Securitate Software

II. Vulnerabilități legate de coruperea memoriei

Continut

Definiții

Buffer overflow apare atunci când date sunt scrise într-un buffer de lungime fixă, iar mărimea acestor date depășește capacitatea buffer-ului.

Mai general: orice acces (R / W) în afara zonei rezervate (sub / peste).

Cauze apariție: nevalidarea datelor introduse de utilizator.

Întâlnit în aplicații scrise în C/C++

- mai rar, *managed code* (.NET, Java)

Principalele efecte (riscuri):

- modificarea / coruperea datelor aplicației;
- blocarea aplicației $\Longrightarrow$ atac DoS;
- controlul fluxului de execuție al aplicației $\Longrightarrow$ alterarea comportamentului aplicației.

Context

- procese, organizarea memoriei:
  - *code*: codul programului și bibliotecile
  - *data*: variabile globale și statice, heap
  - *stack*: argumentele funcțiilor, variabile locale, date de control (adresa de retur)
- datele, informații de control și codul sunt amestecate
  - codul / informațiile de control pot fi suprascrise
  - sistemul incurcă datele cu codul

Exemplu clasic

```
char dst[5];
char *src = "0123456789";
strcpy(dst, src);
```

Stack overflow

- ce este stiva?
- structura și utilizarea în arhitectura Intel
  - convenții de apel, stack frames, etc.
- exploatare
  - posibil datorită prezenței pe stivă a datelor si a informațiilor de control
  - ex. variabile locale pentru funcții și
    - ★ saved stack frame pointer (EBP)
    - ★ adresa de retur

Stiva

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

Stiva II

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

```
void FunctionOne(int c)
{
    int LocalInt;
    char LocalBuffer[32];

    /* Operations */
}
```

Stiva III

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

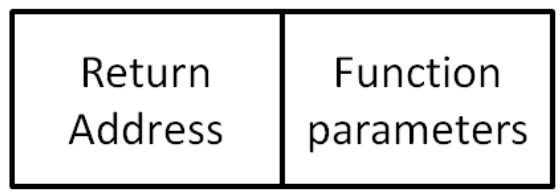
```
void FunctionOne(int c)
{
    int LocalInt;
    char LocalBuffer[32];

    /* Operations */
}
```

Function parameters

Stiva IV

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

```
void FunctionOne(int c)
{
    int LocalInt;
    char LocalBuffer[32];

    /* Operations */
}
```



Stiva V

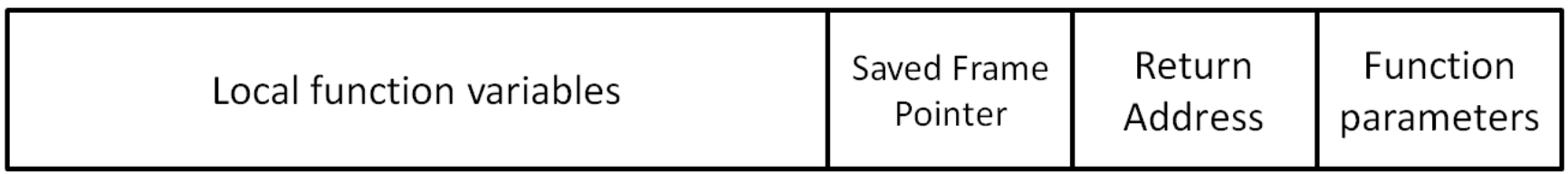
```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

```
void FunctionOne(int c)
{
    int LocalInt;
    char LocalBuffer[32];

    /* Operations */
}
```

Stiva VI

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

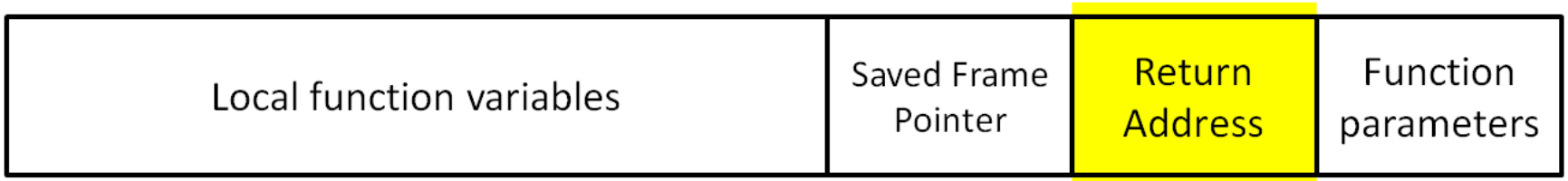
```
void FunctionOne(int c)
{
    int LocalInt;
    char LocalBuffer[32];

    /* Operations */
}
```



Stiva VII

```
void main(void)
{
    FunctionOne(arguments);
    FunctionTwo();
}
```

```
void FunctionTwo(void)
{
    /* Operations */
}
```



Structura stivei (stack frames)

```
int function_B(int a, int b) {
    int x, y; // variabile locale
    x = a * a;
    y = b * b;
    return (x + y);
}
int function_A(int p, int q) {
    int c; // variabile locale
    c = p * q * function_B(p, p);
    return c;
}
int main(int argc, char **argv, char **env) {
    int res;
    res = function_A(1, 2);
    return res;
}
```

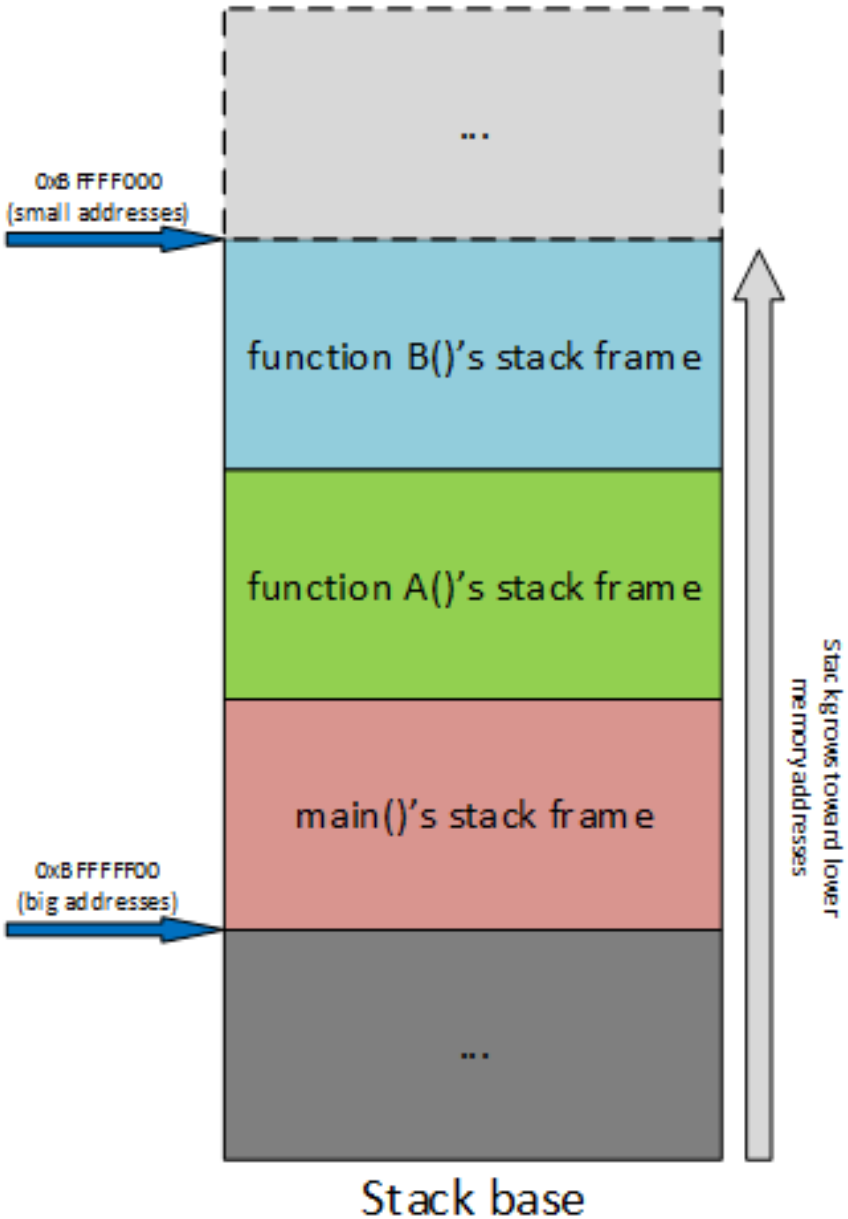
M. Down et al., The Art of Software Security Assessment, Addison Wesley, 2012, pg. 175

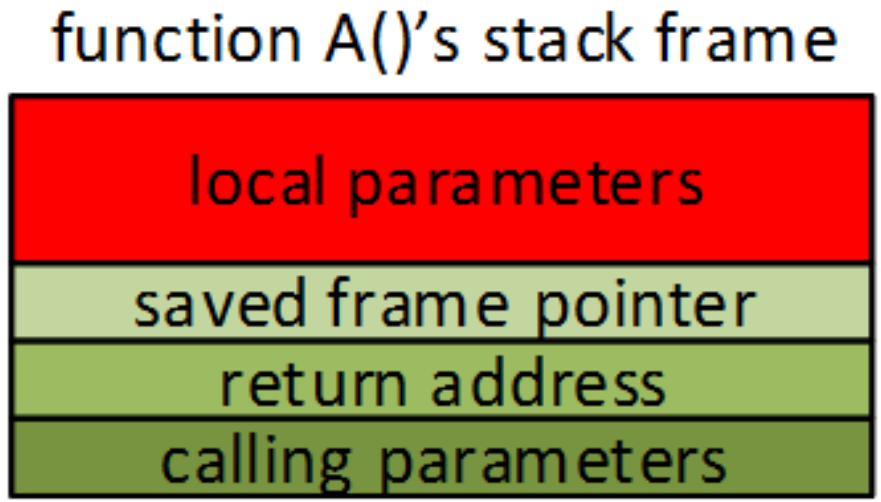
Utile

Pentru a vizualiza rapid trecerea din cod C/C++ în cod asamblare puteți folosi http://gcc.godbolt.org/

- folosiți compilatorul gcc,
- sintaxa Intel,
- optiunea *-m32* pentru a compila programul pe 32 de biti

Stack frames II

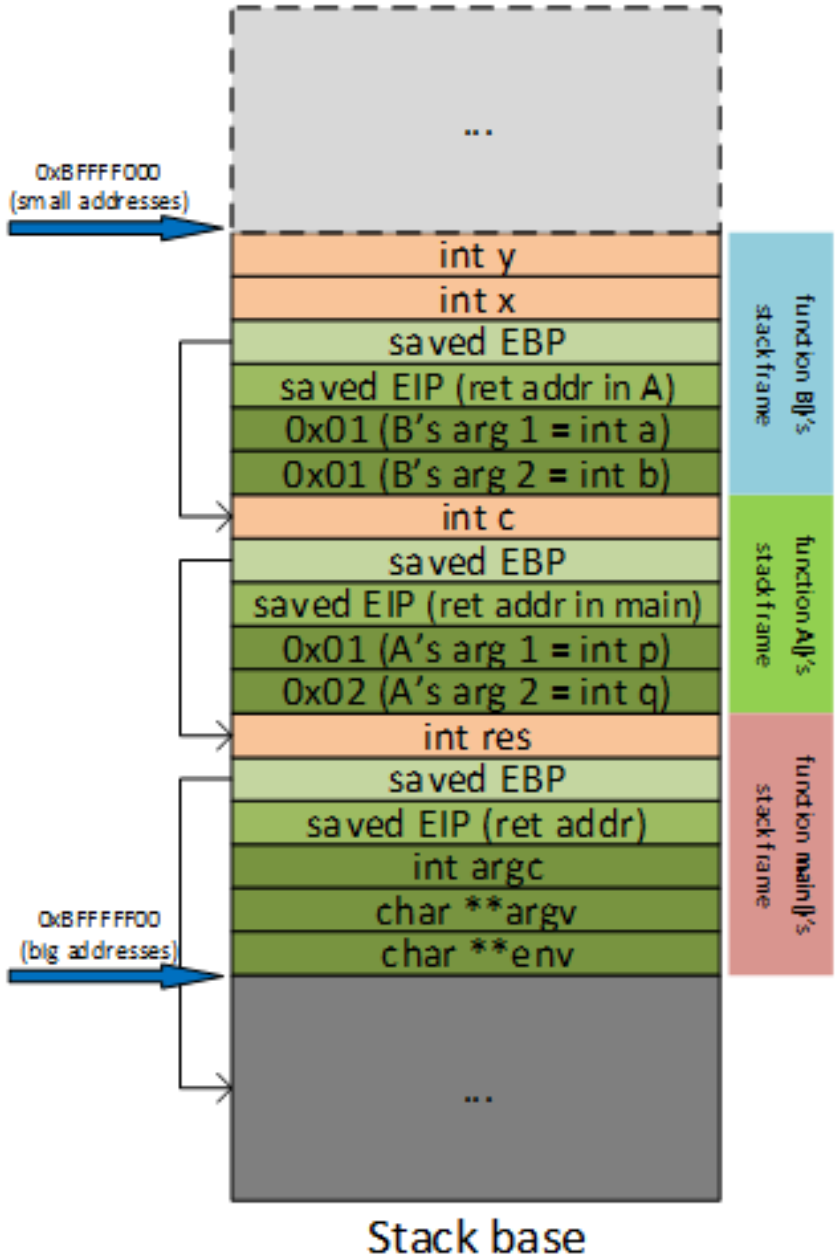




Stack frames III

```
int function_B(int a, int b)
push EBP
mov EBP, ESP
sub ESP, 48h
...
int function_A(int p, int q)
push EBP
mov EBP, ESP
sub ESP, 44h
...
push 1
push 1
call function_B
int main(int argc, char **argv, char **env)
push 2
push 1
call function_A
...
```

Stack frames IV



Exploatare: suprascrierea variabilelor locale sau a argumentelor unei funcții

- argumentele unei funcții și variabilele locale sunt pe stivă:
  - partea nedorită din buffer poate suprascrie aceste valori
- specific aplicației
- depinde de modul în care compilatorul generează codul
  - convenții de apel, organizarea stivei

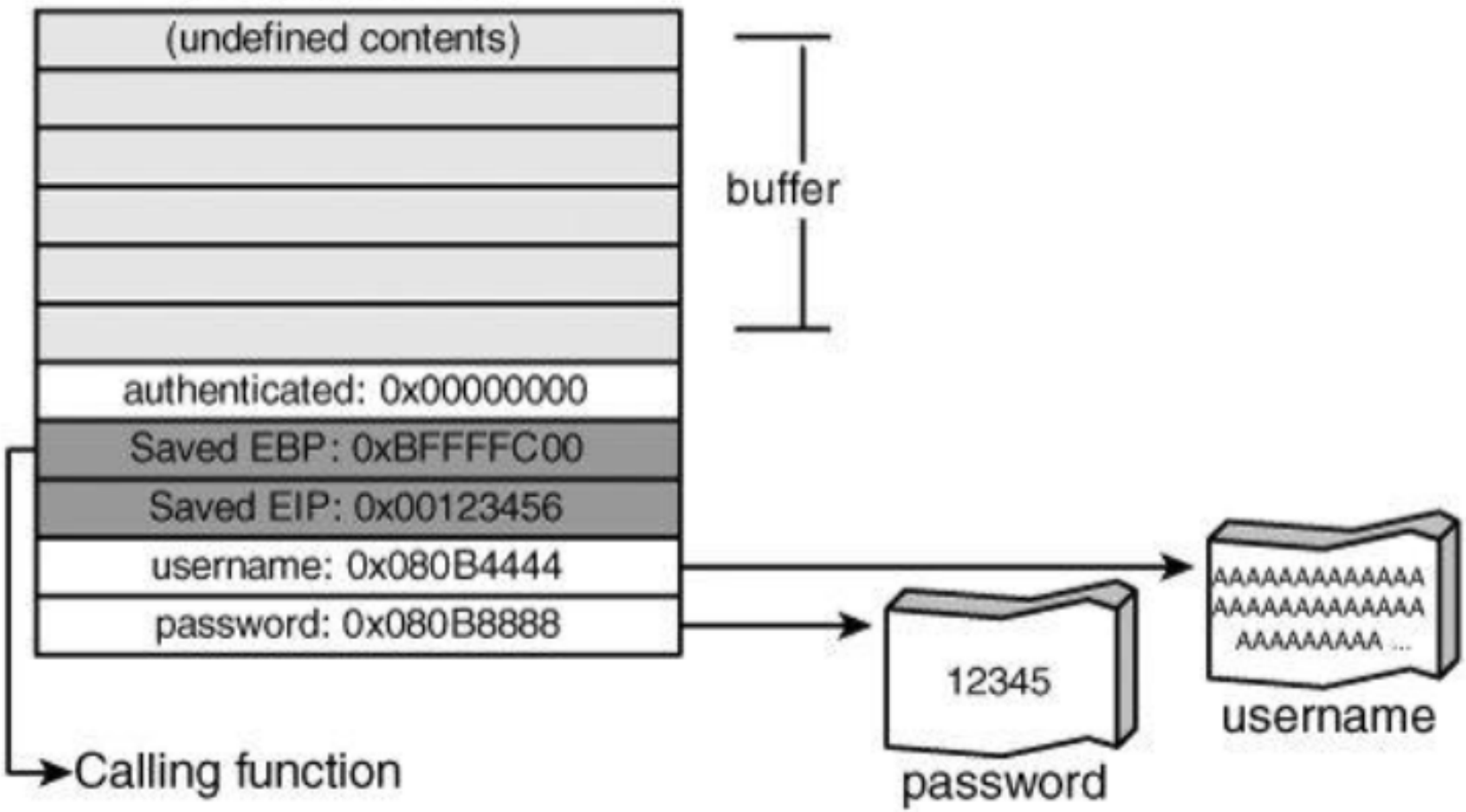
Exploatare: suprascrierea variabilelor locale sau a argumentelor unei funcții II

ex. alterarea valorii variabilei locale *authenticated* $\Longrightarrow$ schimbarea funcționalității

```
int authenticate(char *username, char *password) {
  int authenticated;
  char buffer[1024];
  authenticated = verify_password(username, password);
  if (authenticated == 0) {
    sprintf(buffer, "incorrect password for user %s\n", username);
    log("%s", buffer);
  }
  return autheticated;
}
```

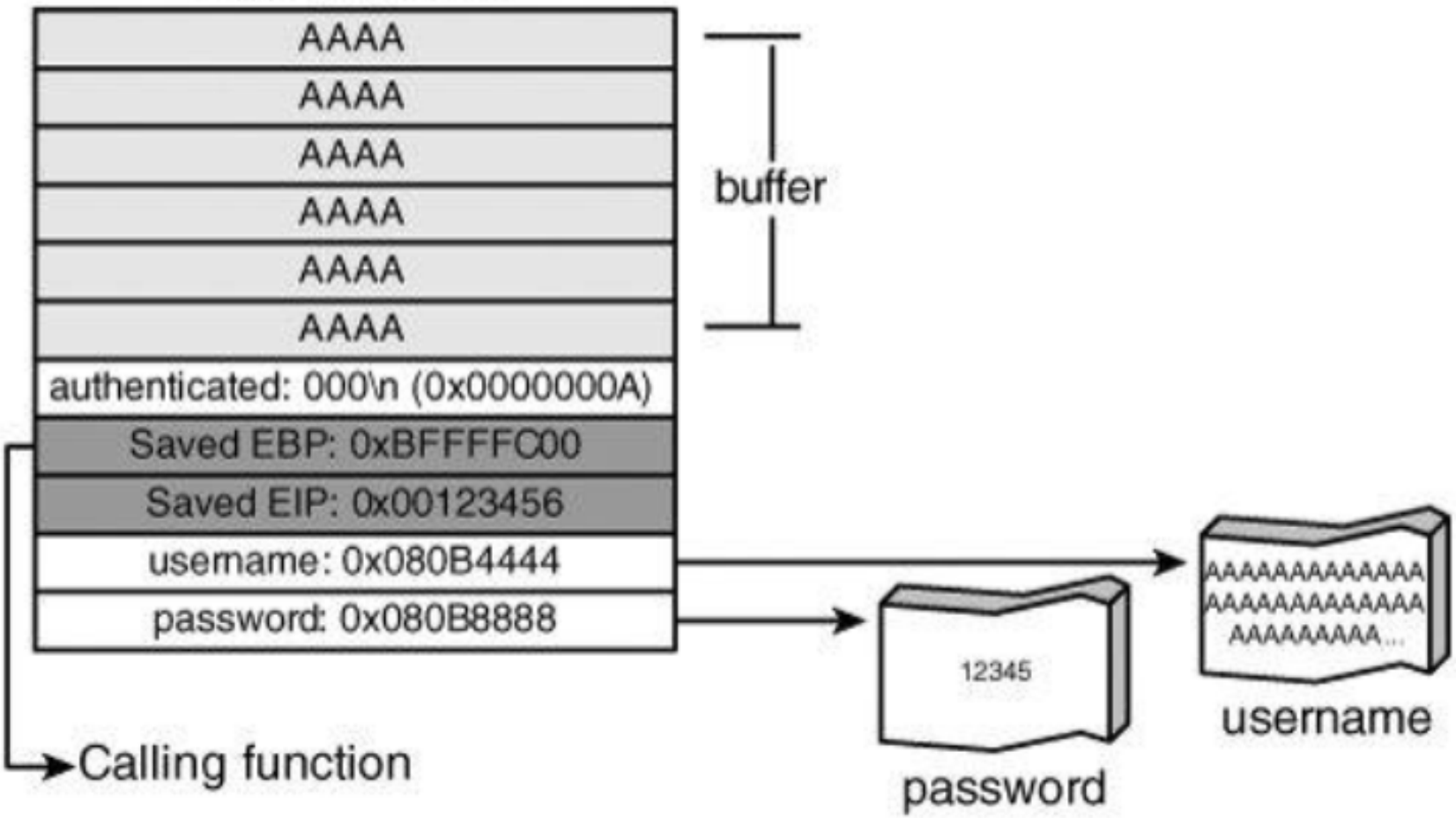
Exploatare: suprascrierea variabilelor locale sau a argumentelor unei funcții III

Stack frame pentru funcția authenticate()



Exploatare: suprascrierea variabilelor locale sau a argumentelor unei funcții III

Stack frame pentru funcția authenticate() după exploatare = atacator autentificat



Exploatare: suprascrierea datelor de control

1. suprascrie adresa de retur $\Longrightarrow$ deturna fluxul aplicației, execuția revine
   - într-o zonă de memorie ce conține date controlate de atacator
     - ★ ex. variabile globale, locație de pe stivă, buffer static ce conține codul atacatorului
     - ★ cod injectat de atacator: *shellcode* (încearcă stabilirea unei conexiuni cu mașina atacatorului)
     - ★ datorat confuziei între date și cod
     - ★ posibil daca este permisă execuția codului injectat
   - undeva în codul aplicației sau într-o biblioteca comuna
     - ★ unde se găsește cod util pentru atacator
     - ★ ex. apelul unei funcții sistem dintr-o bibliotecă
     - ★ independent de codul atacatorului

Exploatare: suprascrierea datelor de control II

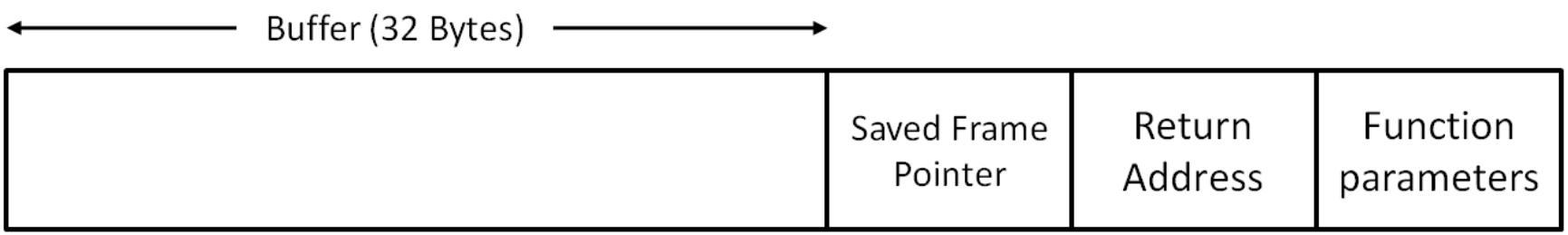
2. suprascrie *stack frame pointer (EBP)*
   - modifică execuția funcției apelante
   - specific aplicației

Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

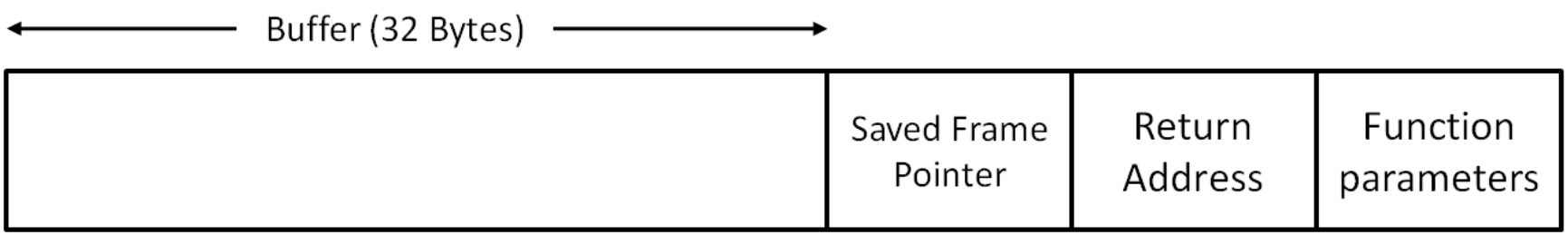


Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

SAMPLE INPUTS (STR VALUES):

1. “Kevin”
2. “A” * 40

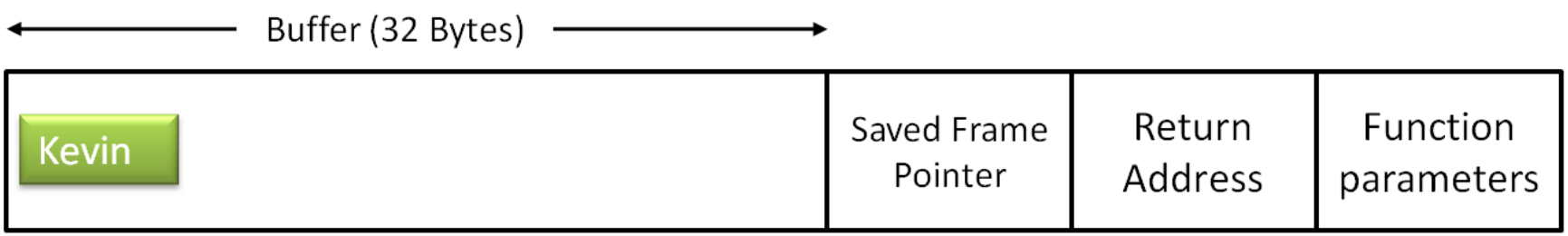


Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

SAMPLE INPUTS (STR VALUES):

1. “Kevin”
2. “A” * 40

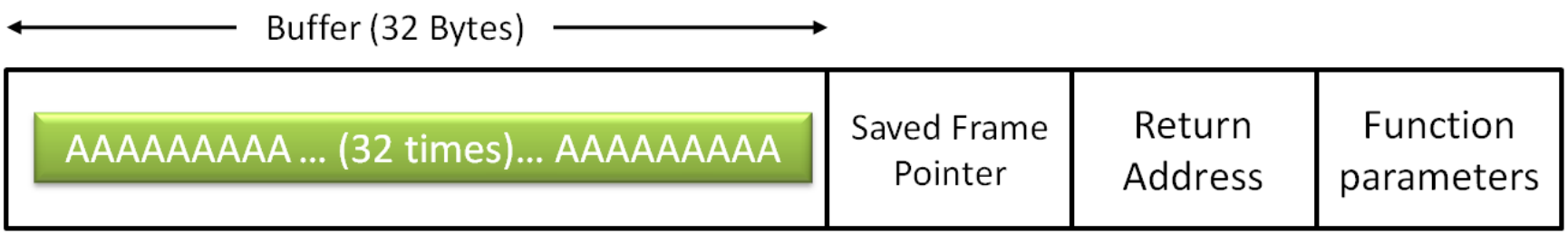


Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

SAMPLE INPUTS (STR VALUES):

1. "Kevin"
2. "A" * 40

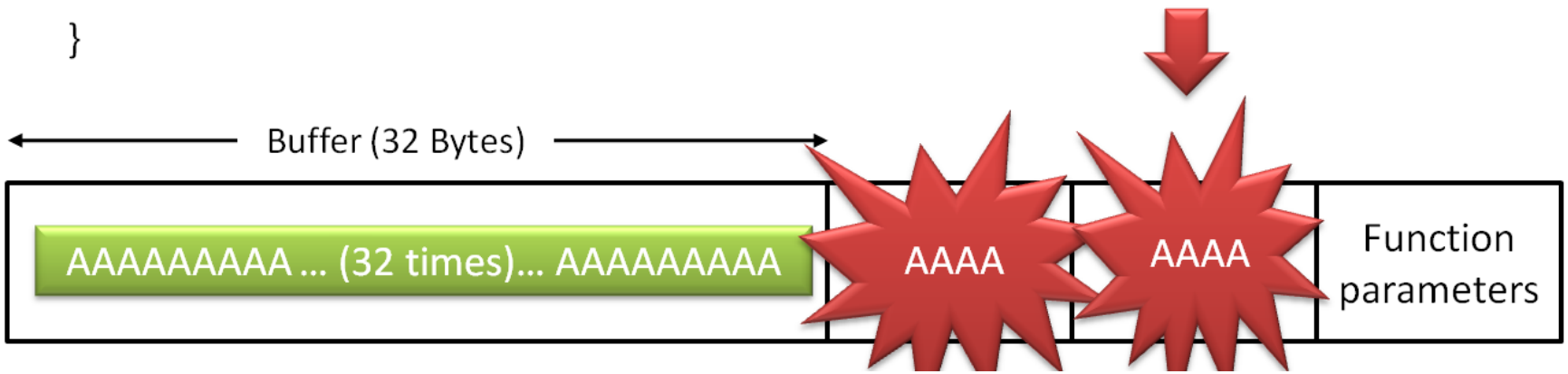


Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

SAMPLE INPUTS (STR VALUES):

1. “Kevin”
2. “A” * 40

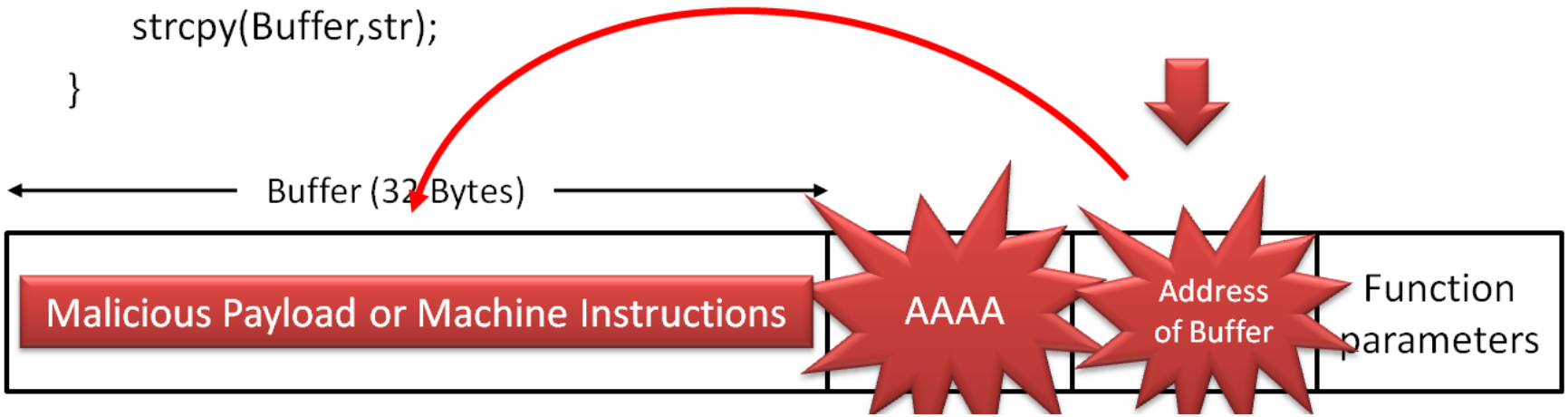


Exemplu

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    char Buffer[32];

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

SAMPLE INPUTS (STR VALUES):

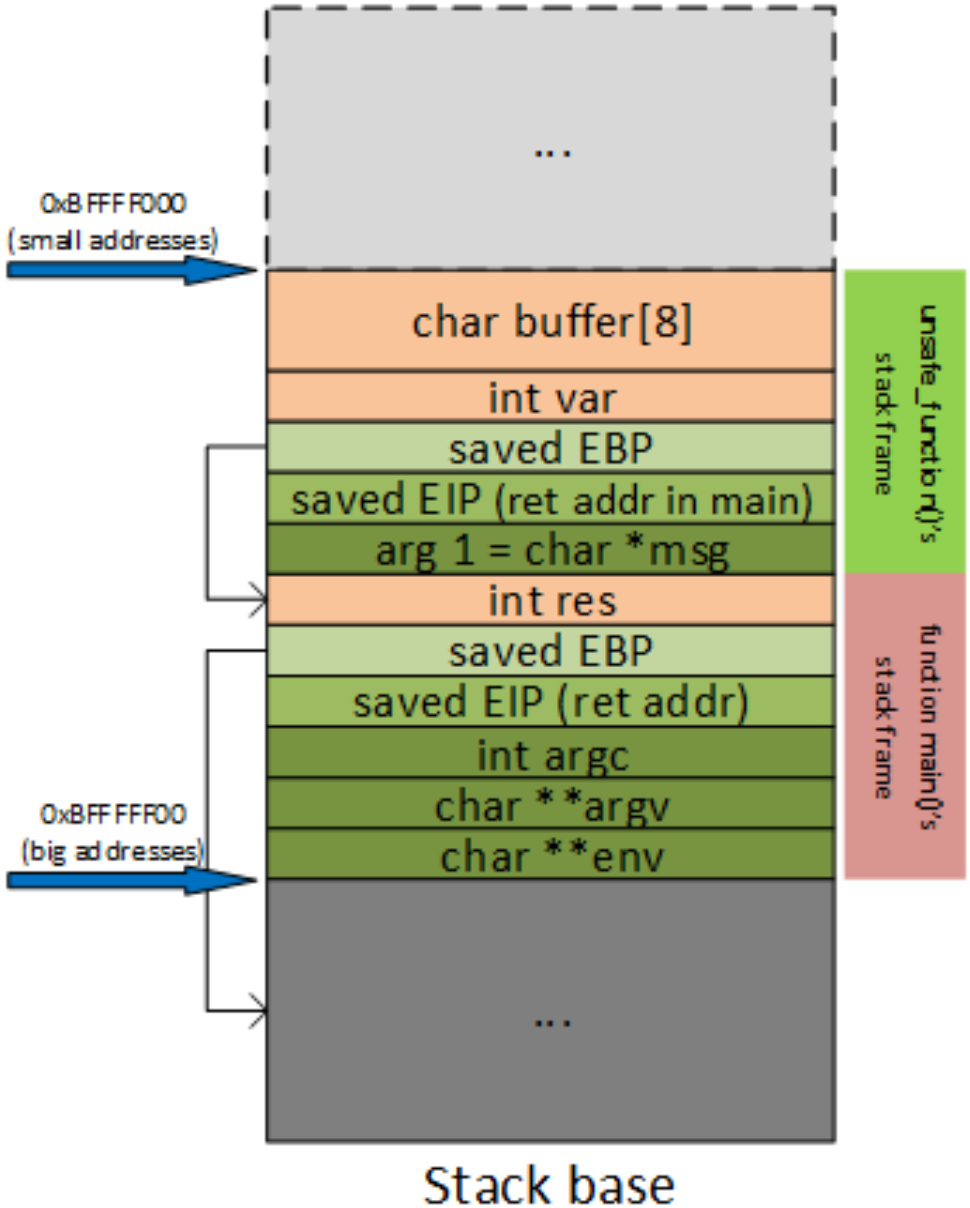
1. "Kevin"
2. "A" * 40



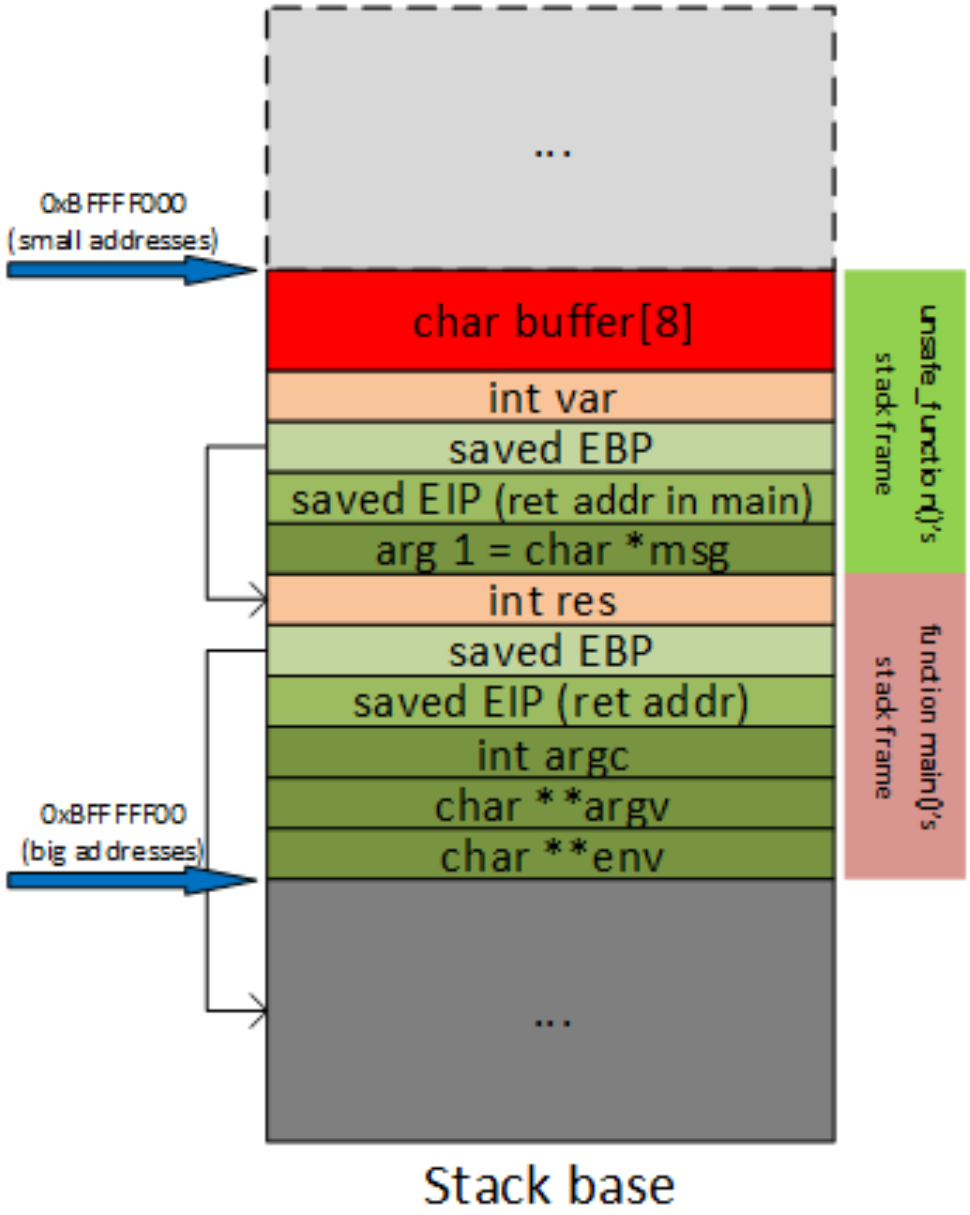
Exemplu: suprascrierea adresei de retur

```
int unsafe_function(char *msg) {
  int var; // variabila locala
  char buffer[8];
  var = 10;
  strcpy(buffer, msg);
  return var;
}
int main(int argc, char **argv, char **env) {
  int res;
  /* Buffer overflow pentru "strlen(argv[1]) >= 8" */
  res = unsafe_function(argv[1]);
  return res;
}
```

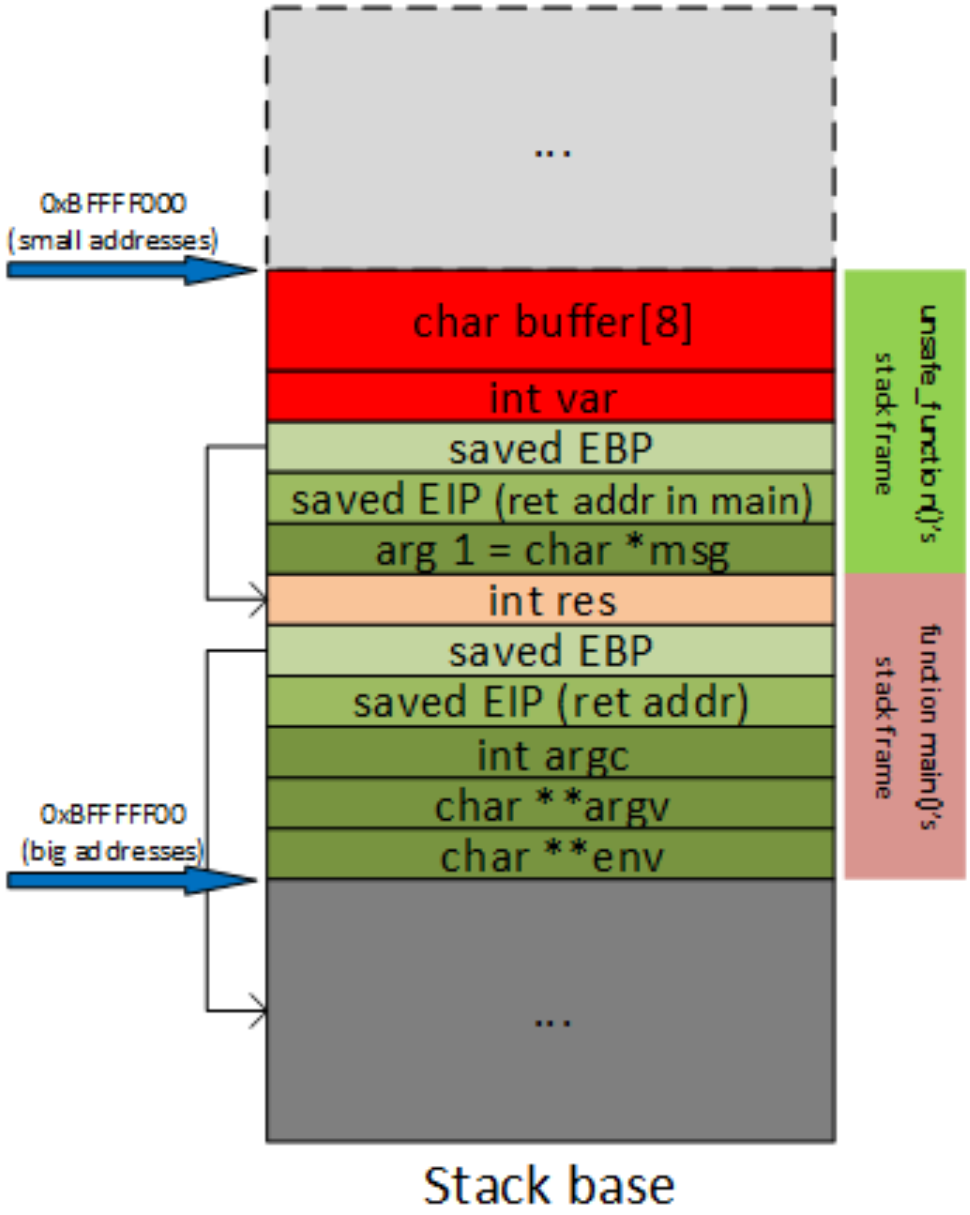
Vizualizare stiva



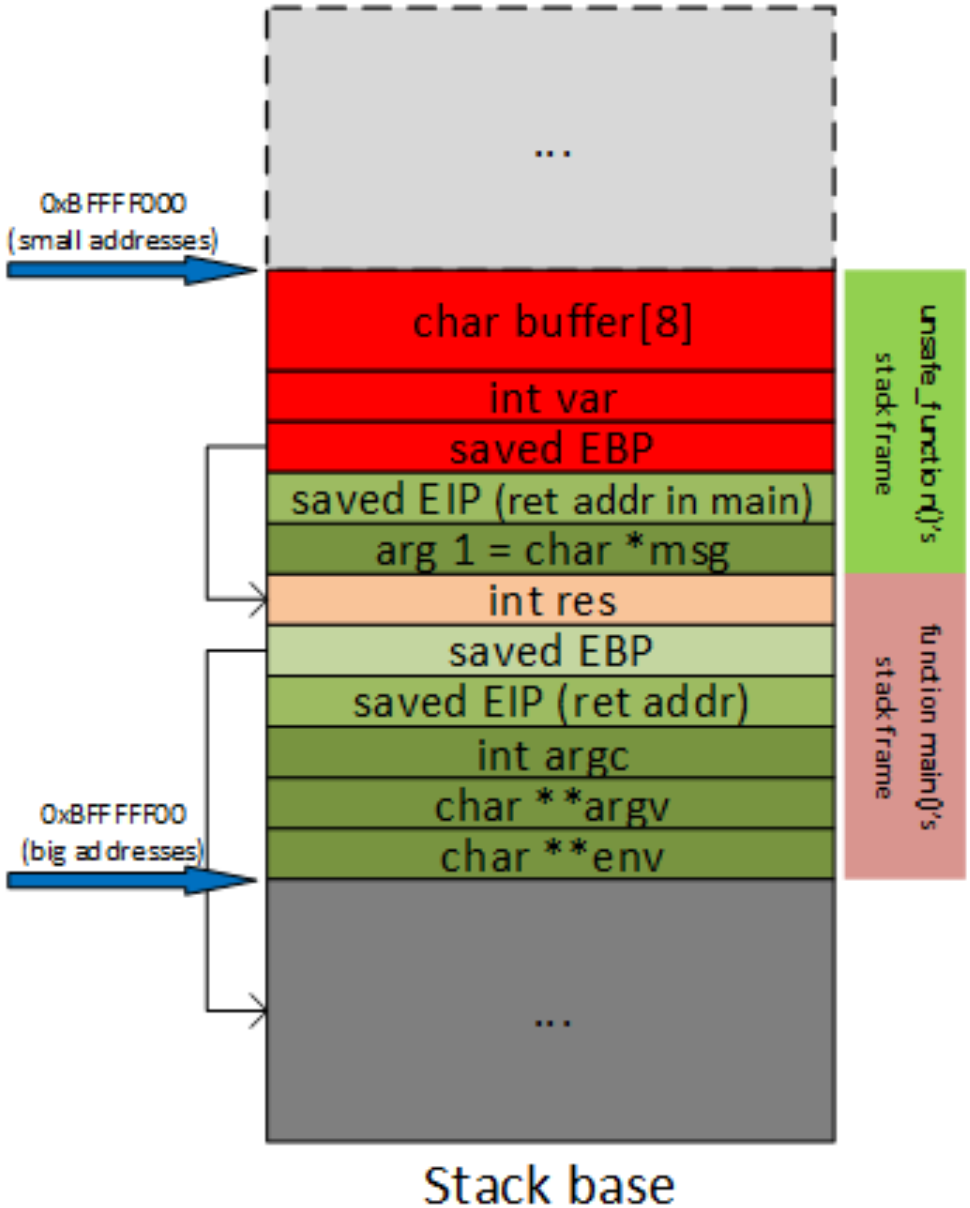
Vizualizare stiva



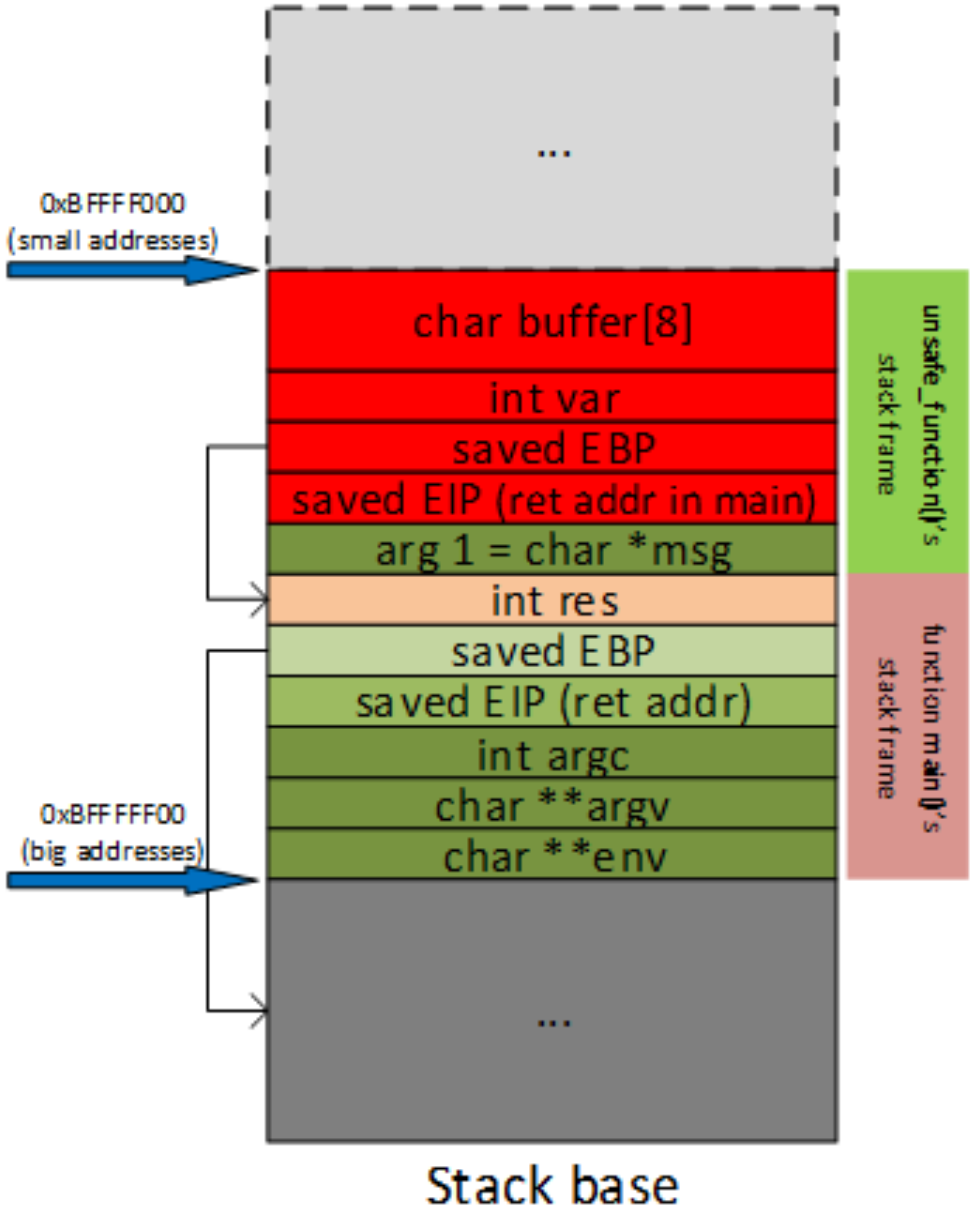
Vizualizare stiva



Vizualizare stiva



Vizualizare stiva



Exemplu de depașire cu 1 (suprascriere EBP)

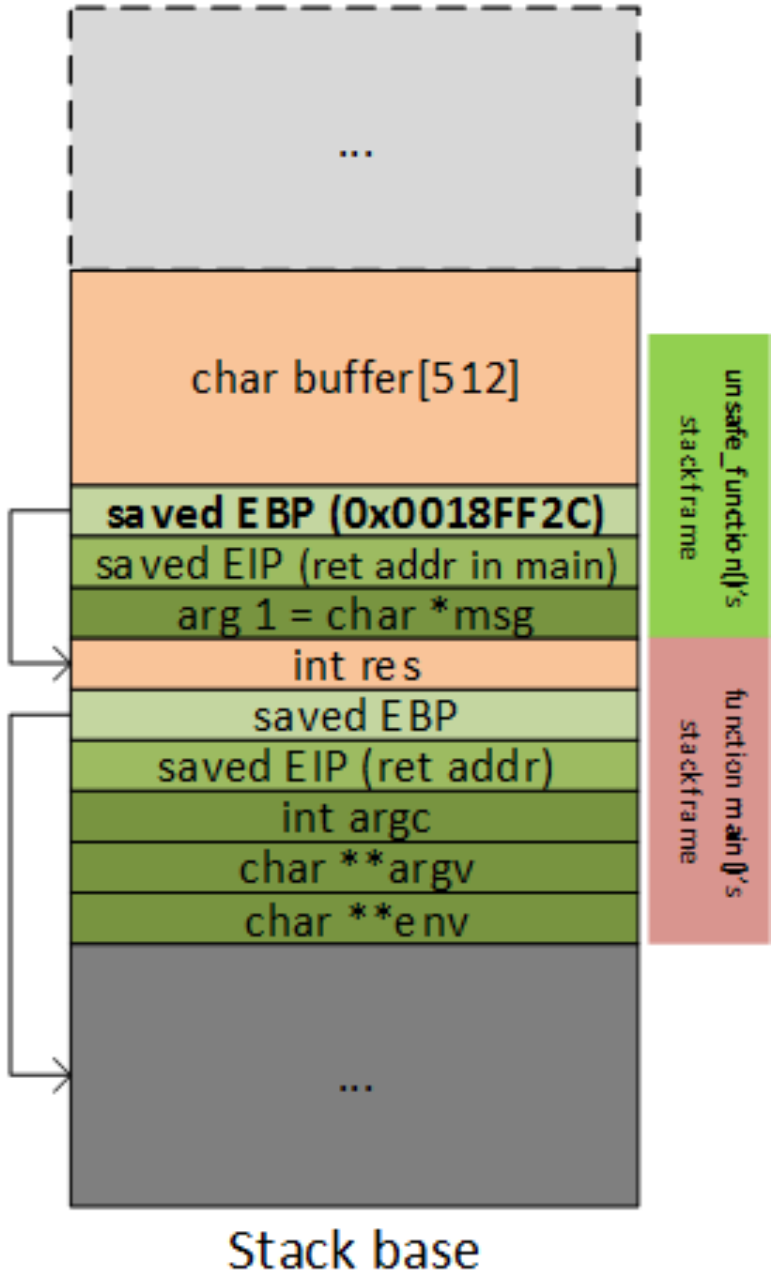
```
int unsafe_function(char *msg) {
  char buffer[512]; // variabila locala
  // !!limita intervalului verificata gresit
  if (strlen(msg) <= 512)
    strcpy(buffer, msg);
}

int main(int argc, char **argv, char **env) {
  int res;
  /* Buffer overflow pentru "strlen(argv[1]) >= 512" */
  res = unsafe_function(argv[1]);
  return res;
}
```

Exemplu de depașire cu 1 (suprascriere EBP) (exemplu II)

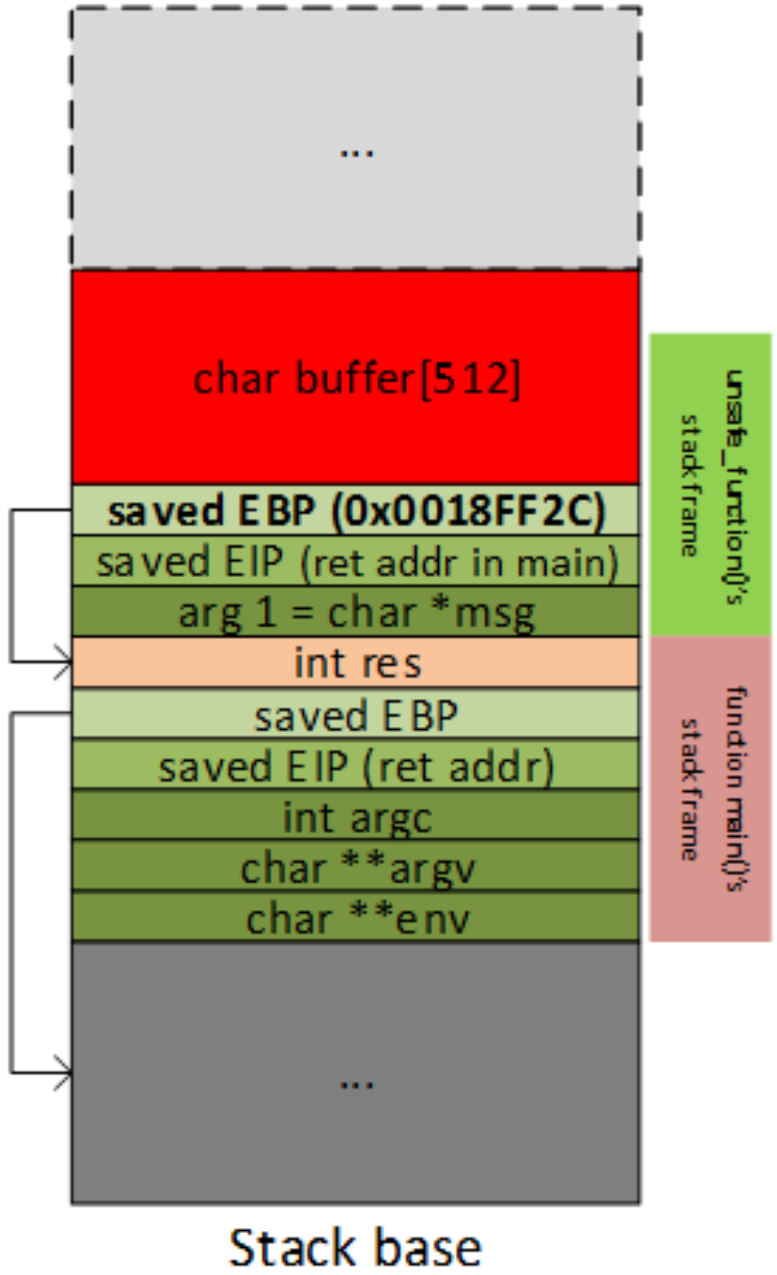
- Exemplu 2

```
        ...
void process_string(char *src) {
  char dest[32];
  for (i = 0; src[i] && (i <= sizeof(dest)); i++)
    dest[i] = src[i];
  ...
}
```

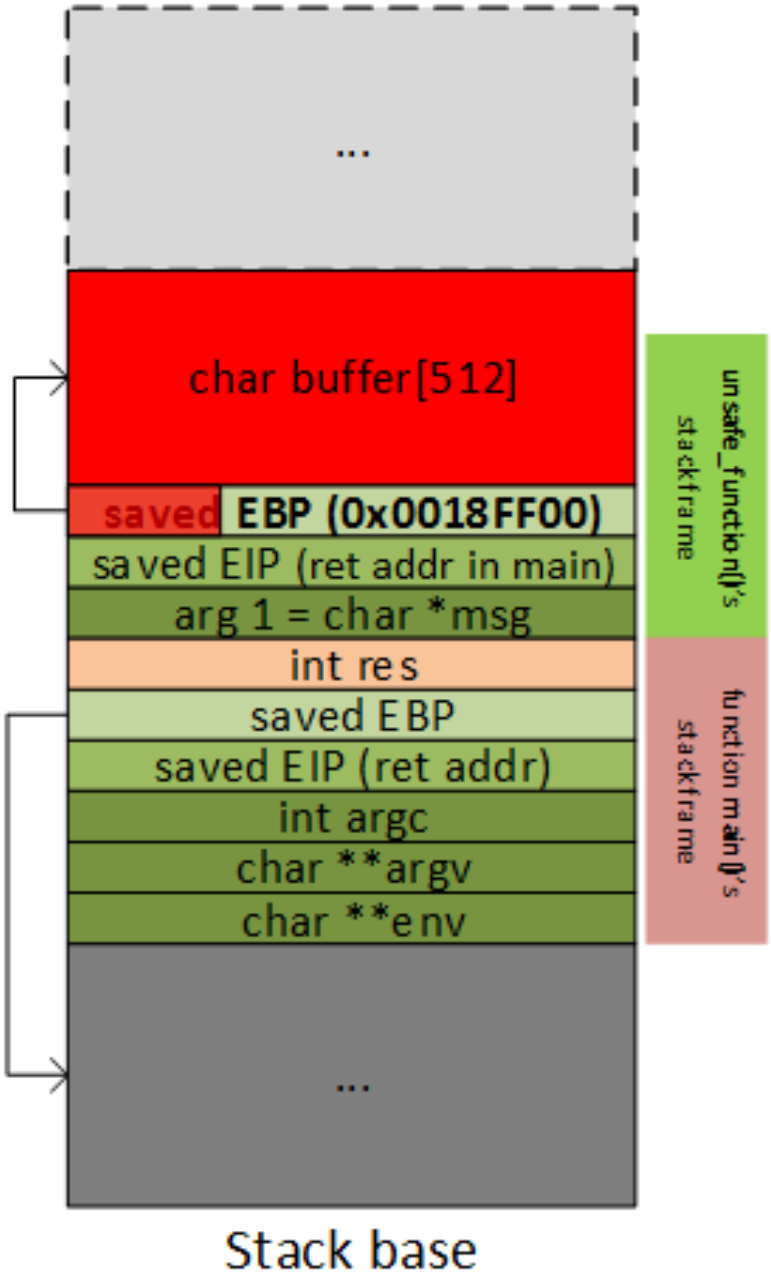
Vizualizare stiva



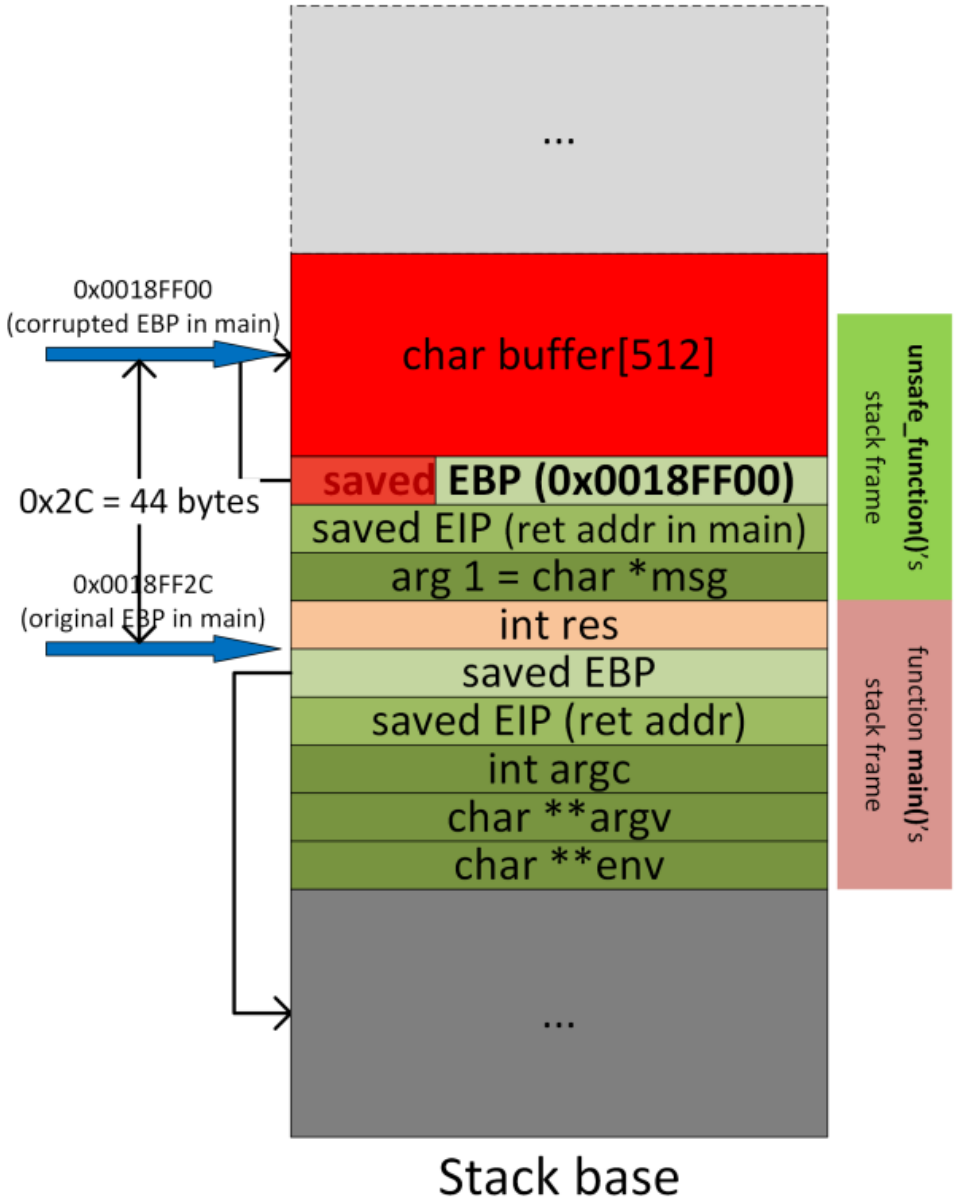
Vizualizare stiva



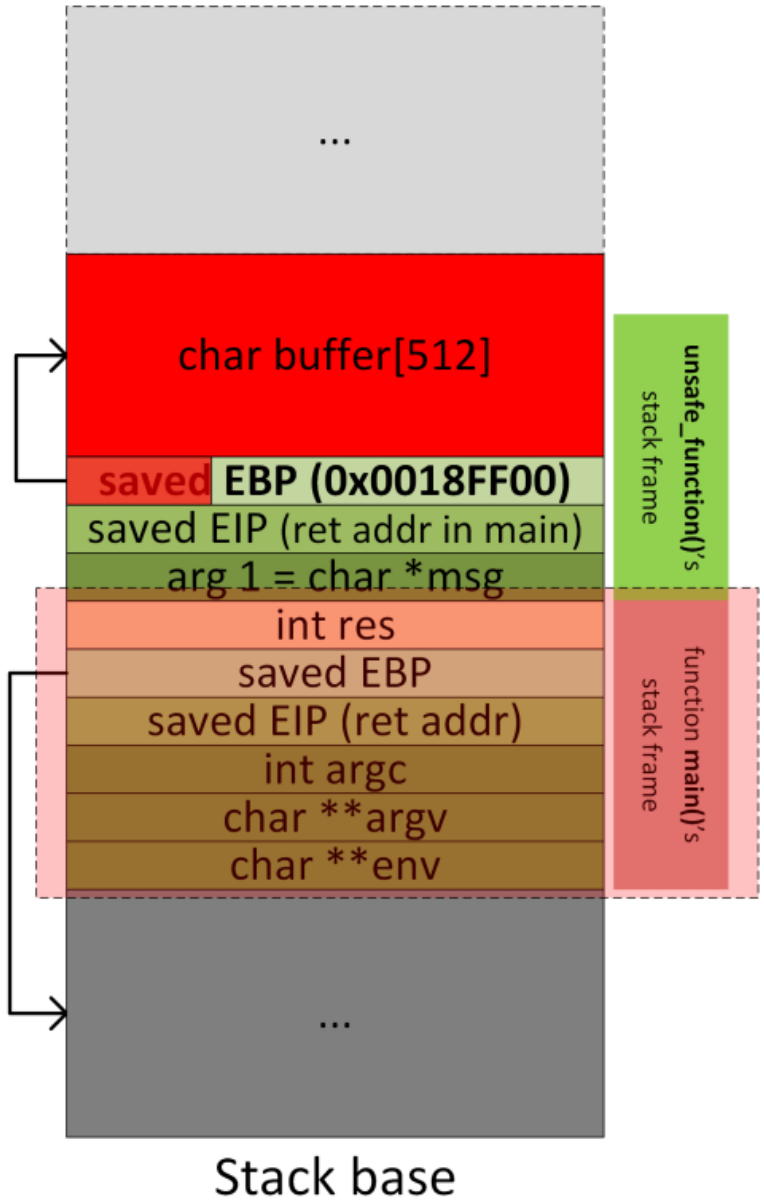
Vizualizare stiva



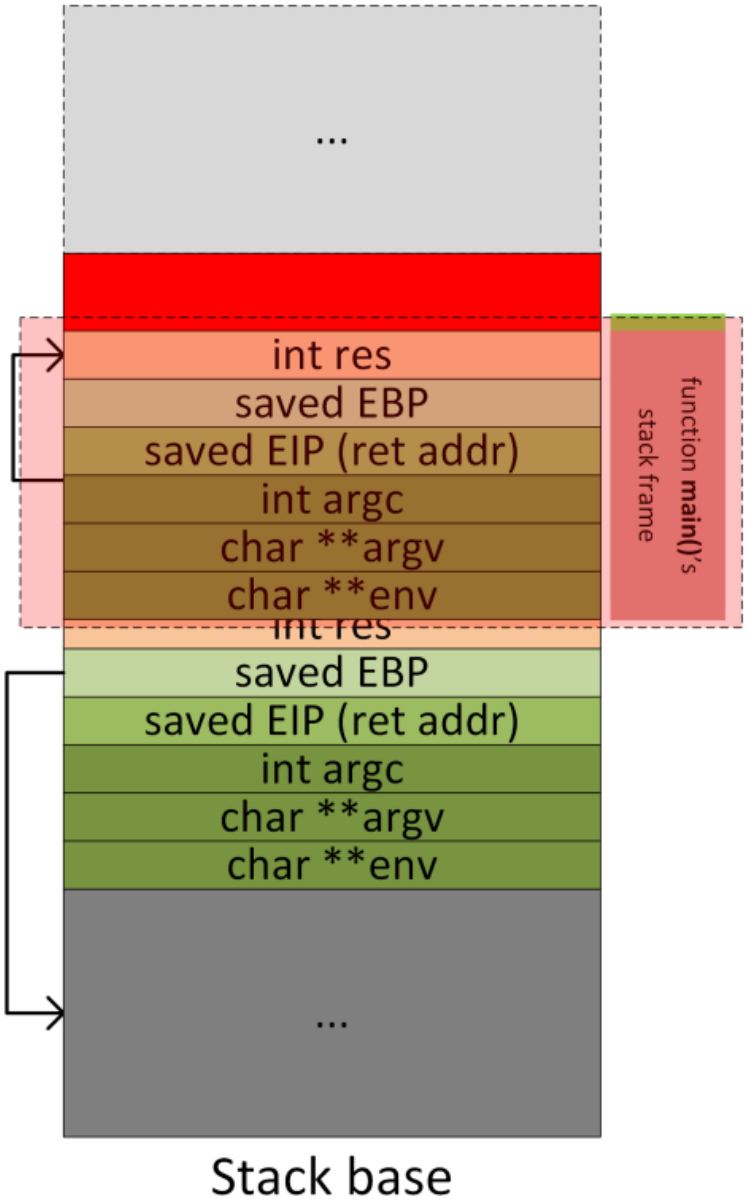
Vizualizare stiva



Vizualizare stiva



Vizualizare stiva



Atac *depasire cu 1* II - suprascrierea unei variabile locale

- depinde de modul în care se folosește variabila adiacentă după depășire
- dacă variabila suprascrisă este un întreg ce memorează o dimensiune
  - valoarea este trunchiată
  - $\Longrightarrow$ programul va face calcule greșite pe baza noii valori
- dacă variabila reprezintă un identificator de utilizator (*user ID*)
  - $\Longrightarrow$ ar putea permite programului curent să primească drepturi nepermise într-un mod normal de funcționare

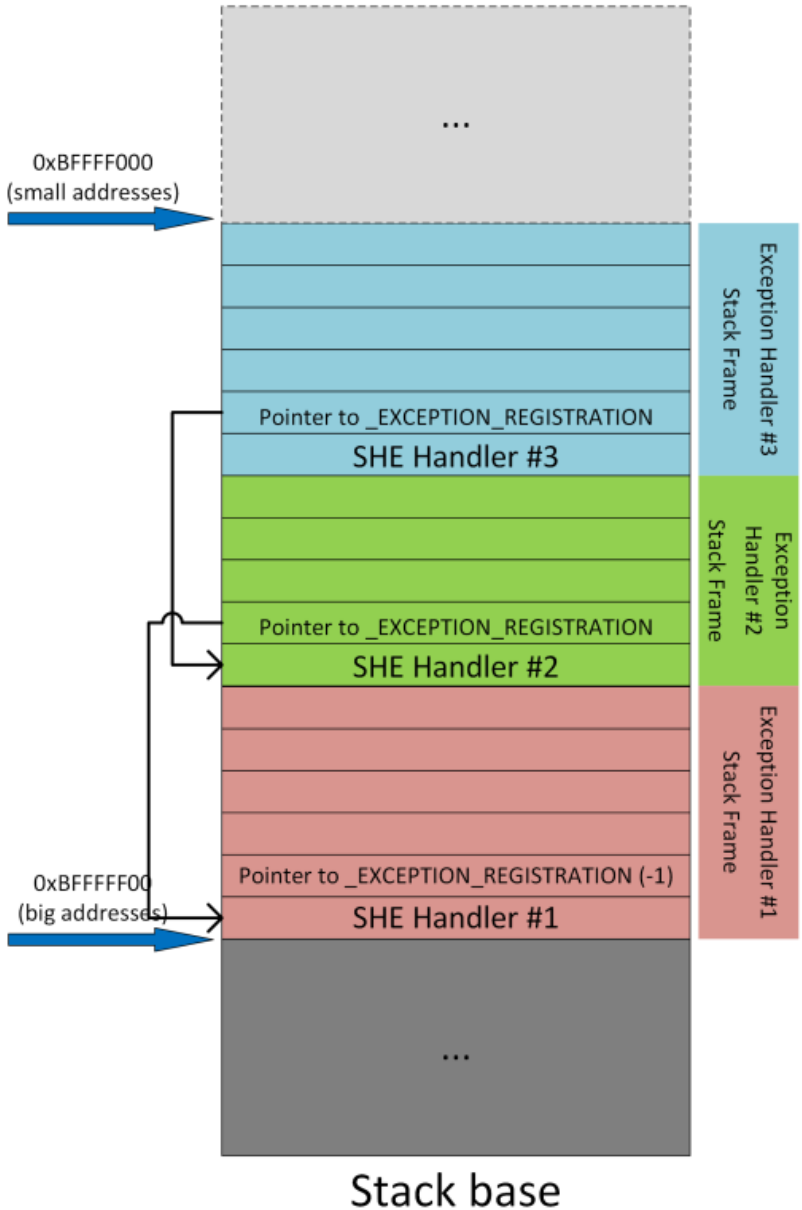
Atacuri SEH - Windows

- SEH = structured exception handlers
- *smashing SEH*
- specific Windows
  - programele ar putea înregistra *handlers* pentru a acționa asupra greșelilor
  - tratarea excepțiilor lansate de programe în timpul rulării
- stiva conține structurile ce permit înregistrarea *exception handlers*
  - adresa rutinei de tratare a excepțiilor
  - pointer catre *handler* parinte
- lanțul de tratare a excepțiilor este traversat de la cel mai nou *handler* până la primul *handler* înregistrat
  - se identifică rutina corespunzătoare erorii prin execuția fiecărei rutine

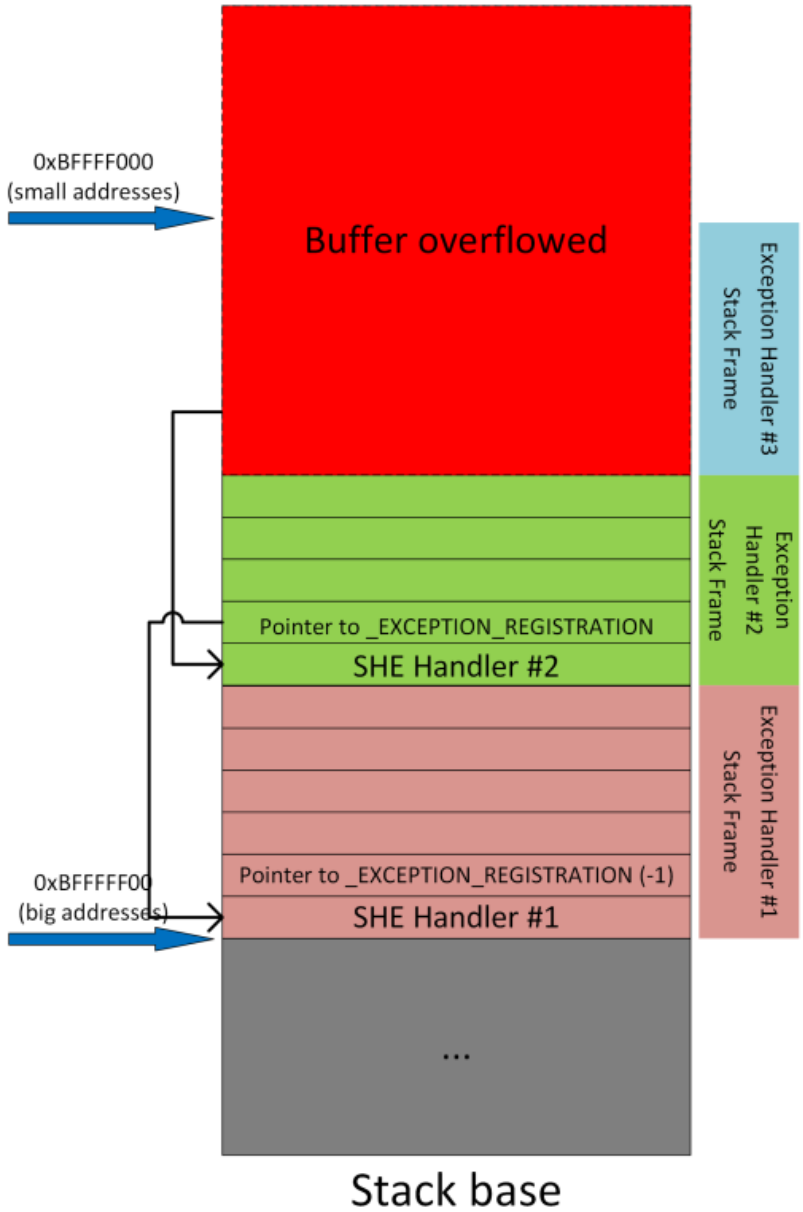
Atacuri SEH - Windows (II)

- dacă un atacator poate efectua un atac *stack overflow*
  - suprascrie structura de tratare a excepțiilor (adresa *handler*)
  - genera o excepție
  - deturna fluxul execuției (programul executa codul atacatorului)

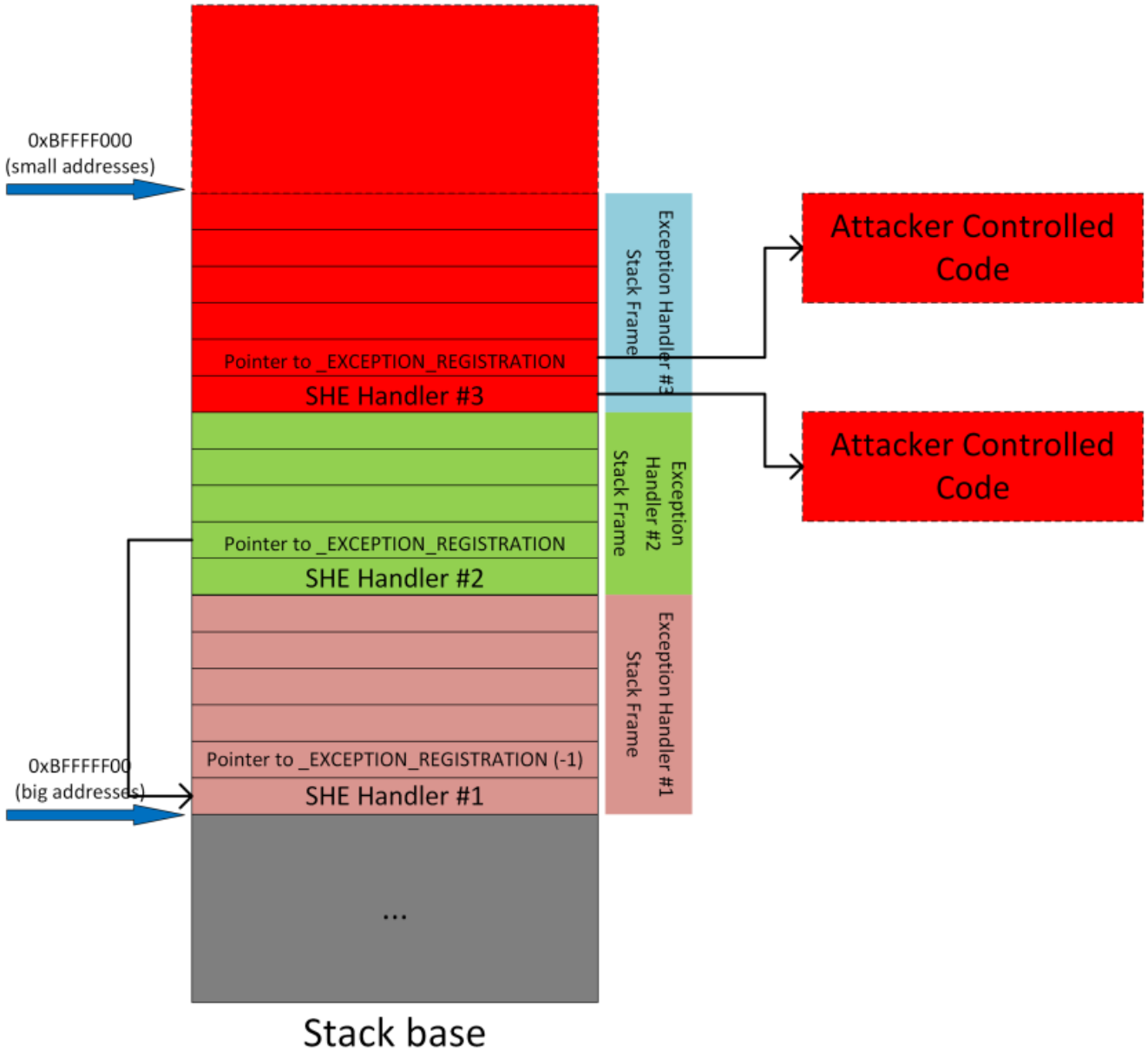
Vizualizarea unui atac SEH



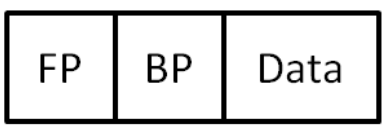
Vizualizarea unui atac SEH

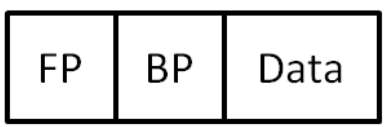


Vizualizarea unui atac SEH

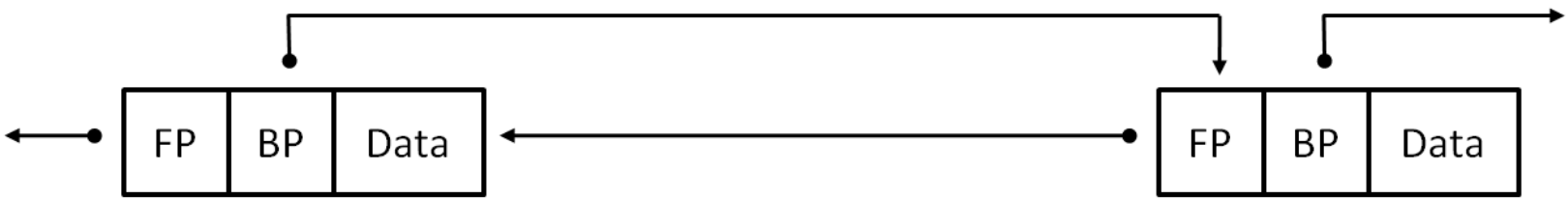


Heap Overflows, application heaps - review



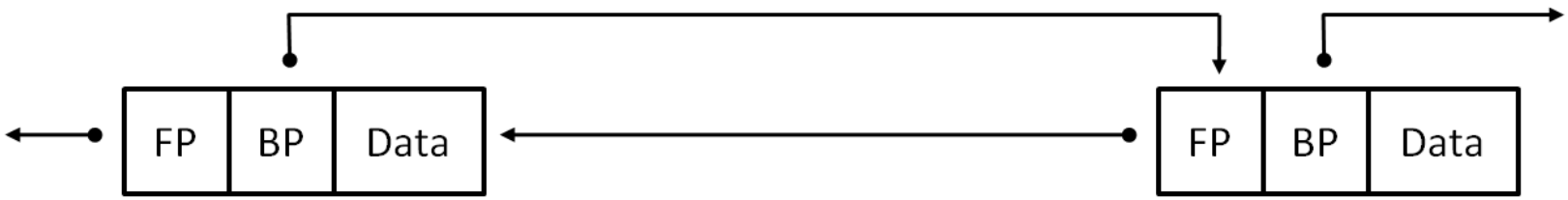


Heap Overflows, application heaps - review



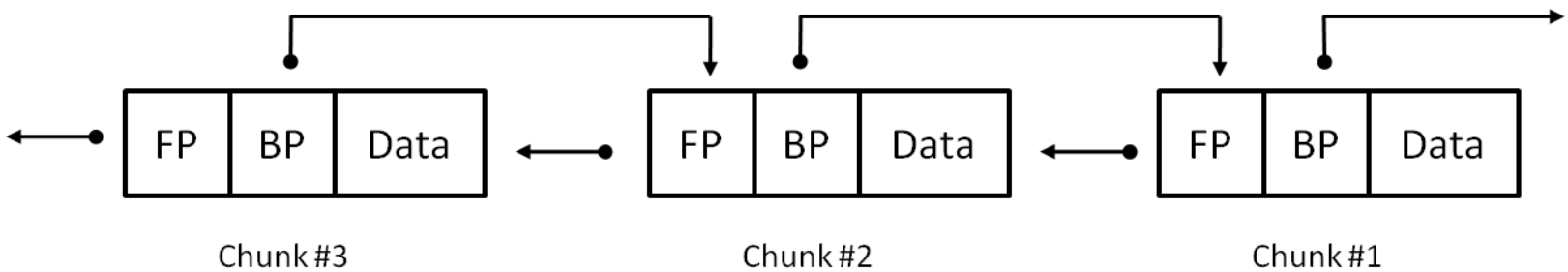
Heap Overflows, application heaps - review

```
void SampleFunction(void)
{
        /* Allocate space on heap */
        char * ptr = (char *)malloc(32);

        /* Operations */

        /* Free allocated heap space */
        free(ptr);
}
```



Heap Overflows, application heaps - review

```
void SampleFunction(void)
{
        /* Allocate space on heap */
        char * ptr = (char *)malloc(32);

        /* Operations */

        /* Free allocated heap space */
        free(ptr);
}
```



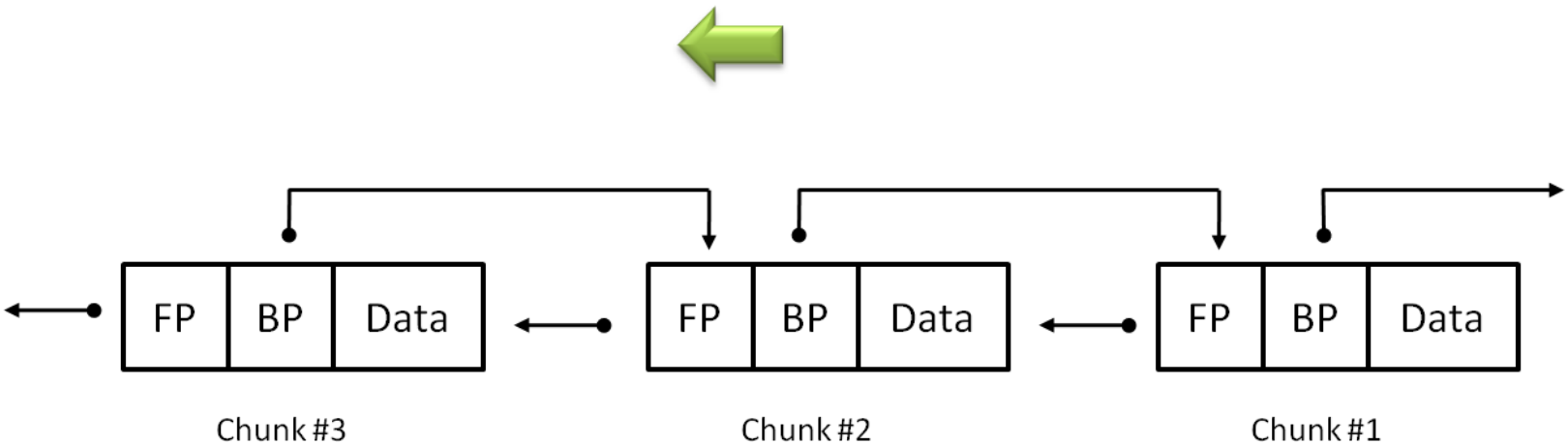
Heap Overflows, application heaps - review

```
void SampleFunction(void)
{
        /* Allocate space on heap */
        char * ptr = (char *)malloc(32);

        /* Operations */

        /* Free allocated heap space */
        free(ptr);
}
```

Pseudo-code For Chunk Freeing:

NextChunk = Current->FP
PreviousChunk = Current->BP

NextChunk->BP = PreviousChunk
PreviousChunk->FP = NextChunk



Heap Overflows, application heaps - review

```
void SampleFunction(void)
{
        /* Allocate space on heap */
        char * ptr = (char *)malloc(32);

        /* Operations */

        /* Free allocated heap space */
        free(ptr);
}
```

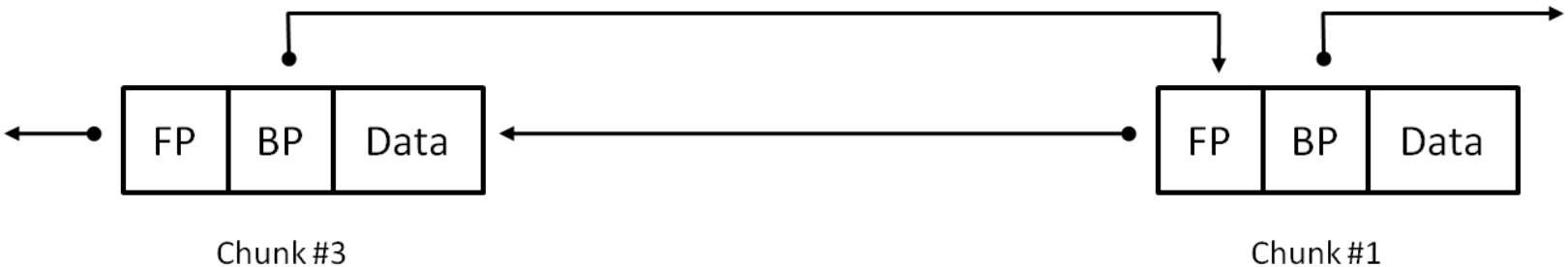
Pseudo-code For Chunk Freeing:

NextChunk = Current->FP

PreviousChunk = Current->BP

NextChunk->BP = PreviousChunk

PreviousChunk->FP = NextChunk



Heap overflows

- heap management
  - *malloc* și *free*
  - in-line metadata
    - ★ blocurile alocate sunt precedate de un antet ce ține informații despre bloc și vecinii săi
    - ★ câmpuri: dimensiunea blocului, dimensiunea blocului precedent, state, indicatori suplimentari
  - blocurile libere sunt organizate într-o listă înlănțuită
    - ★ pointeri către elementul precedent/urmator din lista

Heap overflows - exploatare

- idee: suprascrie pointerii blocurilor libere sau dimensiunea blocului alocat
- suprascrie *heap* = urmatoarele blocuri ca fiind libere $\Longrightarrow$ sunt scoase din listă
- *overflow buffer* suprascrie pointerii listei astfel încât aceștia vor adresa locații de memorie utile atacatorului
- posibilitatea de a scrie 4 octeți oriunde în memorie (adrese de retur, pointeri, etc.)

Heap overflows - exploatare (II)

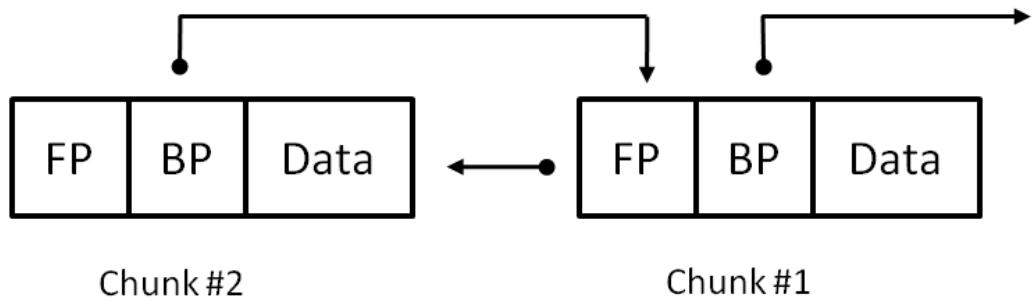
- ținte:
  - global offset table (GOT)/process linkage table (PLT): folosite de executabilele ELF pentru apelul funcțiilor din biblioteci (adresa)
  - exit handlers
  - lock pointers
  - exception handler routines
  - function pointers

Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

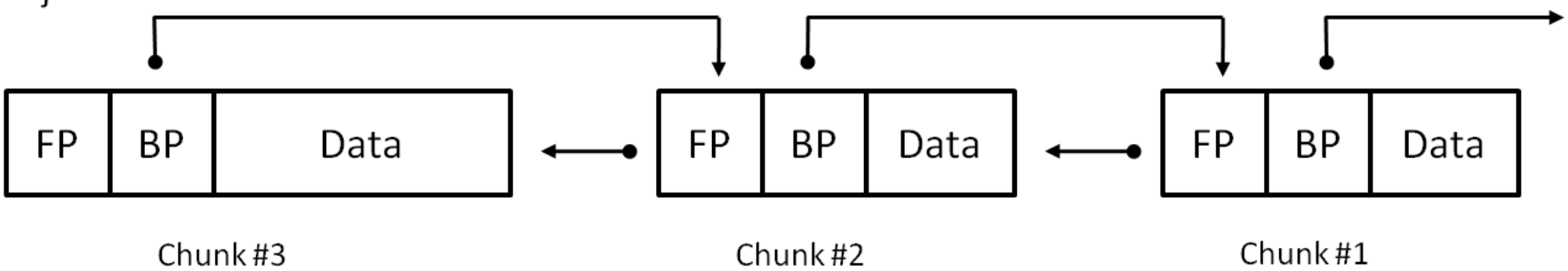
Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```



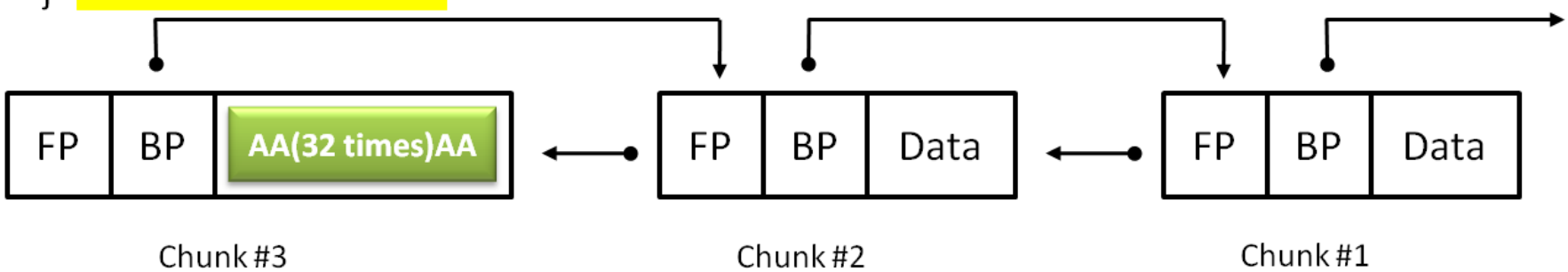
Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```



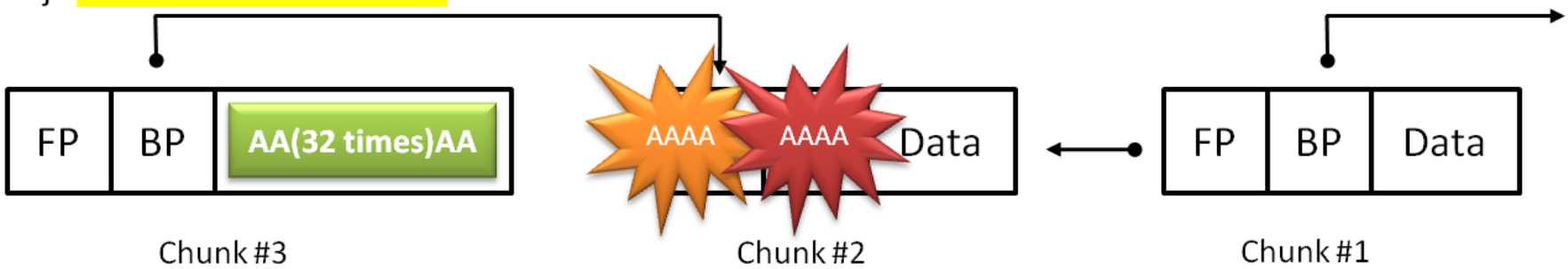
Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```



Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```



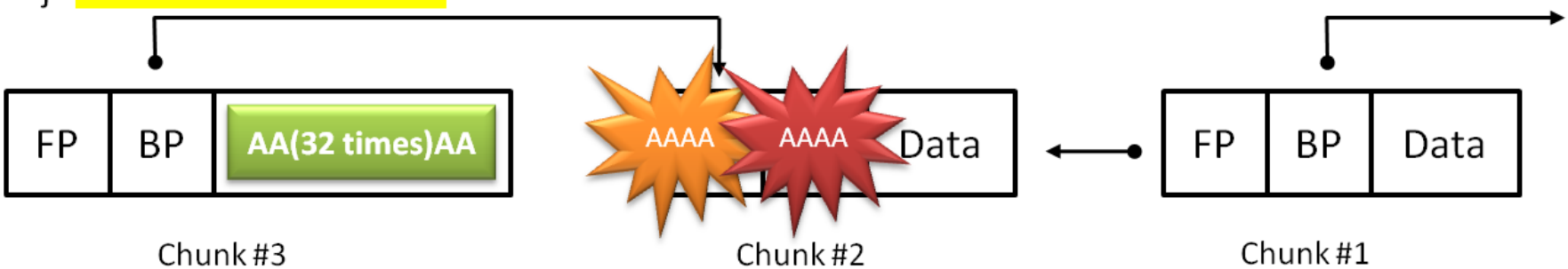
Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

Pseudo-code For Chunk Freeing:

NextChunk = Current->FP
PreviousChunk = Current->BP

NextChunk->BP = PreviousChunk
PreviousChunk->FP = NextChunk



Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

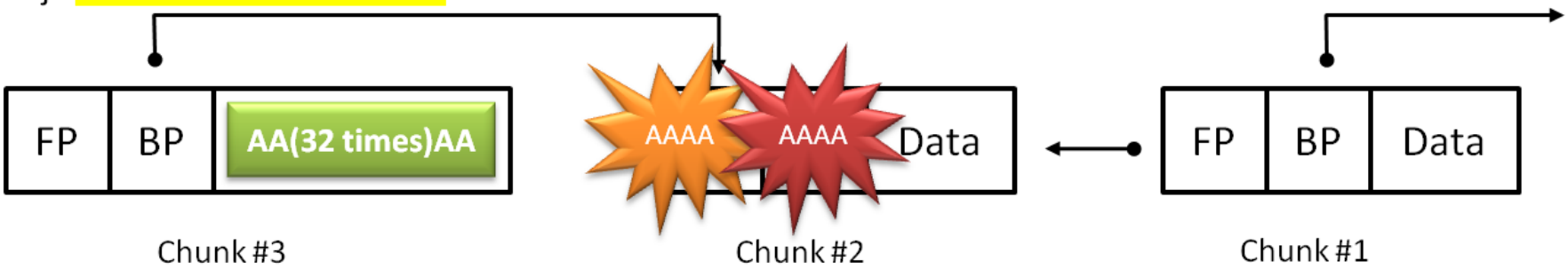
Pseudo-code For Chunk Freeing:

NextChunk = AAAA

PreviousChunk = AAAA

NextChunk->BP = PreviousChunk

PreviousChunk->FP = NextChunk



Heap overflow - vizualizare

```
/* UNSAFE Function */
void UnsafeFunction(char * str)
{
    /* Allocate 32 bytes heap space */
    char * Buffer = (char *)malloc(32);

    /* Copy str into Buffer */
    strcpy(Buffer,str);
}
```

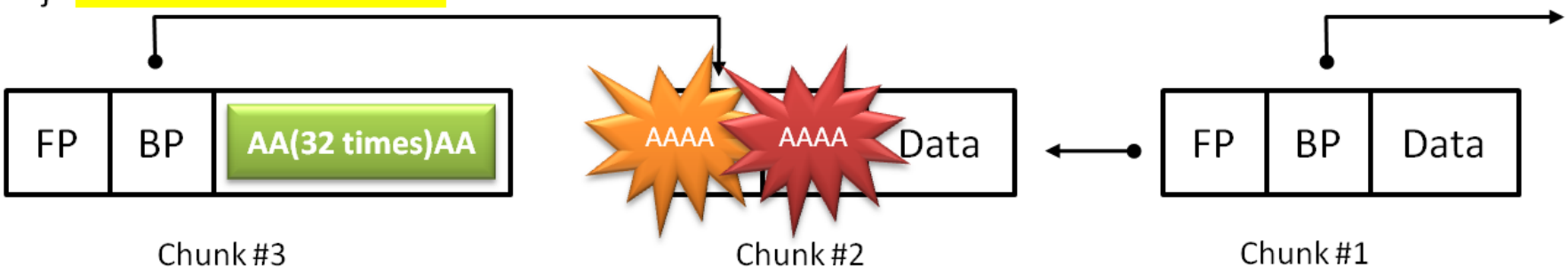
Pseudo-code For Chunk Freeing:

NextChunk = AAAA

PreviousChunk = AAAA

AAAA->BP = AAAA

PreviousChunk->FP = NextChunk



Shell code

- cod "controlat" de atacator sau care poate fi folosit de atacator în scoputi specifice
- de obicei, constă în fragmente mici de cod mașină concepute pentru a executa comenzi folosind interpretorul de comenzi, pentru a crea o conexiune catre atacator, etc.
- cod independent (*position independent code*) ce folosește API sistem
- apeluri sistem pot fi efectuate direct (merge de obicei sub Linux) sau prin intermediul funcțiilor din bibliotecile sistemului de operare (sub Windows)
- independent de programul care-l lansează în execuție

Exemple

- varianta Linux de apel a funcției sistem *execve*

```
xorl %eax, %eax ; zero out EAX
movl %eax, %edx ; EDX = envp = NULL
movl $address_of_shell_string, %ebx ; EBX = path parameter
movl $address_of_argv, %ecx ; ECX = argv
movl %$0x0B, %al ; syscall number for execve()
int $0x80 ; invoke the system call
```

- position independent code, calcul adresa argumentelor
  - adresa sirului este adresa de retur încărcată pe stivă de instrucțiunea *call*

```
jmp end
code:
... shellcode ...
end:
call code
.string "/bin/sh"
```

Exemple (II)

Codul rezultat:

```
jmp end
code:
popl %ebx ; EBX = pathname argument
xorl %eax, %eax ; zero out EAX
movl %eax, %edx ; EDX = envp
pushl %eax ; put NULL in argv array
pushl %ebx ; put "/bin/sh" in argv aray
movl %esp, %ecx ; ECX = argv
movl %$0x0B, %al ; 0x0B = execv() syscall
int $0x80 ; system call
end:
call code
.string "/bin/sh"
```

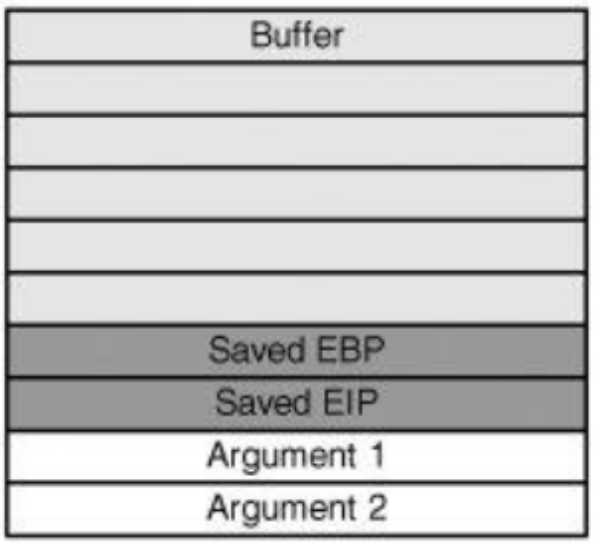
Eliminarea vulnerabilităților

- identificarea greșelilor
- corectarea lor
- **folosiți funcții pe șiruri sigure**, când este posibil
  - *strcpy* $\rightarrow$ *strncpy* $\rightarrow$ *strlcpy*
  - *strcpy* $\rightarrow$ $strcpy_s$
  - mai multe https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff565508(v=vs.85).aspx
- API sigure vs. API vechi / interzise

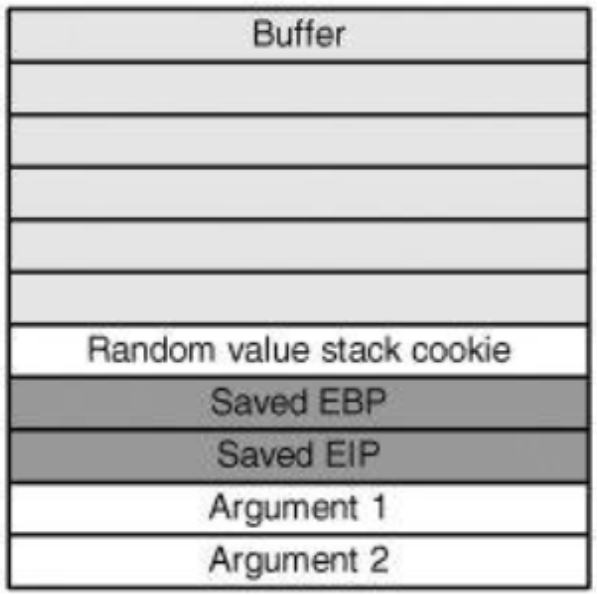
Stack Cookies (Canary values)

- detecția și prevenirea atacurilor de tipul *buffer overflow* pe stivă
- compile time prevention
- inserarea unei valori aleatoare pe stiva
  - imediat după adresa de retur si frame pointer
  - înainte de variabilele locale din cadrele stivei
- la sfârșitul funcției, înainte de retur, se genereaza cod pentru a verifica dacă valoarea aleatoare (*canary*) s-a modificat
  - în caz afirmativ se generează o excepție
  - altfel programul își continuă execuția

Stack Cookies (II)



Ordinary function stack frame



Protected function stack frame

Stack Cookies (Canary values) (III)

Limitări:

- nu protejează împotriva suprascrierii variabilelor locale
  - o soluție ar fi rearanjarea variabilelor pe stiva
- se pot pastra valorile aleatoare (*canary values*), când se poate accesa stiva
- suprascrierea parametrilor funcției
  - preluarea controlului aplicației înainte de returul funcției
  - dificil de realizat, compilatoare care salvează valoarea parametrilor și în regiștrii
- sub Windows, pointerii SEH pot fi suprascriși
- compiled-time

Protecție împotriva atacurilor heap overflow

- adaugarea de heap cookies în antetul blocurilor
- validarea operațiilor de ștergere (verificarea dacă elementul anterior și urmator din listă referă elementul ce va fi șters)
- limitări:
  - protejează doar structura, nu și datele
  - algoritmi specifici de gestionare a memoriei construiți pe baza algoritmilor sistem

Non-Executable Stack and Heap Protection

- Data Execution Protection (DEP)
- nega (dacă procesorul permite) dreptul de execuție (non-execute / NX) în paginile de memorie ce conțin date (stiva sau heap)
- limitări:
  - nu protejează împotriva intoarcerii controlului în zone de cod utile
  - **deactivate NX**: funcția reîntoarce controlul în funcții existente ce permit execuția în anumite zone de memorie (controlate de atacator)
  - **return-into-libc**: reîntoarce controlul în funcții existente ce rulează codul existent în avantajul atacatorului
  - **return-oriented-programming (ROP)**: încarcă mai multe adrese de retur pe stiva (*gadgets*) care înlănțuite execută cod în avantajul atacatorului

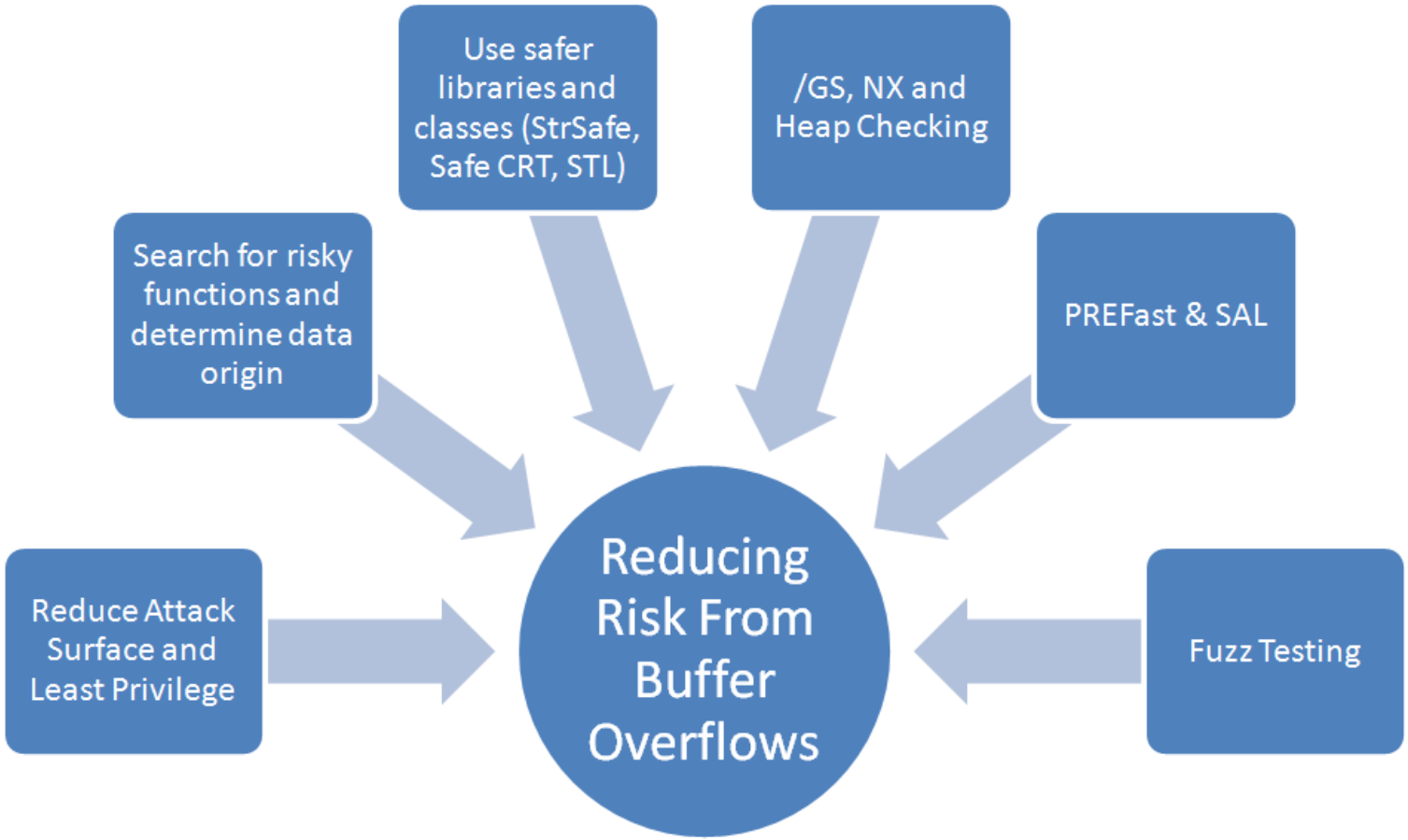
Address-Space Layout Randomization (ASLR)

- majoritatea atacurilor de tipul *buffer overflow* se bazează pe adrese de memorie cunoscute
- funcționează împotriva atacatorilor care folosesc adrese de memorie predeterminate
  - adrese folosite pentru a gasi *gadgets* în atacuri ROP
- aleatorizare unde codul și datele aplicației (inclusiv bibliotecile comune) sunt mapate la execuție în spațiul de adrese
- limitări:
  - date fixe în memorie ce nu pot fi realocate de mecanismul ASLR
    - ★ structuri de date specializate
    - ★ loader
    - ★ biblioteci non-relocabile
  - tehnici *brute force* pot fi folosite pentru a găsi adrese utile

SEH sigur sub Windows

Adresa handler de tratare a excepției este verificată înainte de a apela rutina

Microsoft SDL (Security Development Lifecycle)



SDL: Examinarea codului sursă

- Revizuirea codului sursă: inspectarea manuală a aplicației pentru vulnerabilități specifice, ex. *buffer overflow*
  - datele primite din rețea, fișiere, linia de comandă
  - transferul datelor catre structurile interne
- **metoda generală**: urmăriți datele primite de la utilizator din punctul de intrare în aplicației prin toate apelurile de funcții

SDL

Run-time protection

- **compiler protection**: run-time checks

Instrumente pentru analiza codului sursa

- instrumente automate ce ajută în identificarea vulnerabilităților cunoscute

Fuzz testing

- metoda de testare ce ajută în identificarea problemelor de securitate ce se manifestă datorită nevalidării datelor introduse de utilizator

Exemple

```
void process_string(char *src)
{
  char dest[32];

  for (i = 0; src[i] && (i <= sizeof(dest)); i++)
    dest[i] = src[i];
}
```

Exemple

```
void process_string(char *src)
{
  char dest[32];

  for (i = 0; src[i] && (i <  sizeof(dest)); i++)
    dest[i] = src[i];
}
```

Exemple

```
int setFilename(char *filename) {
  char name[20];
  sprintf(name, "%16s.dat", filename);
  int success = saveFormattedFilenameToDB(name);
  return success;
}
```

Exemple

```
...
char source[21] = "the character string";
char dest[12];
strncpy(dest, source, sizeof(source)-1);
...
```

Exemple

```
...
char source[21] = "the character string";
char dest[12];
strncpy(dest, source, sizeof(dest)-1);
```

Exemple

```
...
char source[21] = "the character string";
char dest[12];
strncpy(dest, source, sizeof(dest)-1);
dest[sizeof(dest)-1)] = '\0';
...
```

Exemple

- *returnChunkSize()* returns “-1” on error
- the return value is not checked before the *memcpy* operation
- *memcpy()* assumes that the value is unsigned
- when “-1” is returned, it will be interpreted as MAXINT-1 (e.g. 0xFFFFFFFE)

```
int returnChunkSize(void *chunk) {
   /* if chunk info is valid, return the size of usable memory,
    * else, return -1 to indicate an error
    */
 ...
}
int main() {
   ...
   memcpy(destBuf, srcBuf,
          (returnChunkSize(destBuf)-1));
   ...
}
```

```
#include <string.h>
void *memcpy(void *dest, const void *src, size_t n);
```

Exemple

```
int *id_sequence;

/* Allocate space for an array of three ids. */

id_sequence = (int*) malloc(3);
if (id_sequence == NULL) exit(1);

/* Populate the id array. */

id_sequence[0] = 13579;
id_sequence[1] = 24680;
id_sequence[2] = 97531;
```

Exemple

```
int *id_sequence;

/* Allocate space for an array of three ids. */

id_sequence = (int*) malloc(3 * sizeof(int*));
if (id_sequence == NULL) exit(1);

/* Populate the id array. */

id_sequence[0] = 13579;
id_sequence[1] = 24680;
id_sequence[2] = 97531;
```

CWE Buffer-Overflow

- CWE-119: Improper Restriction of Operations within the Bounds of a Memory Buffer
- CWE-120: Buffer Copy without Checking Size of Input ('Classic Buffer Overflow')
  - rang 3 in top 25
- CWE-121: Stack-based Buffer Overflow
- CWE-122: Heap-based Buffer Overflow
- CWE-124: Buffer Underwrite ('Buffer Underflow')
- CWE-125: Out-of-bounds Read
- CWE-131: Incorrect Calculation of Buffer Size (!)
  - rang 20 in top 25
- CWE-170: Improper Null Termination

CWE Buffer-Overflow (II)

- CWE-190: Integer Overflow (!)
  - rang 24 in top 25
- CWE-193: Off-by-one Error
- CWE-805: Buffer Access with Incorrect Length Value

Exemple

- Internet worm: Morris finger worm (1988)
- Common Vulnerabilities and Exposures (https://cve.mitre.org/find/index.html)
  - aproximativ 26000 de rezultate pentru o căutare după cuvintele "buffer overflow"
- Vulnerability Notes Database (https://www.kb.cert.org/vuls/)
- CVE-2015-0235 - GHOST: glibc gethostbyname buffer overflow
- CVE-2014-0001 - Buffer overflow in *client/mysql.cc* in Oracle MySQL and MariaDB before 5.5.35
- CVE-2014-0182 - Heap-based buffer overflow in the virtio_load function in *hw/virtio/virtio.c* in QEMU before 1.7.2

Exemple (II)

- CVE-2014-0498 - Stack-based buffer overflow in Adobe Flash Player before 11.7.700.269
- CVE-2014-0513 - Stack-based buffer overflow in Adobe Illustrator CS6 before 16.0.5
- CVE-2014-8271 - Tianocore UEFI implementation reclaim function vulnerable to buffer overflow
- CVE-2013-0002 - Buffer overflow in the Windows Forms (aka WinForms) component in Microsoft .NET Framework
- CVE-2005-3267 - Integer overflow in Skype client leads to a resultant heap-based buffer overflow

Bibliografie

- "The Art of Software Security Assessments", chapter 5, "Memory Corruption", pp. 167 – 202
- Interactive: The Top Programming Languages 2015, http://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2015
- CWE-119 - Buffer Errors