

Desarrollo de Sistemas Distribuidos

Práctica 2

Programación RPC

Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ETSI Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada

Índice

- Presentación de objetivos
- Comunicaciones entre procesos en sistemas distribuidos
 - Introducción
 - Sockets y RPC
- RPC
 - Objetivos
 - Modelo de llamadas remotas a procedimientos
 - Creación de Aplicaciones RPC
 - Compilación de Programas RPC
 - Ejecución de Programas RPC
- Ejercicio Propuesto

Objetivos

- Objetivo **general**:

- En esta práctica se pretende que el alumno conozca y adquiera experiencia en el manejo de los mecanismos para la implementación de programas distribuidos con llamadas a procedimientos remotos RPC (**R**emote **P**rocedure **C**all)

- Objetivos **específicos**:

- Conocer los mecanismos para definir interfaces a procedimientos remotos
- Aprender a implementar interfaces remotas y hacerlas accesibles
- Implementar programas cliente y servidor basados en esta tecnología
- Compilar, desplegar y ejecutar los programas desarrollados
- Resolver problemas de comunicación entre aplicaciones de usuario

Objetivos

Enlaces a información complementaria

- [RFC 1831: RPC Specification](https://www.ietf.org/rfc/rfc1831.txt?number=1831)
 - <https://www.ietf.org/rfc/rfc1831.txt?number=1831>

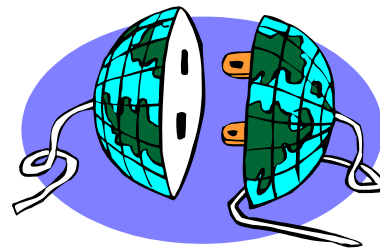
Introducción

- En sistemas distribuidos, programas que se ejecutan en espacios de direcciones diferentes, y posiblemente, equipos diferentes, pueden necesitar **comunicarse** unos con otros



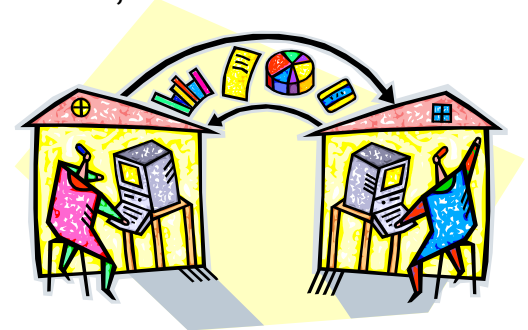
Sockets y RPC

- Un mecanismo básico de comunicación es el basado en **sockets** (enchufes). Esta tecnología requiere el tratamiento de protocolos de **bajo nivel** para la codificación y decodificación de los mensajes intercambiados, lo que dificulta la programación y es más proclive a errores



Sockets y RPC

- Una alternativa a los sockets es RPC (**R**emote **P**rocedure **C**all), que permite abstraer e implementar las comunicaciones, como llamadas a procedimientos convencionales (locales), pero posiblemente ejecutados en máquinas remotas. La codificación, empaquetado y transmisión de argumentos (proceso conocido como *serialización* o *marshalling*) se realiza mediante algún protocolo estándar de formateo de datos, como XDR (**eXternal Data Representation**)



- RPC resulta adecuado para programas basados en llamadas a procedimientos

¿Por qué surgió RPC?

● Protocolos orientados a funciones

- Telnet, FTP

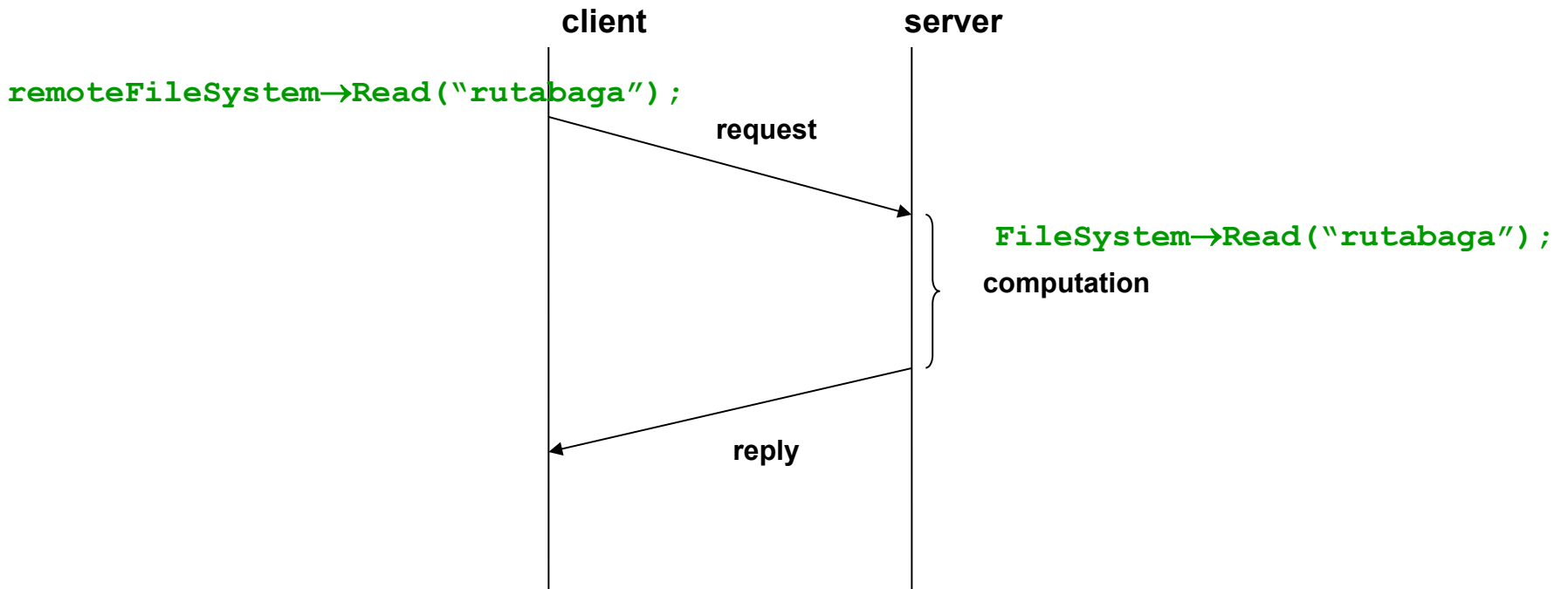
- No pueden ejecutar funciones con parámetros
“ejecuta la función Y con los parámetros X1, X2 en la máquina Z”



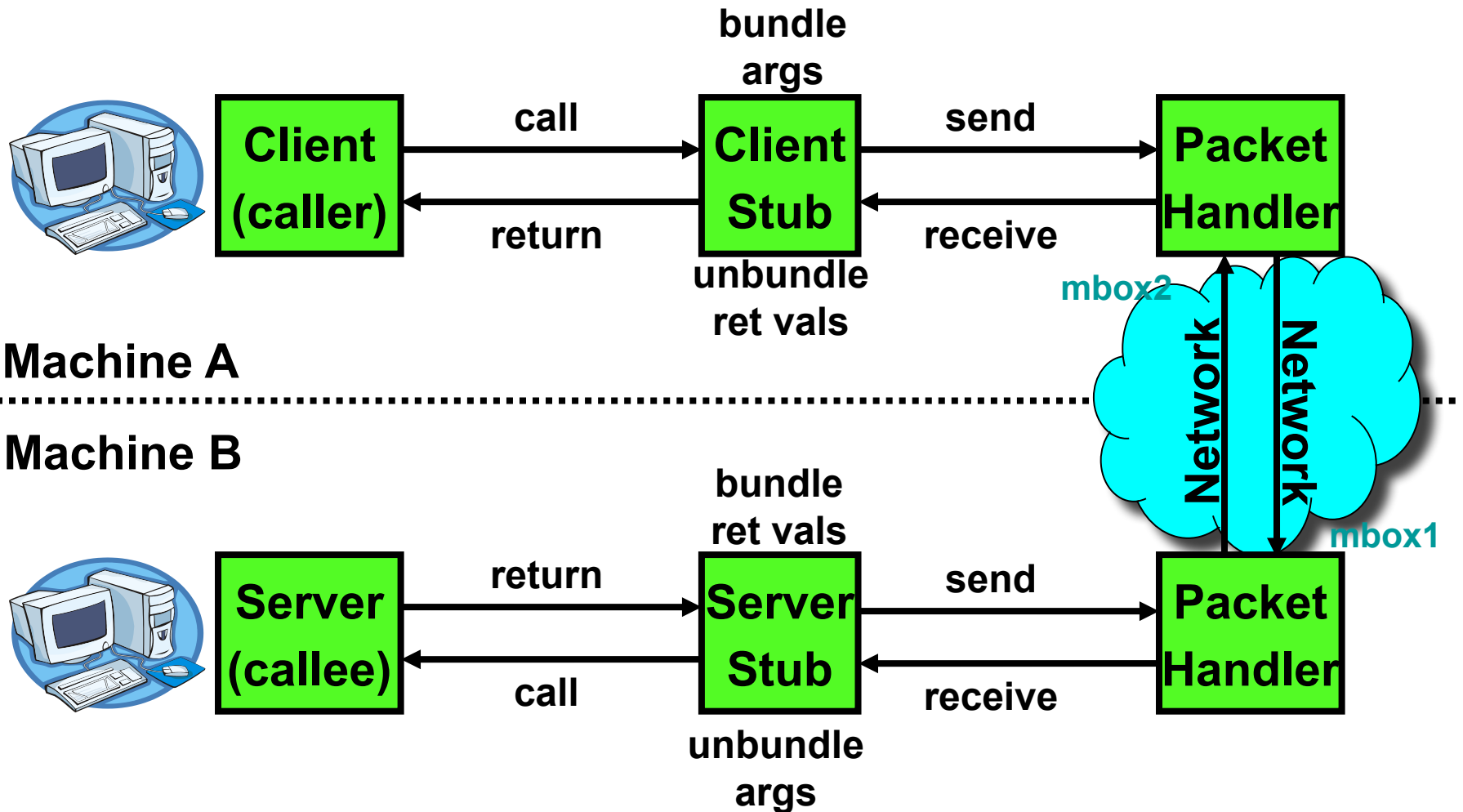
**RPC hace esto
de forma
transparente
al programador**

- » Necesitamos construir la interfaz del programa
- » Construir el entorno en tiempo real – formato de las órdenes de salida, interfaz con red de comunicación, serializar la respuesta entrante

RPC – funcionamiento



RPC Funcionamiento



RPC *Stubs*

- *Stub cliente*

- Tiene la misma interfaz que una función local
- Agrupa los argumentos en un mensaje y los envía al stub del servidor
- Espera respuesta, desagrupa resultados
- Devuelve resultados al cliente

- *Stub servidor*

- Simula una llamada local
- Escucha en un socket al stub del cliente
- Desagrupa los argumentos en variables locales
- Hace la llamada local
- Agrupa el resultado en un mensaje para el cliente

RPC Sun

1. Identificación unívoca de procedimiento

```
/* Archivo msg.x: Protocolo de impresion de un mensaje remoto */  
program MESSAGEPROG {  
    version PRINTMESSAGEVERS {  
        int PRINTMESSAGE (string) = 1;  
    } = 1;  
} = 0x20000001;
```

3 Número de procedimiento

2 Número de versión

1 Número de programa

/etc/rpc guarda el número de programa con su nombre

RPC Sun

- Números de programas

0 - 1ffffff	Definidos por Sun
20000000 - 3ffffff	Definidos por los usuarios para programas particulares
40000000 - 5ffffff	Reservados para programas que generan números de programas dinámicamente
60000000 - fffffff	Reservados para uso futuro

RPC Sun

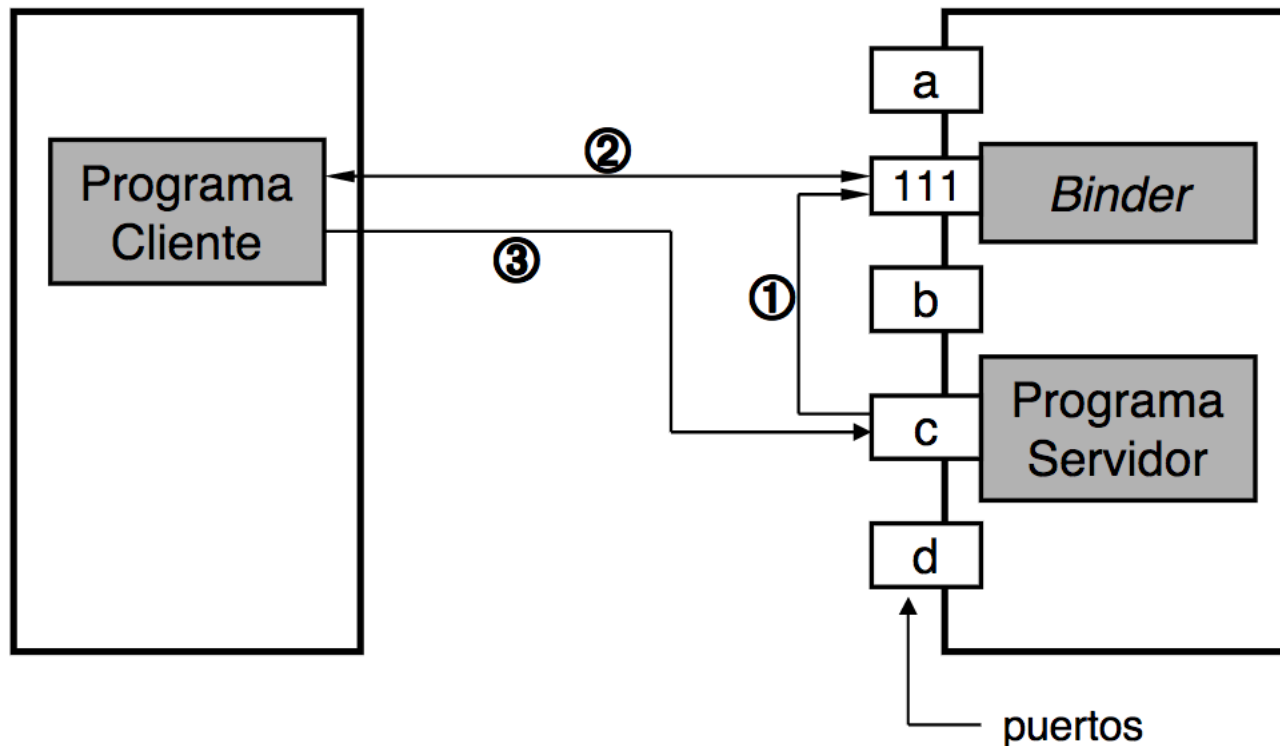
2. Selección de red

- **netpath.** Variable que especifica el orden para intentar los transportes (eg tcp:udp)
- **visible.** Utiliza fichero /etc/netconfig, los que tienen el flag v activado en orden de aparición.
- **tcp**
- **udp**

```
clnt = clnt_create(server, DIRPROG, DIRVER, "netpath");
```

RPC Sun

3. Directorio de servicios *rpcbind*. Enlace dinámico (*binding*)



RPC Sun

3. Directorio de servicios *rpcbind*. Enlace dinámico (*binding*)

- Asocia servicios con direcciones.
 - Rpcbind está en el puerto 111
 - Un servicio se registra
- Borrar registros
- Obtener dirección de un programa concreto
- Listar direcciones de programas (rpcinfo)
- Realizar una llamada remota a un cliente
- Devolver la hora

RPC Sun

4. Varios niveles

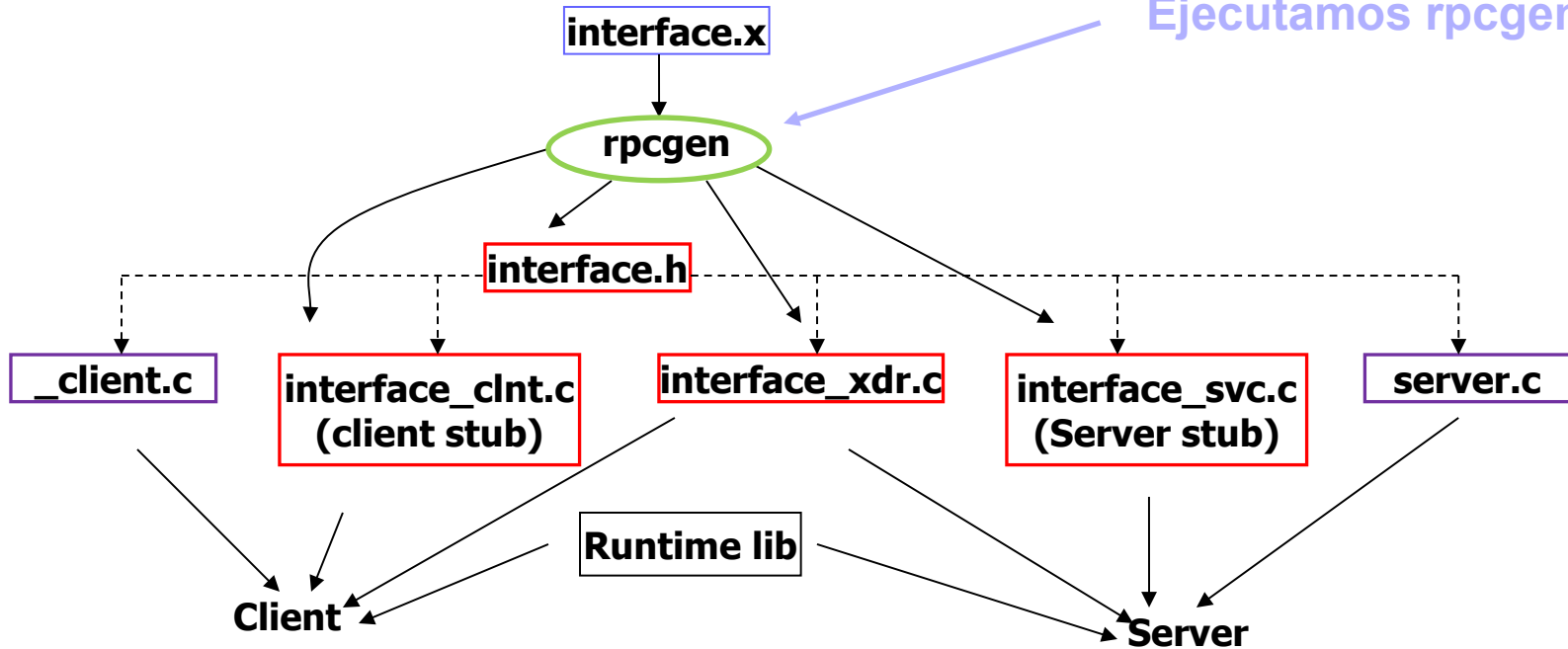
- Permite interactuar a varios niveles (ej. Nivel bajo – encriptación). Nosotros no lo vamos a usar, ya que usamos solo alto nivel con *rpcgen*

5. XDR, representación externa de datos, que permite interoperar con diferentes arquitecturas

rpcgen

Definimos una interfaz, datos y rutinas accesibles remotamente

Ejecutamos rpcgen



Source: R. Stevens, Unix Network Programming (IPC) Vol 2, 1998

rpcgen

Rpcgen genera automaticamente:

- Cabecera con definiciones comunes al cliente y servidor *.h
- Rutinas xdr para los tipos de datos definidos *_xdr.c. Convierten datos al formato XDR y viceversa.
- Los stub del cliente y el servidor *_svc.c y *_clnt.c
- Plantillas de los programas cliente y servidor *_client.c y *_server.c

Ejemplo

1. Crear tipos datos y definir funciones remotas:

```
/* dir.x : Protocolo de listado de directorio remoto */
const MAX= 255; /* longitud maxima de la entrada directorio */
typedef string nametype<MAX>; /* entrada directorio */
typedef struct namenode *namelist; /* enlace en el listado */

struct namenode{
    nametype name; /* nombre de la entrada de directorio */
    namelist next ; /* siguiente entrada */
};

/* La siguiente union se utiliza para discriminar entre llamadas
 * con exito y llamadas con errores */
union readdir_res switch (int errno) {
    case 0:
        namelist list; /* sin error: listado del directorio */
    default:
        void; /* con error: nada */
};

program DIRPROG {
    version DIRVER {
        readdir_res READDIR(nametype) = 1;
    } =1;
} = 0x20000155;
```

String = char * en C

Mayúsculas

Ejemplo

2. Generar los stub, plantillas, etc.

■ rpcgen -NCa dir.x

- (-N). Código estilo C = genera el código con los argumentos pasados por valor (sin struct si hay varios)

- Archivos plantilla

Opción	Función
-a	Genera todos los archivos plantilla
-Sc	Genera la plantilla para el cliente
-Ss	Genera la plantilla para el servidor
-Sm	Genera la plantilla del archivo para la utilidad make

- (-C). Código ANSI-C o C++. Se usa junto con -N.
- (-M). Multithread. Código Multithread seguro. Para entornos multihebras.

```
/* dir_server.c : código del servidor */
```

```
...
```

```
readdir_res *  
readdir_1_svc(nametype dirname, struct svc_req *rqstp)  
{
```

```
    DIR *dirp;  
    struct dirent *d;  
    namelist nl;  
    namelist *nlp;
```

```
    static readdir_res result; /* tiene que ser estatica */
```

```
    dirp = opendir(dirname);  
    if (dirp == (DIR *)NULL) {  
        result.errnum = errno;  
        return (&result);  
    }
```

```
    xdr_free(xdr_readdir_res, &result);
```

```
    nlp = &result.readdir_res_u.list;  
    while (d = readdir(dirp)) {  
        nl = *nlp = (namenode *) malloc(sizeof(namenode));  
        if (nl == (namenode *) NULL) {  
            result.errnum = 10;  
            closedir(dirp);  
            return (&result);  
        }  
        nl->name = strdup(d->d_name);  
        nlp = &nl->next;
```

```
    }  
    *nlp = (namelist) NULL;  
    result.errnum = 0;  
    closedir (dirp);  
    return (&result);  
}
```

Ejemplo

Añade (_1_svc) número
versión a la función

Información
contexto;
programa, versión,
puntero a
información de
transporte

Estática. Para devolver
un puntero y que tenga
sentido fuera del
ámbito de la función

Ejemplo

```
/* dir_client.c: código del cliente */
...
void dirprog_1(char *server, nametype dir)
{
    CLIENT *clnt;
    readdir_res *result;
    namelist nl;

    #ifndef DEBUG
    clnt = clnt_create(server, DIRPROG, DIRVER, "udp"); ←
    if (clnt == (CLIENT *) NULL) {
        clnt_pcreateerror(server);
        exit(1);
    }
    #endif /* DEBUG */

    result = readdir_1(dir, clnt);
    if (result == (readdir_res *) NULL) {
        clnt_perror(clnt, server);
        exit(1);
    }

    if (result->errnum != 0) {
        errno = result->errnum;
        perror(dir);
        exit(1);
    }

    for (nl = result->readdir_res_u.list; nl != NULL; nl = nl->next)
        printf("%s\n", nl->name);

    xdr_free (xdr_readdir_res, result); ←

    #ifndef DEBUG
    clnt_destroy(clnt);
    #endif /* DEBUG */
}
```

Crea una estructura de datos (handle) del cliente, que se pasa a la rutina del stub para llamar al procedimiento remoto.

***Clnt_destroy* liberará memoria cuando ya no se realicen más llamadas**

Libera memoria asignada a la llamada RPC, similar a *free()*

Ejemplo

- `_xdr.c` Hace la serialización con XDR.
 - En este ejemplo se muestra una función `xdr_pointer()` que sigue una cadena de punteros y codifica el resultado en una cadena de bytes. Soluciona el problema de pasar punteros del espacio de direcciones de una máquina a otra (en el cual no serían válidos).

Ejemplo

3. Compilación y enlazado

- Editar las siguientes líneas de Makefile.dir:

```
CFLAGS += -g -I/usr/include/tirpc
```

```
LDLIBS += -ltirpc
```

- Ejecutar orden `make -f Makefile.dir`

```
make -f Makefile.dir
```

Ejemplo

4. Ejecutar servidor en una máquina

- `./servidor`

5. Ejecutar cliente en otra (o en otro shell si es en local)

- `./cliente <nombre_servidor> <parámetros>`

Lenguaje RPC

No es C
Aunque se
parece mucho

- Es una extensión del lenguaje XDR
- Definiciones
 - No asignan espacio
 - Las variables necesitan ser declaradas posteriormente

No son como las
declaraciones

```
<lista-definiciones> ::= <definicion>; | <lista-definiciones>;  
<definicion> ::= <definicion-enum> |  
                  <definicion-const> |  
                  <definicion-typedef> |  
                  <definicion-struct> |  
                  <definicion-union> |  
                  <definicion-program>
```

Lenguaje RPC

- Enumeraciones. Misma sintaxis que C.

RPC

```
enum tipocolor {  
    ROJO = 0,  
    VERDE = 1,  
    AZUL = 2  
};
```

---->

C

```
enum tipocolor {  
    ROJO = 0,  
    VERDE = 1,  
    AZUL = 2,  
};  
typedef enum tipocolor tipocolor;
```

Lenguaje RPC

- Constantes

RPC

C

```
const DOCENA = 12;
```

--->

```
#define DOCENA 12
```

- Definiciones de tipo

```
typedef string tipo_nombref<255>;
```

--->

```
typedef char *tipo_nombref;
```

Lenguaje RPC

RPC no soporta
declaraciones
de variables

- Declaraciones de tipos
 - Deben formar parte de un *struct* o *typedef*

RPC

C

```
tipocolor color;
```

--->

```
tipocolor color;
```

simple

```
tipocolor paleta[8];
```

--->

```
tipocolor paleta[8];
```

Array fijo

```
int altura<12>;
```

--->

```
struct {  
    u_int altura_len;  
    int *altura;  
} altura;
```

Array variable

```
listaelementos *siguiente;
```

--->

```
listaelementos *siguiente;
```

punteros

Lenguaje RPC

● Estructuras

RPC

```
struct coord {  
    int x;      --->
```

C

```
struct coord  
    int x;
```

● Uniones


```
union resultado_leido switch (int errno) {  
    case 0:  
        tipodato dato;  
    default:  
        void;  
};
```

```
struct resultado_leido {  
    int errno;  
    union {  
        tipodato dato;  
    } resultado_leido_u;  
};  
typedef struct resultado_leido resultado_leido;
```

Lenguaje RPC

● Casos especiales

- Booleano *bool_t*
- Cadenas de caracteres (*string*) Longitud máxima



```
string nombre<32>;      --->      char *nombre;  
string nombrecompleto<>; --->      char *nombrecompleto;
```

- *Datos opacos (sin tipo fijo)*

```
opaque bloquedisco[512]; ---> char bloquedisco[512];  
opaque datosf<1024>;      ---> struct {  
                                u_int datosf_len;  
                                char *datosf_val;  
                                } datosf;
```

- *Void. Solo en definiciones de union y programas*

Calculadora

- Paso de operación y operandos a través de línea de órdenes:
 - <programa> <maquina> <número> <operador> <número>
 - <maquina> es la IP o nombre del servidor
 - <operador> puede ser + - x /
 - El cliente filtra la entrada, y llama a la operación correspondiente del servidor
 - El servidor realiza la operación y devuelve el resultado.
- Alternativamente, se puede utilizar un menú interactivo para seleccionar la operación y solicitar los operandos a través de la entrada estándar