网络安全 – 缓冲区溢出攻击

曹越

国家网络安全学院

武汉大学

yue.cao@whu.edu.cn

上周回顾 - 1

DoS攻击思想及方法

- **缓冲区满、连接复位**

拒绝服务攻击的分类

- **物理、配置、资源消耗、服务中断**

DoS攻击的实现方式

- **资源消耗、服务中止、物理破坏等**

几个例子?

上周回顾 - 2

抵御拒绝服务

DDOS vs DOS

被DDOS攻击的现象

- **被攻击主机上有大量等待的TCP连接**
- **端口随意**
- **大量源地址为假的无用的数据包**
- **高流量的无用数据造成网络拥塞**
- **利用缺陷，反复发出服务请求，使受害主机无法及时处理正常请求**
- **严重时会造成死机**

反弹技术

缓冲区溢出概述

缓冲区溢出攻击方法和步骤

缓冲区溢出攻击防御技术

缓冲区溢出概述

缓冲区溢出攻击方法和步骤

缓冲区溢出攻击防御技术

缓冲溢出概述 1

缓冲区的定义

- 连续的一段存储空间，动态变量在程序运行时被分配缓冲区

缓冲区溢出的定义

- 指写入缓冲区的数据量超过该缓冲区能容纳的最大限度，造成溢出的数据改写了与该缓冲区相邻的原始数据的情形

缓冲溢出概述 2

当缓冲区溢出时，过剩的信息覆盖的是计算机内存中以前的内容

除非这些被覆盖的内容被保存或能够恢复，否则就永远丢失

丢失的信息里可能有被程序调用的子程序及参数

不能得到足够的信息从子程序返回，以完成任务

缓冲溢出的原因

造成缓冲区溢出的根本原因

- **代码在操作缓冲区时，没有对缓冲区边界进行检查**
- **使得写入缓冲区的数据量超过缓冲区能够容纳的范围，从而导致溢出的数据改写了与该缓冲区相邻存储单元的内容。**
- **C语言中许多字符串处理函数如：Strcpy、Strcat、Gets、Sprintf等都没有对数组越界加以检测和限制。**

缓冲溢出的危害 1

1988年，美国康奈尔大学的计算机科学系研究生，23岁的莫里斯利用UNIX Fingered程序不限制输入长度的漏洞，输入512字符使缓冲区溢出。

同时，编写一段特别大的恶意程序能以root身份执行，并感染到其他计算机上。

曾造成全世界6000多台网络服务器瘫痪。

缓冲溢出的危害 2

利用缓冲区溢出实现在本地或者远程系统上，实现任意执行代码的目的，从而进一步达到对被攻击系统的完全掌控；

利用缓冲区溢出进行DoS(Denial of Service)攻击；

利用缓冲区溢出破坏关键数据，使系统的稳定性和有效性受到不同程度的影响；

实现蠕虫程序

- 曾在2001年造成大约26亿美元损失的Code Red蠕虫就是利用了Microsoft IIS中的缓冲区溢出进行攻击
- 2002年的Sapphire蠕虫和2004年的Witty蠕虫也都利用了缓冲区溢出进行攻击。

缓冲溢出的危害 3

缓冲区溢出可以成为攻击者实现攻击目标的手段，但是单纯地溢出缓冲区并不能达到攻击的目的

- 在绝大多数情况下，一旦程序中发生缓冲区溢出，系统会立即中止程序并报告“fault segment”。例如缓冲区溢出，将使返回地址改写为一个非法的、不存在的地址，从而出现core dump错误，不能达到攻击目的。

只有对缓冲区溢出“适当地”加以利用，攻击者才能通过其实现攻击目标。

- 超出缓冲空间，覆盖正常程序或数据，使计算机转向预测程序

缓冲区溢出概述

缓冲区溢出攻击方法和步骤

缓冲区溢出攻击防御技术

缓冲区溢出攻击方法和步骤

1. 堆栈概念介绍
2. 堆栈段工作示范
3. 缓冲区溢出攻击原理

堆栈概念介绍 1

从静态存储区域分配

- 由编译器自动分配和释放，即内存在程序编译时候就已分配好，在程序的整个运行期间都存在，直到程序运行结束时才被释放，如全局变量与 static 变量

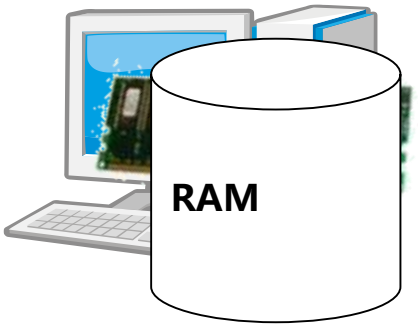
在栈上分配

- 由编译器自动分配和释放，即在执行函数时，函数内局部变量的存储单元都可在栈上创建，执行结束时存储单元将被自动释放
- 栈内存分配运算内置于处理器指令集中，运行效率一般很高，但分配内存容量有限

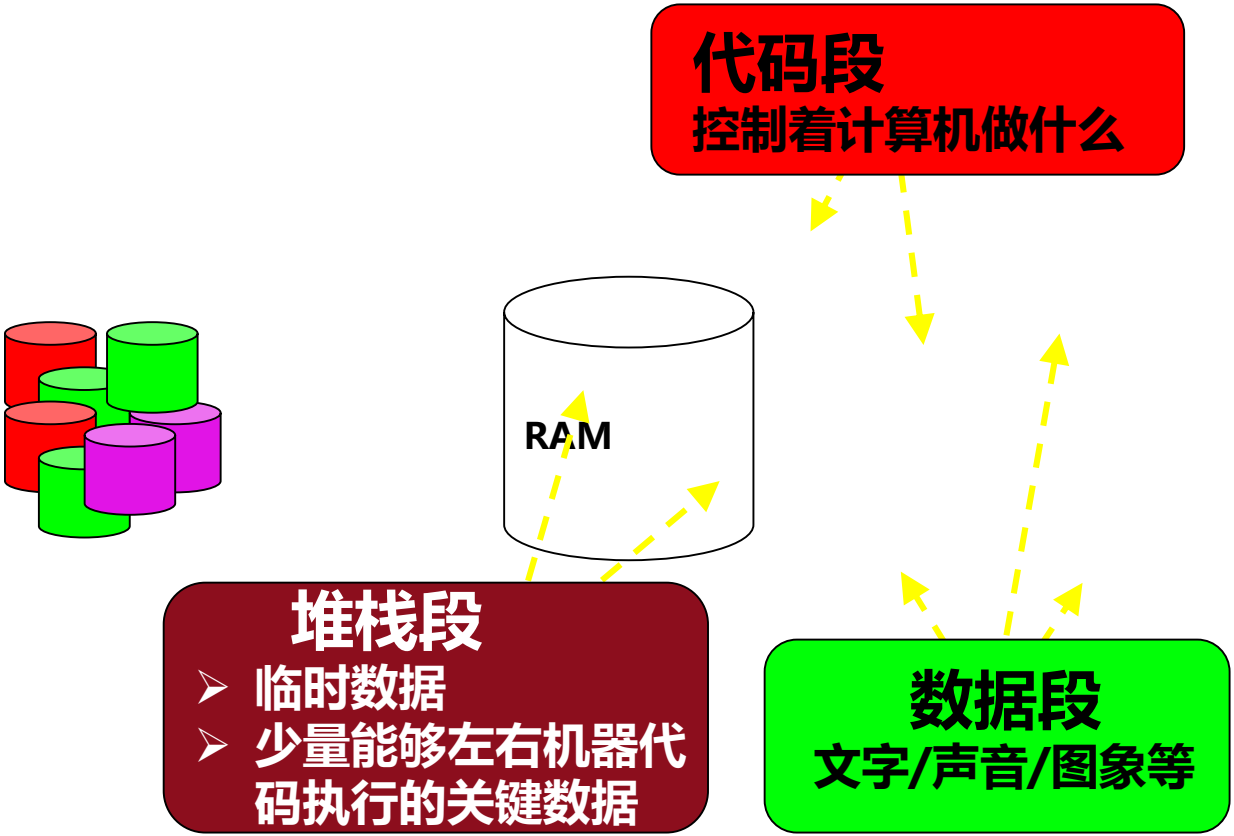
从堆上分配

- 也被称为动态内存分配，由程序员手动完成申请和释放。程序在运行时候由程序员使用内存分配函数（如 malloc 函数）来申请任意多少的内存
- 如果在堆上分配了内存空间，必须及时释放，否则将会导致运行程序出现内存泄漏等错误

堆栈概念介绍 2



堆栈概念介绍 3



堆栈段工作示范

栈是从高地址向低地址延伸的。每个函数的每次调用，都有自己独立的一个栈帧，这个栈帧中维持着所需要的各种信息。

EBP （Extended Base Pointer）寄存器里存储的是栈的**栈底指针**，通常叫栈基址，这个是一开始进行fun()函数调用之前，由ESP传递给EBP的。 **（ESP存储的是栈顶地址，也是栈底地址）**

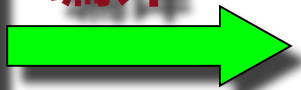
ESP（Extended Stack Pointer）寄存器里存储的是在调用函数fun()之后，**栈的栈顶**，并且始终指向栈顶。

寄存器EBP指向当前的栈帧的底部（高地址），寄存器esp指向当前的栈帧的顶部（低址地）。

堆栈段工作示范

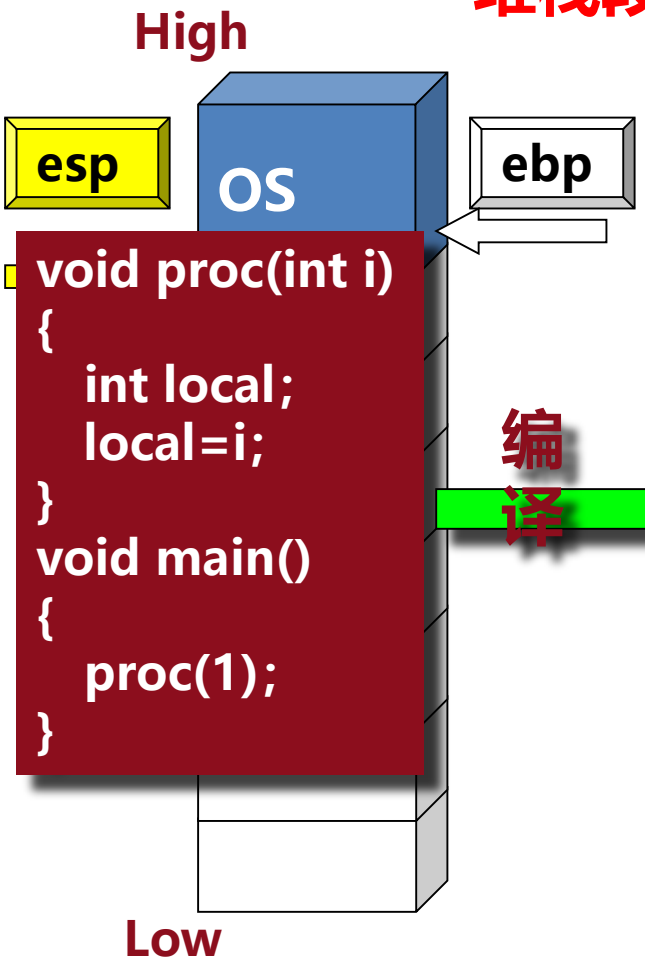
```
void proc(int i)
{
   int local;
   local=i;
}
void main()
{
   proc(1);
}
```

编译



```
main:   push    1
        call    proc
        . . .
proc:   push    ebp
        mov     ebp, esp
        sub     esp, 4
        mov     eax,
[ebp+08]
        mov     [ebp-4],
eax
        add     esp, 4
        pop     ebp
        ret     4
```

堆栈段工作示范

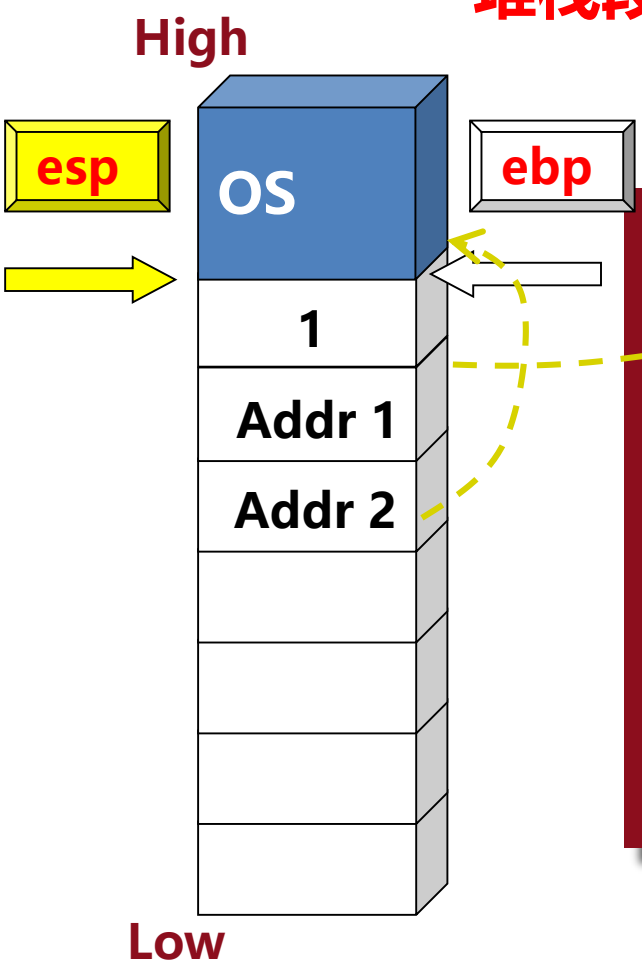



```
void proc(int i)
{
   int local;
   local=i;
}
void main()
{
   proc(1);
}
```

编译

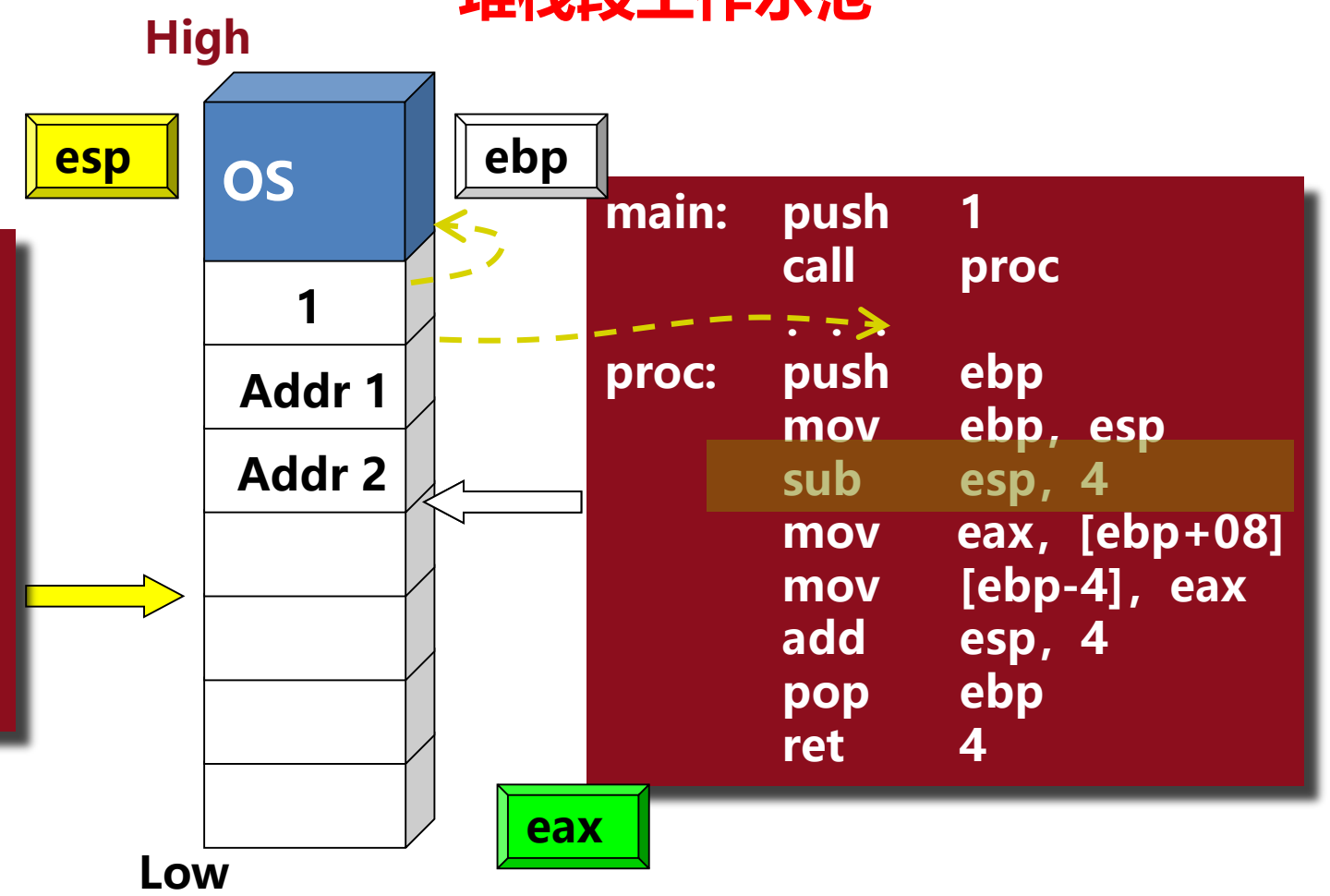
```
main:   push    1
        call    proc
        . . .
proc:   push    ebp
        mov     ebp, esp
        sub     esp, 4
        mov     eax,
[ebp+08]
        mov     [ebp-4],
eax
        add     esp, 4
        pop     ebp
        ret     4
```

堆栈段工作示范

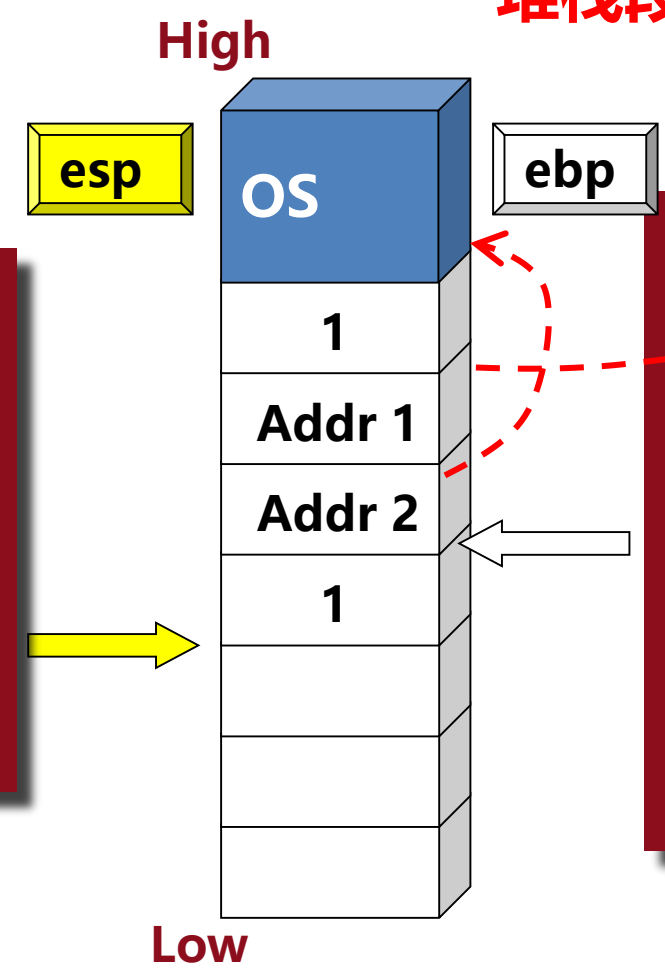



```
main:   push    1
        call    proc
        . . .
proc:   push    ebp
        mov     ebp, esp
        sub     esp, 4
        mov     eax, [ebp+08]
        mov     [ebp-4], eax
        add     esp, 4
        pop     ebp
        ret     4
```

堆栈段工作示范


High
esp
OS
ebp
1
Addr 1
Addr 2
main: push 1
call proc
proc: push ebp
mov ebp, esp
sub esp, 4
mov eax, [ebp+08]
mov [ebp-4], eax
add esp, 4
pop ebp
ret 4
eax
Low

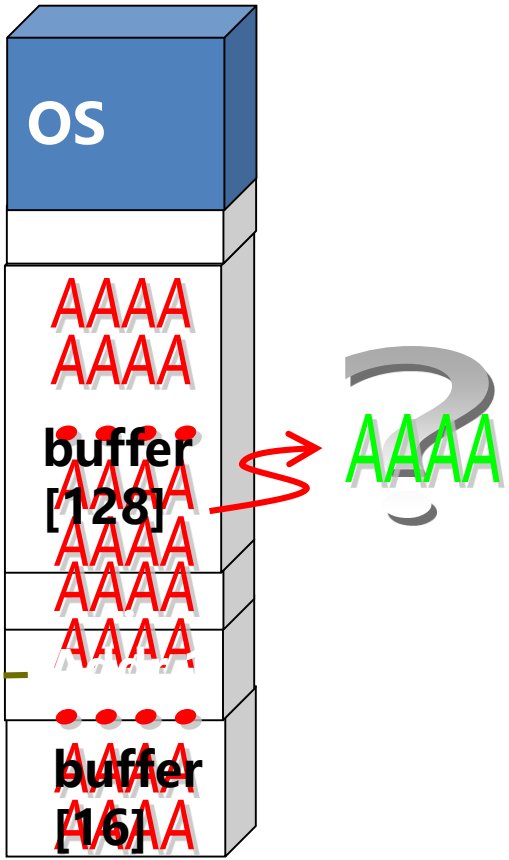
堆栈段工作示范



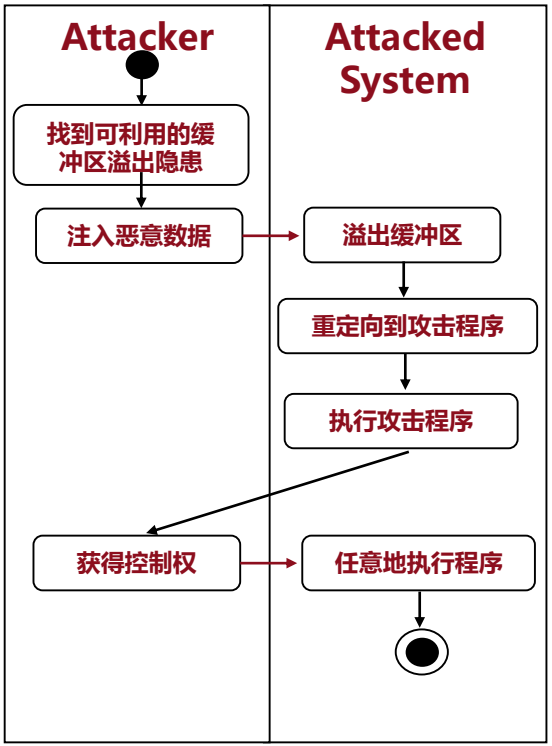

```
main:   push    1
        call    proc
        . . .
proc:   push    ebp
        mov     ebp, esp
        sub     esp, 4
        mov     eax, [ebp+08]
        mov     [ebp-4], eax
        add     esp, 4
        pop     ebp
        ret     4
```

缓冲区溢出攻击原理 1

```
void function(char *str)
{
  char buffer[16];
  strcpy(buffer,str);
}
void main()
{
  int t;
  char buffer[128];
  for(i=0;i<127;i++)
buffer[i]='A';
  buffer[127]=0;
  function(buffer);
  printf("This is a test\n");
}
```



缓冲溢出攻击的原理 2



恶意数据可以通过
命令行参数、
环境变量、
输入文件或者
网络数据注入

缓冲区溢出概述

缓冲区溢出攻击方法和步骤

缓冲区溢出攻击防御技术

缓冲区溢出攻击防御技术

1. 黄金规则
2. 防御措施
3. 防御技术

黄金规则

在编写 C 和 C++ 代码时，对于如何管理来自用户的数据，您应该谨慎从事。

如果一个函数从某个不可信赖的来源接收到缓冲区，请遵守以下这些规则：

- 要求代码传递缓冲区长度
- 检查内存
- 采取防御措施

防御措施

在操作或复制不可信赖的数据，如果误用某些函数，这些函数就有可能存在严重的安全问题。**联想前面的知识?**

当检查代码中的缓冲区溢出错误时，**应该随着数据在代码内的流动而对其进行跟踪**，并质疑该数据的有关假设。

如果编写 C++ 代码，请考虑使用自定义字符串操作类来对字符串进行操作，而不要直接对各字节进行操作。唯一潜在的缺点是可能会导致性能下降

防御技术

基于软件的防御技术

- 类型安全的编程语言
- 相对安全的函数库
- 修改的编译器
- 内核补丁
- 静态分析方法
- 动态检测方法

基于硬件的防御技术

- 处理器结构方面的改进

基于软件的防御技术 – 安全的编程语言

类型安全近似于所谓的内存安全（就是限制从内存的某处，将任意的字节复制到另一处的能力）

Java, C#, Visual Basic等属于类型安全的编程语言

缺点

- 性能代价
- 编程语言自身的实现可能存在缓冲区溢出问题

基于软件的防御技术 – 安全的编程语言

Java是强类型的语言。

这意味着Java编译器会对代码进行检查，以确定每一次赋值，每一次方法的调用是符合类型的。如果有任何不相符合的情况，Java编译器就会给出错误。

类型检查是基于这样一个简单的事实：每一变量的声明都给这个变量一个类型；每一个方法包括构造器的声明都给这个方法的特征。这样一来，Java编译器可以对任何的表达式推断出一个明显类型，Java编译器可以基于明显类型对类型进行检查。

基于软件的防御技术 – 相对安全的函数库

例如在使用C的标准库函数时，做如下替换

strcpy -> strncpy

Strncpy中,当n<sizeof(src)时，只拷贝src前n-1个字符串到dest，不会为dest字符串后面加入'\0’；

strcat -> strncat

- char *strncat(char *dest, const char *src, size_t n)
- strcat()函数无法检查第1个数组是否能容纳第2个字符串,strncat添加了导入长度

缺点

- **使用不当仍然会造成缓冲区溢出问题。**

基于软件的防御技术 - 修改的编译器

增强边界检查能力的C/C++编译器

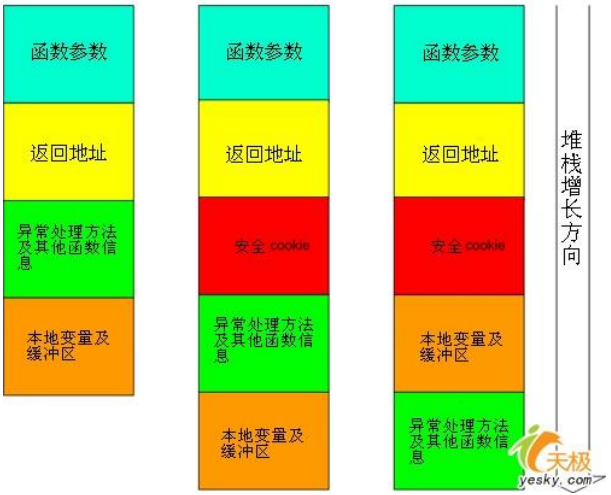
- **提供动态检测缓冲区溢出的能力**

返回地址的完整性保护

- **将堆栈上的返回地址备份到另一个内存空间；在函数执行返回指令前，将备份的返回地址重新写回堆栈。**

缺点

- **性能代价**
- **检查方法仍不完善**



基于软件的防御技术 – 内核补丁

将堆栈标志为不可执行来阻止缓冲区溢出攻击

将堆或者数据段标志为不可执行

例如 Linux 的内核补丁 Openwall 、 RSX 、 kNoX 、 ExecShield和PaX等实现了不可执行堆栈，并且RSX、 kNoX、 ExecShield、PaX还支持不可执行堆。

缺点

- 对于一些需要堆栈/堆/数据段为可执行状态的应用程序不合适
- 需要重新编译原来的程序，如果没有源代码，就不能获得这种保护

基于软件的防御技术 - 静态分析方法 1

字典检查法

- 遍历源程序查找其中使用到的不安全的库函数和系统调用。
- 缺点：误报率很高，需要配合大量人工检查工作。

程序注解法

- 缓冲区的大小，指针是否可以为空，输入的有效约定等等
- 缺点：依赖注释的质量

基于软件的防御技术 - 静态分析方法 2

整数分析法

- 将字符串形式化为一对整数，表明字符串长度(以字节数为单位)以及目前已经使用缓冲区的字节数，将缓冲区溢出的检测转化为整数计算
- 缺点：仅检查C中进行字符串操作的标准库函数，检查范围有限

控制流程分析法

- 将源程序中的每个函数抽象成语法树，然后再把语法树转换为调用图/控制流程图来检查函数参数和缓冲区的范围。
- 缺点：对于运行时才会显露的问题无法进行分析，存在误报的可能

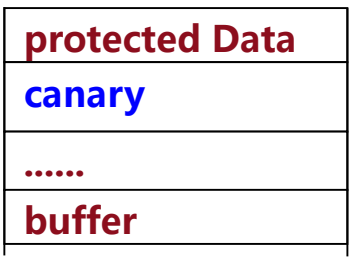
基于软件的防御技术 - 动态检测方法

Canary-based检测方法

- 将canary(一个检测值)放在缓冲区和需要保护数据之间，如果从缓冲区溢出的数据改写了被保护数据，检测值也必定被改写
- 缺点：很多工具通过修改编译器实现检测功能，需要重新编译程序；这种方法无法检测能绕过检测值缓冲区溢出攻击。

输入检测方法

- 向运行程序提供不同输入，检查输入条件下程序是否出现缓冲区溢出。不仅能检测缓冲区溢出问题，还可以检测其它内存越界问题。
- 缺点：系统性能明显降低。输入检测方法的检测效果取决于输入能否激发缓冲区溢出等安全问题的出现。



基于硬件的防御技术 - 处理器结构方面的改进

64位处理器的支持

- Intel/AMD 64位处理器引入称为NX(No Execute)或者AVP(Advanced Virus Protection)的新特性，将以前的CPU合为一个状态存在的“数据页只读”和“数据页可执行”分成两个独立的状态。
- ELF64 SystemV ABI通过寄存器传递函数参数而不再放置在堆栈上

思考题

1. 什么程序会发生缓冲区溢出?

2. 缓冲区溢出攻击的一般目标是什么?

3. 要让程序跳转到安排好的地址空间执行，一般有哪些方法?

谢谢!