# Curso: (30227) Seguridad Informática

Fernando Tricas García

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza
http://webdiis.unizar.es/~ftricas/
http://moodle.unizar.es/
ftricas@unizar.es

# Práctica 4: Desbordamientos de memoria

Fernando Tricas García

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza
http://webdiis.unizar.es/~ftricas/
http://moodle.unizar.es/
ftricas@unizar.es

# Desbordamientos de memoria

‘Buffer Overflows’ ‘Buffer Overruns’

Los desbordamientos de memoria llevan décadas causando problemas.

- Internet worm y fingerd (1988)
- Más del 50 % de los problemas de seguridad en 1999 (CERT/CC)
- Enero 2000-2004, 19 % de vulnerabilidades
- 48 % de los problemas en de seguridad (CERT/CC, 12 octubre 2004)

# Una demostración sencilla

## Desbordamiento de la pila

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    int a;
    char b[2];
    char stop[10];

    stop[0]='\n';

    a=0;
    b[0]='1';
    b[1]='\0';

    printf("%s\n",b);

    strcpy(b, argv[1]);


    if (a!=0) {
        printf("Vale ... te pillé!\n", a);
    }

    printf("a: %d\n",a);
    printf("b: %s\n",b);

}
```

Si ejecutamos . . .

```
./overflow A
1
a: 0
b: A
```

```
./overflow AA
1
a: 0
b: AA
```

```
./overflow AAA
1
Vale ... te pillé!
a: 65
b: AAA
```

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos: ¿Todavía?

- Es extremadamente sencillo equivocarse
  - Mal diseño del lenguaje
  - Malas prácticas de programación
- Hay lenguajes inmunes, pero no siempre podremos usarlos
  - Aún asi, estos lenguajes inmunes utilizan bibliotecas escritas en lenguajes 'peligrosos'.

# Desbordamientos: ¿Qué son?

- Los programas necesitan almacenar datos en la memoria
- C (y otros) memoria dinámica
  - Se puede alojar en la
    - pila ('stack')
    - zona de memoria dinámica ('heap')

'buffer'

- Se trata de almacenar más datos de los que 'caben' en la memoria reservada y sacar partido de ello.

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos de memoria

## No sólo variables de texto...

Además

- Desbordamiento de enteros
- Ataques de cadenas de formato

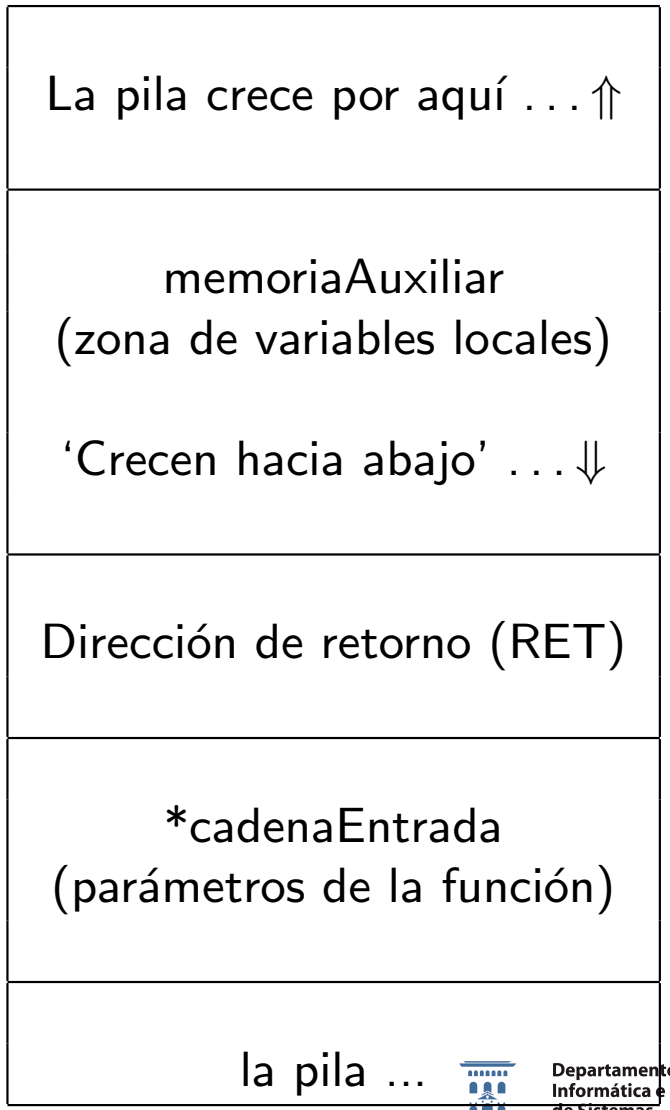
Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos

## Y la pila

```
void funcion_chunga(char *cadenaEntrada)
{
        char memoriaAuxiliar[10];

        strcpy(memoriaAuxiliar, cadenaEntrada);
}
```



# Desbordamientos: ¿Qué sucede?

- Si alguien intenta (y consigue) almacenar más de lo que cabe ... normalmente irá a parar encima del siguiente 'trozo' de memoria
- Los programas pueden
  - Actuar de forma extraña
  - Fallar
  - Seguir ejecutándose

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos: ¿De qué depende?

Depende de:

- Cuántos datos
- Qué datos se sobreescribieron
- Cuales se escribieron en su lugar
- ¿El programa accede a esos datos?

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos: ¿problema de seguridad?

- Según dónde se escriba, se pueden modificar valores críticos para el programa.
  - Pero todavía puede ser más sofisticado: ataques abusando de la pila ('stack–smashing attacks' y similares).
    - Return–into–libc (Con cualquier desbordamiento...)
- Pueden ser mucho más serios que un simple cambio de valor en una variable.

Con un poco de creatividad, el atacante puede llegar a ejecutar cualquier cosa

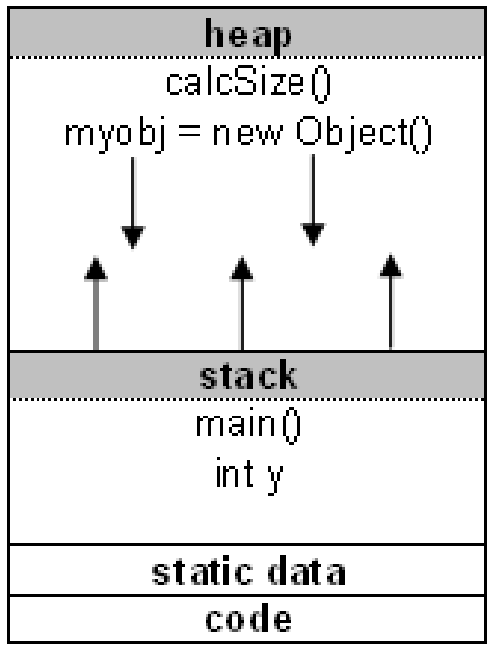
# Pero ... ¿cómo funciona?

Zonas de memoria

- La pila (**stack**) ...
  - Parámetros y entorno del programa
  - La pila (crece cuando el programa avanza, crece hacia la zona de memoria dinámica)
- La zona de memoria dinámica (**heap**, también crece, hacia la pila)
  - Segmento de almacenamiento de bloques ('block storage segment'): datos de acceso global
  - Segmento de datos. Datos de acceso global, inicializados.
  - Segmento de texto. Código del programa, sólo lectura.

# Los candidatos

- La pila y la zona de memoria dinámica crecen cuando el programa se ejecuta
- La pila se gestiona automáticamente (llamadas a funciones: contexto, variables no estáticas, parámetros, ...)
- Se pueden desbordar las dos




http://www.maxi-pedia.com/what+is+heap+and+stack

# Desbordamientos

## Zona de memoria dinámica ('heap')

Sencillos en teoría, pero complicados de llevar a cabo.

1. Hay que saber qué variables son críticas
2. Encontrar alguna zona de memoria, que adecuadamente modificada altere esas variables
3. Puede ocurrir que la modificación 'rompa' la ejecución del programa

# Una demostración sencilla

## Desbordamiento del heap

```
#include <string.h>
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    char * buf1 = (char *) malloc(5);
    char * buf2 = (char *) malloc(10);

    strcpy(buf1, argv[1]);
    strcpy(buf2, argv[2]);

    printf("buf1: %s\n", buf1);
    printf("buf2: %s\n", buf2);

}
```

### Si ejecutamos . . .

```
./overflowHeap A B
buf1: A
buf2: B
```

```
./overflowHeap AA B
buf1: AA
buf2: B
```

...

```
./overflowHeap AAAAAAAAAAAAAAA B
buf1: AAAAAAAAAAAAAAA
buf2: B
```

```
./overflowHeap AAAAAAAAAAAAAAAA B
buf1: AAAAAAAAAAAAAAAB
buf2: B
```

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos

## Desbordando la pila

Una diferencia fundamental: siempre hay algo interesante para escribir, la dirección de retorno

1. Encontrar una zona de memoria candidata en la pila
2. Colocar código hostil en algún sitio
3. Escribir sobre la dirección de retorno, la dirección del código

Hacer 'mapa' para encontrar variables interesantes según la dirección que se va a sobreescribir

'Smashing The Stack For Fun And Profit'
Aleph One
`http://insecure.org/stf/smashstack.html`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamiento de la pila

## Código de ataque

- No es sencillo
- Ensamblador para la máquina atacada
- Se puede encontrar en la red (y en los libros, artículos, ...)

Entonces ...

- Se coloca el código adecuado en cualquier parte
- Se sobreescribe la pila para que el control pase a ese código
- Si el programa se ejecutaba con privilegios altos, el atacante los consigue
- La zona de memoria es más difícil de atacar, pero no es la solución del problema.

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos: defensa

- Programación defensiva. Cuidado con:

`strcpy()` `strcat()` `sprintf()` `scanf()` `sscanf()` `fscanf()` `vfscanf()` `vsprintf` `vscanf()` `vsscanf()` `streadd()` `strecpy()` `strtrns()`

- Evitarlas siempre que sea posible, casi todas tienen alternativas razonables.

`strncpy, strncat, ...` pero cuidado!

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamientos internos

Algunas funciones 'expanden' sus parámetros internamente, y que no siempre controlan bien los límites

- `realpath()`
- `syslog()` En principio, los problemas resueltos, cuidado con sistemas viejos
- `getopt()` `getpass()` Consejo: cuidado con lo que pasamos.

# Desbordamientos: más con las entradas

`gets()` `getchar()`, `fgetc()`, `getc()`, `read()`

Consejo, comprobar:

- Siempre los límites!
- Longitud de los datos antes de almacenarlos
- No pasar datos excesivamente grandes a otras funciones

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Más riesgos

- Las funciones 'seguras' no lo son tanto

  `strncpy()` `strncat()`

  ...

  - Pueden dejar cadenas sin cerrar
  - Pueden inducir problemas (un carácter)
  - Fácil equivocarse

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Más funciones con las que tener cuidado


`bcopy()`, `fgets()`, `memcpy()`, `snprintf()`, `strccpy()`, `strcadd()`, `strncpy()`, `vsnprintf()`

`getenv()`: nunca suponer pequeño el tamaño de las variables

# Mas riesgos: aún más

- Hay más (incluso desconocidas)
- No fiarse de las bibliotecas de otros (ni de las comerciales)
- No suponer nada acerca de los programas de otros

Ya tenemos por donde empezar ... el resto es cosa nuestra

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Algunas herramientas

Ya nombramos algunas herramientas de análisis. Otras ideas:

- Pila no ejecutable
- Comprobación de límites en el compilador
  - `/GS` (en compiladores de Microsoft)
  - `-fstack-protector` (en el compilador gcc)

  ¡Mirar la documentación!
- Utilizar un lenguaje seguro (al menos en esto)
- Stackguard (canario)
- Address Space Layout Randomization

# Bibliotecas seguras

- `Strsafe`:
  `http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms647466.aspx`
- `strlcpy, strlcat`:
  `http://www.courtesan.com/todd/papers/strlcpy.html`
- `libsafe`: reemplazar las funciones inseguras por versiones seguras
- `glib`:
  `http://developer.gnome.org/glib/2.34/glib-String-Utility-Functions.html`

  `http://www.research.avayalabs.com/gcm/usa/en-us/initiatives/all/nsr.htm&Filter=ProjectTitle:Libsafe&Wrapper=LabsProjectDetails&View=LabsProjectDetails`

  ¿Abandonado?

# ¿Y en Windows?

- Es más difícil
- Muchas funciones 'interesantes' se cargan dinámicamente
- Esto dificulta 'encontrarlas' en la memoria

'The Tao of Windows Buffer Overflow'
DilDog

`http://www.cultdeadcow.com/cDc_files/cDc-351/`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Desbordamiento de enteros

- El problema aparece cuando el tipo de datos seleccionado para almacenar ciertos datos no es capaz de albergar los datos de nuestro programa.
- Es frecuente olvidar que los tipos de datos son capaces de almacenar una cantidad limitada de ellos
  Ejemplo: números enteros con signo (16 bits)

| Binario | Decimal |
|---|---|
| 0111 1111 1111 1111 | 32767 |
| 1000 0000 0000 0000 | -32767 |
| 1111 1111 1111 1111 | -1 |

# Entonces . . .

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

main(int argc, char *argv[])
{
    short int a = 25;
    short int b = 25;
    short int c = 2*a;


    printf("a: %d\n", a);
    printf("b: %d\n", b);
    printf("c: %d\n", c);

    a = atoi(argv[1]);
    b = atoi(argv[2]);
    c = a + b;

    printf("---------\n\n", a);
    printf("a: %d\n", a);
    printf("b: %d\n", b);
    printf("a+b: %d\n", a+b);
    printf("c=a+b: %d\n\n", c);
}
```

## Si ejecutamos . . .

```
./integerOverflow 10 10
a: 25
b: 25
c: 50
---------
a: 10
b: 10
a+b: 20
c=a+b: 20
```

```
./integerOverflow 100000 10
a: 25
b: 25
c: 50
---------
a: -31072
b: 10
a+b: -31062
c=a+b: -31062
```

# Problemas

- Los obvios con cambios de valores no esperados
- rangos de índices de vectores y matrices
- reserva de memoria

'Basic Integer Overflows'
blexim
`http://www.phrack.org/issues.html?issue=60&id=10`

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Ataques de cadenas de formato

Reconocido en el año 2000 *format string attack*

- fprintf(sock, username)
- en lugar de
- fprintf(sock, "%s", username)

# Cadenas de formato

El problema: %n %x %s

```
int
main(int argc, char **argv)
{
        int                 num;
        printf("%s%n\n", "foobar", &num);
        printf("%d\n", num);
}
```

Imprime:

*foobar*
*6* *(el %n está antes del \n)*

Por lo tanto ...
Podemos escribir enteros en la pila, con una cadena de formato adecuada

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Una demostración sencilla

## Cadenas de formato

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    char args[512];

    strcpy(args, argv[1]);
    printf(args);
    printf("\n");
}
```

Si ejecutamos . . .

```
./formatString2 AAAA
AAAA
```

. . .

```
./formatString2 %x %x
bf9dc575b78535c9
```

. . .

```
./formatString2 AAAA %x %x %x %x %x %x %x %x %x
AAAAbff4d563b78015c9bff4c768b7810cc2710bff4c9b40b781dff4
```

./formatString2 AAAA %x %x %x %x %x %x %x %x %x %x %x

AAAAbfe6855fb77e65c9bfe66db8b77f5cc2710bfe670040b7802ff4b780353c41414141

Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad Zaragoza

# Consiguiendo información

## Cadenas de formato

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    char args[512];
    char * password= "TESLA";

    strcpy(args, argv[1]);
    printf("Dirección␣del␣");
    printf("secreto:␣%08x\n",
        password);
    printf(args);
    printf("\n");
}
```

Si ejecutamos . . .

```
./formatString3 AAAA
Dirección del secreto: 00400764
AAAA
```

. . .

```
./formatString3 AAAA %x %x %x %x %x %x %x %x %x %x
Dirección del secreto: 00400764
AAAA12ab00001288ca ... a84f6faedb040076441414141
```

. . .

```
./formatString3 `printf "\x64\x07\x40\x00"`%x%x%x%x%x%x%x%x%s
Dirección del secreto: 00400764
d@61a4f0006182bad0161a4f01f136a0a15861839a8436a0a010TESLA
```

Sacha Fuentes. ‘Exploiting Software‘. In hakin 9 starter kit 3/2007