



**Università degli Studi di Bologna
Scuola di Ingegneria**

Corso di Reti di Calcolatori T

Esercitazione 7 (svolta) Remote Procedure Call – RPC

**Antonio Corradi, Armir Bujari
Giuseppe Martuscelli, Lorenzo Rosa,
Andrea Sabbioni**

Anno accademico 2023/2024

RPC ELEMENTARI

Consideriamo **due esercizi** come esempio per mostrare alcuni punti che mettiamo in gioco **nelle RPC**

Siamo interessati a capire quale sia la **trasparenza degli stub** per la parte utente: **in alcuni casi l'utente non si accorge delle azioni necessarie a livello di stub per la comunicazione; in altri l'utente deve partecipare alle azioni degli stub per non avere problemi di gestione delle risorse**

Il **primo** rappresenta un caso di RPC in cui non ci dobbiamo **occupare della memoria** che viene gestita in modo automatico dal supporto RPC

Il **secondo** richiede una maggiore attenzione alla **gestione della memoria** che ha impatto sulle azioni che l'utente deve fare in modo esplicito per evitare di **perdere memoria** ad ogni operazione RPC

SPECIFICA: ESERCIZIO 1

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

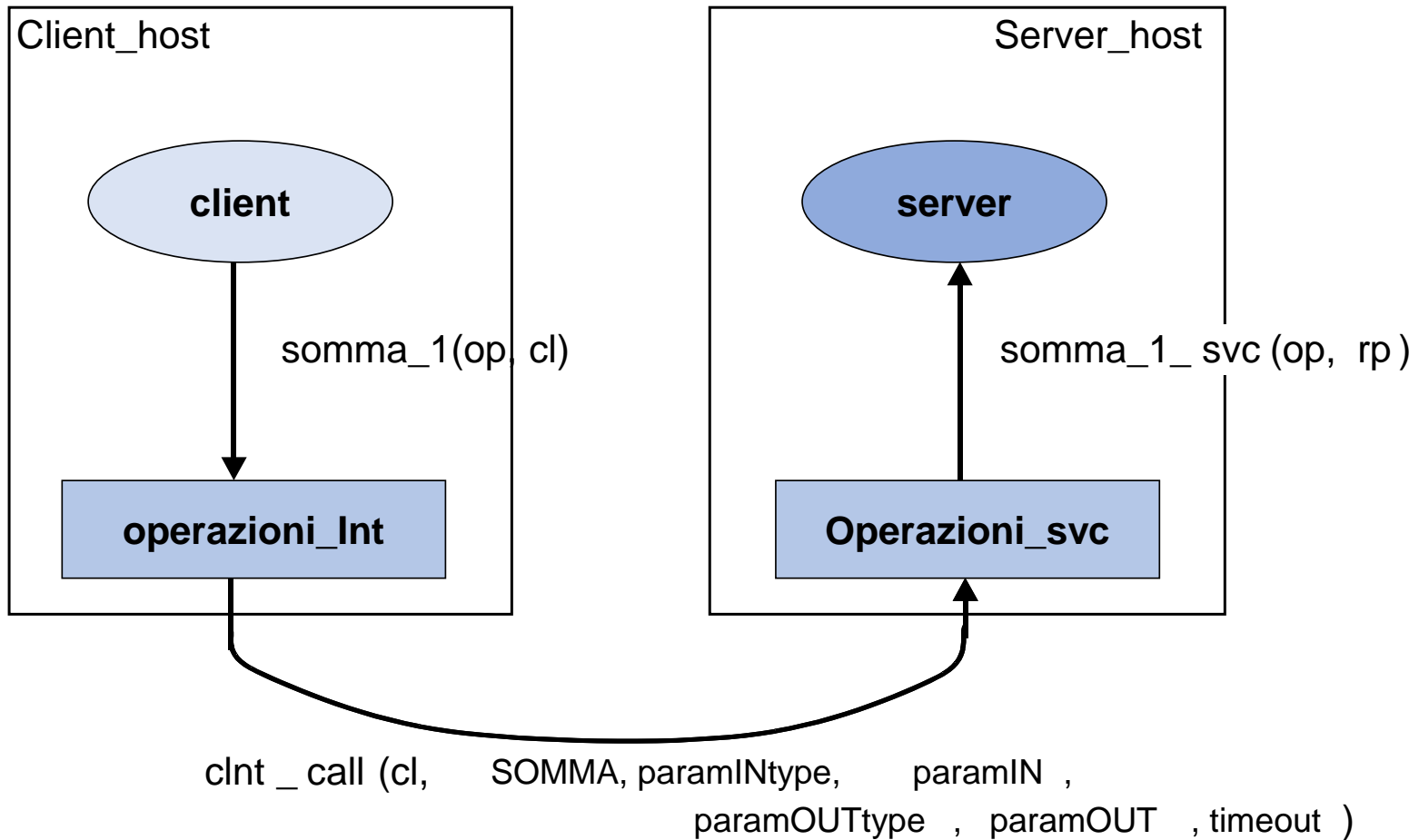
Il **Client** viene invocato da linea di comando con tre argomenti, i.e., il tipo di operazione e due interi che si vogliono sommare o moltiplicare, esegue la chiamata alla **procedura remota richiesta** passando gli operandi nella struttura dati **Operandi**, e stampa il risultato dell'operazione (**int**)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

ARCHITETTURA

Esempio per **somma**



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

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 0x20000013
#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
```

FILE OPERAZIONI.H 2/2

```
/* the xdr functions */
#ifdef __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**

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**

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 };
```

versione programma

```
int * somma 1(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);
```

```
}
```

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);
}
```

FILE OPERAZIONI_SVC.C: STUB DEL SERVER 1/3

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

```
#include ...
```

```
static void operazioneprog_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;  
  }
```

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

*/

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 = svcudp_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);
}
```


FILE OPERAZIONI_PROC.C: IMPLEMENTAZIONE PROCEDURE 1/2

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

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

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);
}
```

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);}
```


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);
}
```

COMPILAZIONE ED ESECUZIONE

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

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

SPECIFICA: ESERCIZIO 2

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

Le stringhe richiedono azioni sulla memoria da allocare e hanno impatto su quello che la parte applicativa deve fare

Il **Client** è un filtro e 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

FILE ECHO_PROC.C: IMPLEMENTAZIONE PROCEDURE SERVER

```
#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**

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*/
```

FILE ECHO_CLIENT.C: IMPLEMENTAZIONE DEL CLIENT 2/2

```
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
```

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`)

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**

<p>N.B.: nella variante il <i>client</i> viene lanciato con due argomenti: <i>serverhost</i> e la <i>stringa</i> che si vuole inviare al server</p>
--

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

REPETITA: 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];};
```