2

```
/* the xdr functions */
#if defined(__STDC__) || defined(__cplusplus)
extern bool_t xdr_Operandi (XDR *, Operandi*);

#else /* K&R C */
extern bool_t xdr_Operandi ();
#endif /* K&R C */

#ifdef __cplusplus
}
#endif

#endif /* !_OPERAZIONI_H_RPCGEN */
```

Il file header contiene **tutte le dichiarazioni** che possono essere necessarie a un componente e sono anche messe a disposizione nei **due formati C standard e C Kernigham - Ritchie**

Esercitazione 8 6

File operazioni_xdr.c: routine di conversione

```
/* Please do not edit this file. It was generated using rpcgen. */
```

```
#include "operazioni.h"
```

```
bool_t xdr_Operandi (XDR *xdrs, Operandi *objp)  
{register int32_t *buf;  
  
    if (!xdr_int (xdrs, &objp->op1))  
        return FALSE;  
    if (!xdr_int (xdrs, &objp->op2))  
        return FALSE;  
    return TRUE;  
}
```

I file XDR sono tutti **insiemi di funzioni** per la **trasformazione dei dati dalla rappresentazione locale alla standard (XDR) e viceversa**. Ogni funzione è ottenuta scandendo la **sequenza dei dati** a ricorrendo alla **funzione XDR dei parametri elementari**.

Esercitazione 8 7

File operazioni_clnt.c: stub del client 1/2

```
/* Please do not edit this file. It was generated using rpcgen. */
```

```
#include <memory.h> /* for memset */
```

```
#include "operazioni.h"
```

```
/* Default timeout can be changed using clnt_control() */
```

```
static struct timeval TIMEOUT = { 25, 0 };
```

```
int * somma(Operandi *argp, CLIENT *clnt)  
{ static int clnt_res;  
  
    memset((char *)&clnt_res, 0, sizeof(clnt_res));  
  
    if (clnt_call (clnt, SOMMA,  
                (xdrproc_t) xdr_Operandi, (caddr_t) argp,  
                (xdrproc_t) xdr_int, (caddr_t) &clnt_res,  
                TIMEOUT) != RPC_SUCCESS) {  
        return (NULL);  
    }  
    return (&clnt_res);  
}
```

versione programma

Esercitazione 8 8

File operazioni_clnt.c: stub del client 2/2

versione programma

```
int * moltiplicazione_1(Operandi *argp, CLIENT
    *clnt)
{ static int clnt_res;

  memset((char *)&clnt_res, 0, sizeof(clnt_res));

  if (clnt_call (clnt, MOLTIPLICAZIONE,
                (xdrproc_t) xdr_Operandi, (caddr_t) argp,
                (xdrproc_t) xdr_int, (caddr_t) &clnt_res,
                TIMEOUT) != RPC_SUCCESS) {
    return (NULL);
  }
  return (&clnt_res);
}
```

Esercitazione 8 9

File operazioni_svc.c: stub del server 1/3

```
/* Please do not edit this file. It was generated using rpcgen. */
#include ...
```

```
static void operazioniprogram_1(struct svc_req *rqstp,
    register SVCXPRT *transp)
{ union { Operandi somma_1_arg; moltiplicazione_1_arg; } argument;
  char * result;
  xdrproc_t _xdr_argument, _xdr_result;
  char *(*local)(char *, struct svc_req *);

  switch (rqstp->rq_proc)
  { case NULLPROC:
    (void) svc_sendreply
      (transp, (xdrproc_t) xdr_void, (char *)NULL);
    return;
  case SOMMA:
    _xdr_argument = (xdrproc_t) xdr_Operandi;
    _xdr_result = (xdrproc_t) xdr_int;
    local = ( char *(*)(char *, struct svc_req *))somma_1_svc;
    break;
  case MOLTIPLICAZIONE:
    _xdr_argument = (xdrproc_t) xdr_Operandi;
    _xdr_result = (xdrproc_t) xdr_int;
    local = ( char *(*)(char *, struct svc_req *))moltiplicazione_1_svc;
    break;
  default:
    svcerr_noproc (transp);
    return;
  }
}
```

Esercitazione 8 10

File operazioni_svc.c: stub del server 2/3

```
memset ((char *)&argument, 0, sizeof (argument));

if (!svc_getargs (transp, _xdr_argument, (caddr_t) &argument))
{ svcerr_decode (transp); return;}

result = (*local) ((char *)&argument, rqstp);
if (result != NULL &&
    !svc_sendreply(transp, _xdr_result, result))
{ svcerr_systemerr (transp);}

if (!svc_freeargs (transp, _xdr_argument, (caddr_t)
&argument)){
    fprintf (stderr, "%s", "unable to free arguments");
    exit (1);
}
return;
}
/* si è preparata la invocazione e si procede per passi:
- prima la estrazione del parametro di ingresso
- poi la invocazione
- infine la estrazione del risultato
- e la liberazione dei parametri
*/
```

Esercitazione 8 11

File operazioni_svc.c: stub del server 3/3

```
int main (int argc, char **argv)
{ register SVCXPRT *transp;
  pmap_unset (OPERAZIONIPROG, OPERAZIONIVERS);
  /* doppio gestore di trasporto UDP e TCP*/

  transp = svctcp_create (RPC_ANYSOCK);
  if (transp == NULL)
  { fprintf (stderr, "%s", "cannot create udp service."); exit(1);}
  if (!svc_register(transp, OPERAZIONIPROG, OPERAZIONIVERS,
operazioneprog_1, IPPROTO_UDP)
      { fprintf (stderr, "%s", "unable to ..."); exit(1);}

  transp = svctcp_create(RPC_ANYSOCK, 0, 0);
  if (transp == NULL)
  {fprintf (stderr, "%s", "cannot create tcp service."); exit(1);}
  if (!svc_register(transp, OPERAZIONIPROG, OPERAZIONIVERS,
operazioneprog_1, IPPROTO_TCP)
      { fprintf (stderr, "%s", "unable to register ..."); exit(1);}

  svc_run ();

  /* NOTREACHED */
  fprintf (stderr, "%s", "svc_run returned"); exit (1);
}
```

Esercitazione 8 12

File operazioni_proc.c: implementazione procedure 1/2

```
#include <stdio.h>
#include <rpc/rpc.h>
#include "somma.h" versione programma

int *somma_1_svc( Operandi *op,
                 struct svc_req *rp)
{ static int ris;

  printf("Operandi ricevuti: %i e %i\n",
         op->op1, op->op2);
  ris = (op->op1) + (op->op2);
  printf("Somma: %i\n", ris);
  return (&ris);
}
```

Notiamo che si accede ai parametri tramite un puntatore che li racchiude tutti e ne permette l'accesso
Il risultato è una variabile statica

Esercitazione 8 13

File operazioni_proc.c: implementazione procedure 2/2

```
int *moltiplicazione_1_svc( Operandi *op,
                            struct svc_req *rp)
{ static int ris;

  printf("Operandi ricevuti: %i e %i\n",
         op->op1, op->op2);
  ris = (op->op1) * (op->op2);
  printf("Moltiplicazione: %i\n", ris);
  return (&ris);
}
```

Esercitazione 8 14

File operazioni_client.c: implementazione del client 1/2

```
#include ...
main(int argc, char *argv[]){
    char *server; Operandi op;  CLIENT *cl; int *ris;

    if (argc != 5) // controllo argomenti
    {fprintf(stderr, "uso:%s host tipo op1 op2\n", argv[0]);
      exit(1);}
    if (argv[2][0] != 'm' && argv[2][0] != 's')
    { fprintf(stderr, "uso: %s host somma/moltiplicazione op1
      op2\n", argv[0]);
      fprintf(stderr, "tipo deve iniziare per 's' o 'm'\n");
      exit(1);}
    server = argv[1];
    op.op1 = atoi(argv[3]);  op.op2 = atoi(argv[4]);

// creazione gestore di trasporto
    cl = clnt_create(server, OPERAZIONIPROG,
      OPERAZIONIVERS, "udp");
    if (cl == NULL) { clnt_pcreateerror(server);exit(1);}
```

Esercitazione 8 15

File operazioni_client.c: implementazione del client 2/2

```
if(argv[2][0] == 's') ris = somma_1(&op, cl);
if(argv[2][0] == 'm')
    ris = moltiplicazione_1(&op, cl);

/* errore RPC */
if (ris == NULL) { clnt_perror(cl, server);
  exit(1); }
/* errore risultato: assumiamo che non si possa ottenere 0 */
if (*ris == 0)
  { fprintf(stderr, "%s: ...", argv[0], server); exit(1);
  }
printf("Risultato da %s: %i\n",
      server, *ris);

// libero la risorsa gestore di trasporto
clnt_destroy(cl);
}
```

Esercitazione 8 16

Compilazione ed Esecuzione

Compilazione per generare l'eseguibile del **client**:

```
gcc -o operazioni      operazioni_client.c
                        operazioni_clnt.c
                        operazioni_xdr.c
```

→ produce il comando **operazioni**

Compilazione per generare l'eseguibile del **server**:

```
gcc -o operazioni_server  operazioni_proc.c
```

```
operazioni_svc.c
```

```
operazioni_xdr.c
```

→ produce il comando **operazioni_server**

Esecuzione

1. Mandare in esecuzione il server con il comando: **operazioni_server**

2. Mandare in esecuzione il client con il comando:

```
operazioni serverhost somma op1 op2
```

N.B.: nella variante il *client* viene lanciato con un unico argomento, *serverhost*, il *tipo di operazione* e gli *operandi* vengono recuperati interattivamente durante il ciclo d'esecuzione. Esercitazione 8. 17

Specifica: Esercizio 2

Sviluppare un'applicazione C/S che consente di **ottenere l'echo di una stringa invocando una procedura remota**.

Il **Client** realizza l'interazione con l'utente richiedendo una stringa, invoca la **procedura remota echo** passando come parametro **la stringa letta**, e stampa a video la stringa ottenuta come valore di ritorno dell'operazione invocata; si ripetono queste tre operazioni fino alla fine dell'interazione con l'utente.

Il **Server** realizza il servizio di echo che **restituisce come risultato la stringa** passata come parametro di ingresso.

Variante: realizzare il client non ciclico, che prende la stringa come argomento da linea di comando.

File echo.x

```
program ECHOPROG {
    version ECHOVERS {
        string ECHO(string) = 1;
    } = 1;
} = 0x20000013;
```

Compilazione per generare il file header, il file per le conversioni xdr e gli stub:

```
rpcgen echo.x
```

Produce i file:

- **echo.h** da includere in **echo_proc.c** e in **echo_client.c**
- **echo_clnt.c** stub del client
- **echo_svc.c** stub del server

Esercitazione 8 19

File echo_proc.c: implementazione procedure

```
#include <stdio.h>
#include <rpc/rpc.h>
#include "echo.h"

char **echo_1_svc (char **msg, struct svc_req *rp)
{
    static char *echo_msg;

    free(echo_msg);
    echo_msg=(char*)malloc(strlen(*msg)+1);

    printf("Messaggio ricevuto: %s\n", *msg);
    strcpy(echo_msg, *msg);
    printf("Messaggio da rispedire: %s\n", echo_msg);

    return (&echo_msg);
}
```

Motivi della posizione della **“free”**:

Prima della malloc perché serve a liberare la memoria occupata dall’invocazione precedente

→ **inutile** per la **prima volta**, **ok le successive**

Esercitazione 8 20

File echo_client.c: implementazione del client 1/2

```
#include <stdio.h>
#include <rpc/rpc.h>
#include "echo.h"
#define DIM 100

main(int argc, char *argv[]){
    CLIENT *cl;
    char **echo_msg;
    char *server;
    char *msg;

    if (argc < 2){fprintf(stderr, "uso: ...", argv[0]); exit(1);}
    server = argv[1];
    cl = clnt_create(server, ECHOPROG, ECHOVERS, "udp");
    if (cl == NULL)
        { clnt_pcreateerror(server);exit(1);}

    msg=(char*)malloc(DIM);
    printf("Qualsiasi tasto per procedere, EOF per terminare: ");
    printf("Messaggio (max 100 caratteri)? ");
    /* lettura della stringa da inviare o fine file*/
```

Esercitazione 8 21

File echo_client.c: implementazione del client

```
while (gets (msg) )
{
    echo_msg = echo_1 (&msg, cl);

    if (echo_msg == NULL) /* controllo errore RPC */
    { fprintf(stderr, "%s: %s fallisce la rpc\n", argv[0],server);
      clnt_perror(cl, server);  exit(1);
    }
    if (*echo_msg == NULL) /* controllo errore risultato */
    { fprintf(stderr, "%s: ...",  argv[0], server);
      clnt_perror(cl, server);  exit(1);
    }
    printf("Messaggio consegnato a %s: %s\n", server, msg);
    printf("Messaggio ricevuto da %s: %s\n", server, *echo_msg);

    printf("Qualsiasi tasto per procedere, EOF per terminare: ")
    printf("Messaggio (max 100 caratteri)? ");
    /* lettura della stringa da inviare o fine file*/
} // while gets(msg)

free(msg); clnt_destroy(cl); // Libero risorse: malloc e gestore di trasporto
printf("Termino...\n");
exit(0);
} // main
```

Esercitazione 8 22

Allocazione memoria lato server e client

Lato server il parametro di uscita deve essere **static**, inoltre:

- È necessario **allocare esplicitamente memoria** per il parametro di uscita (es., `echo_msg` in `echo_proc.c`)
- **Non serve sul parametro di ingresso**: l'allocazione è fatta automaticamente dal supporto rpc (es., `msg` in `echo_proc.c`)

Lato client:

- È necessario **allocare esplicitamente memoria** per il parametro di ingresso (es., `msg` in `echo_client.c`)
- **Non serve sul parametro di uscita**: l'allocazione del valore di ritorno è fatta automaticamente dal supporto rpc (es., `echo_msg` in `echo_client.c`)

Esercitazione 8 23

Compilazione ed Esecuzione

Compilazione per generare l'eseguibile del **client**:

```
gcc echo_client.c echo_clnt.c -o remote_echo
```

→ produce il comando `remote_echo`

Compilazione per generare l'eseguibile del **server**:

```
gcc echo_proc.c echo_svc.c -o echo_server
```

→ produce il comando `echo_server`

Esecuzione

1. Mandare in esecuzione il server con il comando: `echo_server`

2. Mandare in esecuzione il client con il comando:

```
remote_echo serverhost
```

N.B.: nella variante il *client* viene lanciato con due argomenti: *serverhost* e la *stringa* che si vuole inviare al server.

Esercitazione 8 24

Alcune opzioni di rpcgen (vedere il man):

- a Generate all the files including sample code for client and server side
- Sc Generate sample code to show the use of remote procedure and how to bind to the server before calling the client side stubs generated by rpcgen
- Ss Generate skeleton code for the remote procedures on the server side. You would need to fill in the actual code for the remote procedures

Verificare le altre opzioni

Esercitazione 8 25

XDR: alcuni consigli sulla definizione dei tipi di dati

I dati al **primo livello** (cioè quelli passati direttamente alle funzioni) possono essere passati **SOLO per valore** e **NON si possono passare** tipi di dato complessi (ad esempio gli array). Ad esempio:

```
string ECHO(string s);      Sì ☺  
char[] ECHO(char arrayCaratteri[12]);    No ☹
```

I dati al **secondo livello** (cioè definiti all'interno di altre strutture dati) possono invece usare anche strutture dati complesse (ad esempio array) e puntatori.

```
struct Input{char arrayCaratteri[12];}; } Sì ☺  
... Input ECHO(Input i);
```

Le **matrici** vanno però sempre definite **PER PASSI**:

```
struct Matrix{char arrayCaratteri[12][12];}; No ☹  
struct Riga{char arrayCaratteri[12];}; } Sì ☺  
struct Matrix{Riga riga[12];};
```

Esercitazione 8 26