

KCon 洞见  
2017 未来

# KCon

如何DIY一套低成本反无人机系统

qingxp9



# whoami

杨芸菲 @qingxp9

360 PegasusTeam 无线安全研究员

WLAN安全研究、WIPS等无线安全产品研发

C-SEC 《如今我们面临的无线威胁》

CCF YOCSEF沈阳《公共无线安全的现状与未来》

“绵羊墙”公共WiFi风险演示系统



东北大学无线安全课程客座讲师



# Outline

---

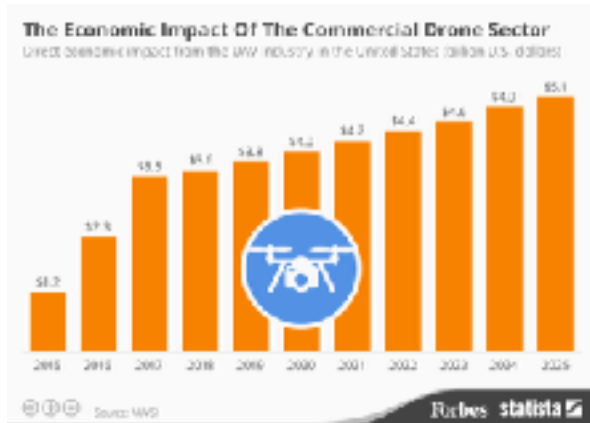
- ① 无人机安全威胁背景
- ② 基于802.11的反无人机方案
- ③ 低成本反无人机系统的设计与实现
- ④ 承载在802.11上的无人机管控方案

# 无人机安全威胁

近年来，无人机应用范围越来越广泛（航拍、快递、灾后搜救、数据采集），无人机数量迅速增加，随之也产生了一系列安全管控问题。

未经许可闯入敏感区域、意外坠落、影响客机正常起降、碰撞高层建筑等事件不断发生。

向各国政府提出了新的监管命题。



# 无人机安全威胁

## 个人隐私



# 无人机安全威胁

## 军事安全



ISIS改装无人机用于投放炸弹

# 无人机安全威胁

## 民航安全

### 成都双流机场无人机事件:

从4月14日至4月27日, 双流机场接连发生8件无人机扰航事件, 总计造成114个航班备降、超过40个航班延误、4架飞机返航、超1万旅客出行受阻被滞留机场, 严重威胁民航飞行安全。



Unauthorised drone causes delay at Queenstown Airport | stuff.co.nz  
www.stuff.co.nz... An unauthorised drone flight caused delays at Queenstown Airport ... According to  
2018/04/17 11 - An unauthorised drone flight caused delays at Queenstown Airport ... According to  
civil aviation rules, UAVs must not be flown within four ...



# 英国反无人机防御系统(AUDS)

**Blighter**  
Surveillance Systems

**CHESS** DYNAMICS

**Enterprise**  
Control Systems Ltd

AUDS system combines electronic-scanning radar target detection, electro-optical (EO) tracking/classification and directional RF inhibition capability.

## AUDS Anti-UAV Defence System



三家公司各自的系统分别在雷达探测、影像/视频跟踪和射频干扰/数据通信方面达到了行业最佳水平。

核心技术：

1. Ku波段（12GHz到18GHz）电子扫描防空雷达技术

- a. 支持检测距离：10KM
- b. 支持检测0.01平方米大小设备
- c. 结合多普勒检测

2. 高精度水平和倾斜方位指示器

- a. 动态方位定位器、热感摄像机进行目标识别
- b. 视频追踪

3. 智能定向射频抑制干扰系统

- a. 高增益四频五天线
- b. 自定义抑制波形、支持GNSS频率
- c. 软件定义智能射频抑制

可实现15秒内探测、跟踪和干扰无人机



# DroneTracker

- 红外线
- 视图
- 音频
- 雷达
- Wi-Fi
- RF
- ...



DroneTracker:  
identification and counter-measures platform to defeat drone  
<http://www.dedrone.com/en/dronetracker/drone-protection-software>

# 捕获方案

## 1. 肩扛式反无人机装置

厂商：俄罗斯 SkyWall100

干扰方式：发射捕捉导弹



## 2. 日本用无人机捕捉无人机

厂商：日本a

干扰方式：发现无人机通过捕捉网进行捕获

## 3. 老鹰捉小“机”

厂商：荷兰 Guard from Above

干扰方式：发现后直接捕捉



## 4. 声波干扰

厂商：韩国先进科学技术研究院(KAIST)

干扰方式：利用声波使无人机陀螺仪发生共振，输出错误信息



# 检测与干扰 总结

## 1. 检测识别

- a. 无线频段监测：2.4GHz、5.8GHz、1.5GHz（不同国家频段不同）
- b. GPS监测
- c. 图像识别：相机、红外相机
- d. 音频识别
- e. 超声波+雷达

## 2. 干扰拦截：包括毁伤技术、干扰技术、伪装欺骗技术

- a. 干扰GPS系统
- b. 中断控制器和无人机之间通信：命令控制隧道
- c. 激光炮（暴力手段）
- d. 劫持：GPS欺骗、无线控制链路劫持



# 无线电干扰攻击面

无人机使用无线电技术来实现定位、遥控、图像传输等功能。

## Up-link

- 遥控信号。如果上行信号被干扰，无人机将失去即时控制，通常会降落或者悬停

## Down-link

- 图传信号。事实上大多数民用无人机的遥控、图传需要双向通信才能正常工作，干扰其上行也可能使其下行无法正常工作。

## GPS Signal

- 伪造禁飞区域的GPS信号，无人机会降落。



# 不建议使用GPS欺骗技术打击无人机

## 会严重干扰其他设备

- 干扰范围内有可能存在的移动通信基站、电网基础设施，军事设施等，都会受到影响
- 影响周围所有的手机、汽车导航定位等
- 若在机场附近，则会干扰飞机的导航系统

## 需要很大的干扰功率

- 当无人机距离较远时，需要很大的发射功率
- 无人机的GPS天线通常是朝向天空方向，从地面发射的GPS干扰信号对无人机的GPS接收天线影响较弱。导致需要更大的干扰功率



# 无线电干扰缺点

- 会影响其他无线电信号的正常通信

无人机普遍采用跳频、扩频技术，具有一定的抗干扰能力。容易出现干死一大片，无人机照样飞的窘境

- 无线电信号干扰设备存在法律风险

**《中华人民共和国刑法修正案（九）》第288条**

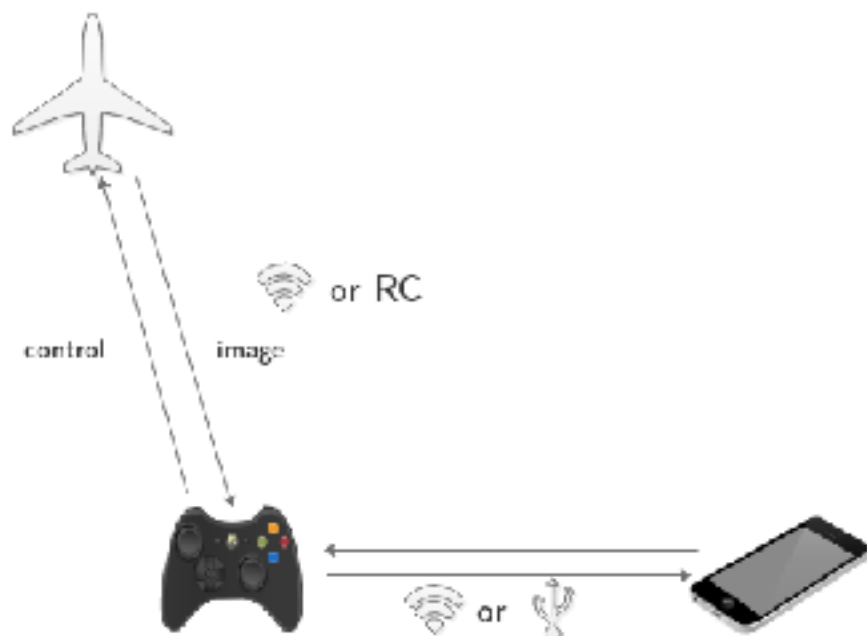
“违反国家规定，擅自设置、使用无线电台（站），或者擅自使用无线电频率，干扰无线电通讯秩序，情节严重的，处三年以下有期徒刑、拘役或者管制，并处或者单处罚金；情节特别严重的，处三年以上七年以下有期徒刑，并处罚金。”

# 基于802.11的反无人机方案

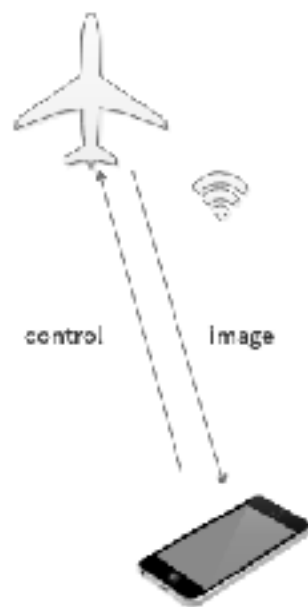
---



# 拓扑



Aircraft-Controller-Phone



Aircraft-Phone

消费级无人机设备基本都使用了  
Wi-Fi在飞行器和手机间传输遥控、  
图传等信号。





## 802.11 Beacon Frame

30 0 1000000	820j_ ec_25 95:0d	820j_Tec_25:95:0d	802.11	204 QoS D
31 0 4b5140		820j_Tec_25:95:0d	802.11	40 Ackn
32 0 808484	820j_ ec_25 95:0d	Broadcast	802.11	221 Beacon
33 0 042007	820j_ ec_25 95:0d	Broadcast	802.11	221 Beacon
34 0 8670b2	820j_ ec_25 95:0d	Broadcast	802.11	221 Beacon
35 0 909764	820j_Tec_25 95:0d	Broadcast	802.11	221 Beacon
36 0 720072	820j_Tec_25 95:0d	Broadcast	802.11	221 Beacon
37 0 751478	820j_ ec_25 95:0d	820j_Tec_25:95:0d	802.11	204 QoS D
38 0 751553		820j_Tec_25:95:0d	802.11	40 Ackn

E-frame 32: 221 bytes on wire (1768 bits), 221 bytes captured (1768 bits) on interface 0

E Radiotap Header v0, Length 30

E 802.11 radio information

PHY type: 802.11b (4)

Short preamble: false

Data rate: 1.0 Mb/s

Channel: 3

Frequency: 2422 MHz

Signal strength (dBm): -84 dBm

Duration: 1720 us

E IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: [....]

E IEEE 802.11 Wireless LAN management frame

Fixed parameters (12 bytes)

Tagged parameters (155 bytes)

Tag: SSID parameter set: "FAYTON3\_2595"

Tag: Supported Rates [1(0), 2(0), 5.5(0), 11(0), 6, 9, 12, 18, 24 Mb/sec]

Wi-Fi 特征



## 802.11 Probe Response Frame

25 7.382070	SzDjiTec 10:d4:45	Broadcast	802.11
26 7.382280	SzDjiTec 10:d4:45	Broadcast	802.11
27 7.383944	SzDjiTec_25:95:bd	SzDjiTec_10 c7:46	802.11
28 7.384125	SzDjiTec 25:95:bd	SzDjiTec 10 c7:46	802.11
29 7.385857	SzDjiTec 25:95:bd	SzDjiTec 10 c7:46	802.11
30 7.386055	SzDjiTec 25:95:bd	SzDjiTec 10 c7:46	802.11

Frame 27: 215 bytes on wire (1720 bits), 215 bytes captured (1720 bits) on interface wlan0  
 Ethernet II, Src: SzDjiTec\_10:d4:45, Dst: Broadcast

IEEE 802.11 radio information

MAC type: 802.11b (4)

Port preamble: False

Data rate: 10 Mb/s

Channel: 2

Frequency: 2417 MHz

Signal strength (dBm): -67 dBm

Duration: 16/2 us

802.11 Probe Response, Flags: . . . .

802.11 Wireless LAN management frame

Fixed parameters (12 bytes)

Variable parameters (149 bytes)

Tag: SSID parameter set: WLAN-OPS 25:95:bd

Tag: Supported Rates 10, 20, 5.5, 11, 6, 9, 12, 18, [Mbit/sec]

Tag: DS Parameter Set: Channel 2



无人机型号

OUI	SSID	Drone Model
60:60:1f	PHANTOM3_xxxxxxx	PHANTOM3
60:60:1f	Mavic-xxxxxxx	MAVIC
e4:12:18	XPLORED_xxxxxxx	XPLORED
	KONGYING-xxxxxxx	KONGYING
	MiRC-xxxxxxx	XiaoMi

OUI、SSID及型号对应关系



## 用于图像显示的操控者手机终端

操控者识别

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
52	20.448583	ScDjiTec_32:39:a1 (00...	QikuInte_9c:0c:39	802.11	58	802.11 Block Ack, Flags=...
53	20.45012	ScDjiTec_32:39:a1	ScDjiTec_32:39:a1	802.11	40	Clear-to-send, Flags=...
54	20.452694	ScDjiTec_32:39:a1	QikuInte_9c:0c:39	802.11	1287	QoS Data, SN=49, FN=0, Flags=...
55	20.453008	ScDjiTec_32:39:a1	ScDjiTec_32:39:a1	802.11	40	Acknowledgment, Flags=...
56	20.453242	ScDjiTec_32:39:a1	ScDjiTec_32:39:a1	802.11	40	Clear-to-send, Flags=...
57	20.453481	ScDjiTec_32:39:a1	QikuInte_9c:0c:39	802.11	1287	QoS Data, SN=50, FN=0, Flags=...
58	20.453673	ScDjiTec_32:39:a1	QikuInte_9c:0c:39	802.11	1287	QoS Data, SN=51, FN=0, Flags=...
59	20.454230	ScDjiTec_32:39:a1	QikuInte_9c:0c:39	802.11	1287	QoS Data, SN=52, FN=0, Flags=...
60	20.454289	ScDjiTec_32:39:a1	QikuInte_9c:0c:39	802.11	1287	QoS Data, SN=53, FN=0, Flags=...
61	20.454328	QikuInte_9c:0c:39 (74...	ScDjiTec_32:39:a1	802.11	58	802.11 Block Ack, Flags=...
62	20.454404	ScDjiTec_32:39:a1	ScDjiTec_32:39:a1	802.11	40	Clear-to-send, Flags=...

Frame 59 (1287 bytes on wire (10296 bits), 1287 bytes captured (10296 bits) on interface 0)
802.11 Radio Information
IEEE 802.11 QoS Data, Flags=...
Type/Subtype: QoS Data (0x002b)
Frame Control field: 0x0042
Receiver address: QikuInte_9c:0c:39 (74:ac:5f:9c:0c:39)
Destination address: QikuInte_9c:0c:39 (74:ac:5f:9c:0c:39)
Transmitter address: ScDjiTec_32:39:a1 (48:68:1f:32:39:a1)
Source address: ScDjiTec_32:39:a1 (48:68:1f:32:39:a1)
QoS ID: ScDjiTec_32:39:a1 (48:68:1f:32:39:a1)
QoS address: QikuInte_9c:0c:39 (74:ac:5f:9c:0c:39)
Fragment number: 0
Sequence number: 52
QoS parameters
Data (1220 bytes)

Station Hardware Address ( wlan.staa ), 5 字节	分组: 11406 - 已显示: 11406 (100.0%) - 加载时间: 0:2.35 - 配置文件: Default
--	--

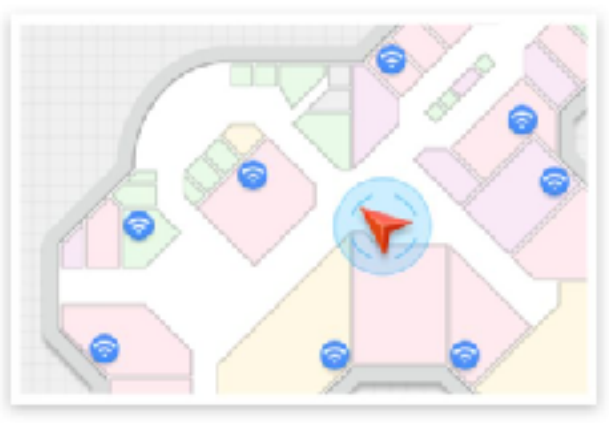
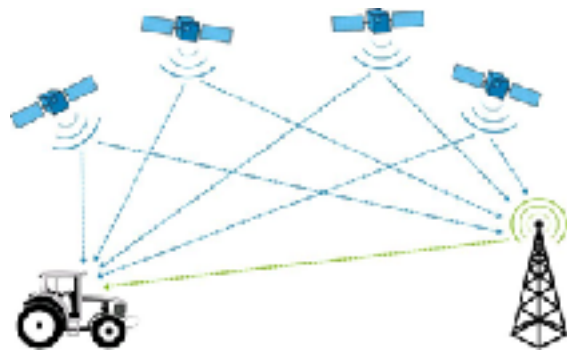


## Deauthentication Attack

干扰无人机

类型	热点位置	中断图像?
Dji PHANTOM3	遥控器	Yes
Dji MAVIC(Wi-Fi)	飞行器	Yes
XPLORER	遥控器	Yes





通过多个WiFi sensor进行三角定位，判断目标的大致方位。



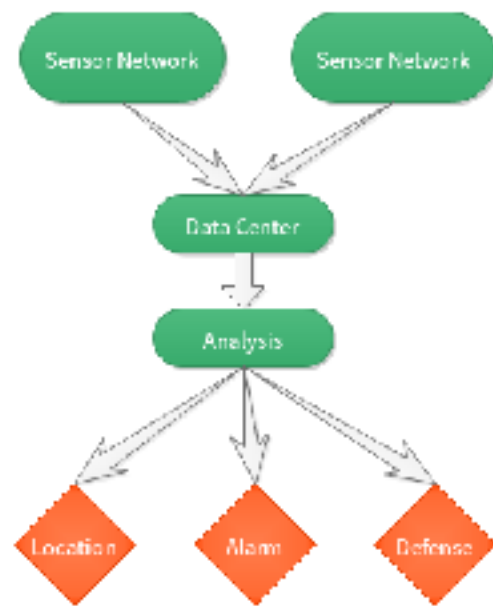
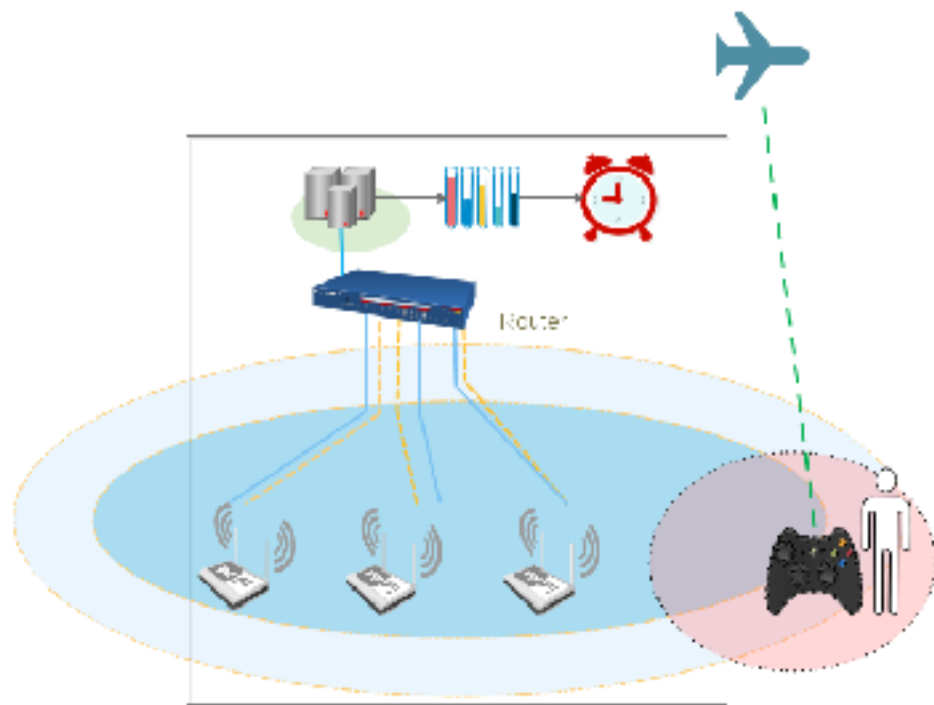
## 功能总结

- 无人机发现与识别
- 控制/图传干扰
- 飞行器、操控者定位跟踪
- 黑白名单管理
- 电子证据

# 反无人机系统的设计与实现

---

# 系统架构



# Requirements

## Hardware:

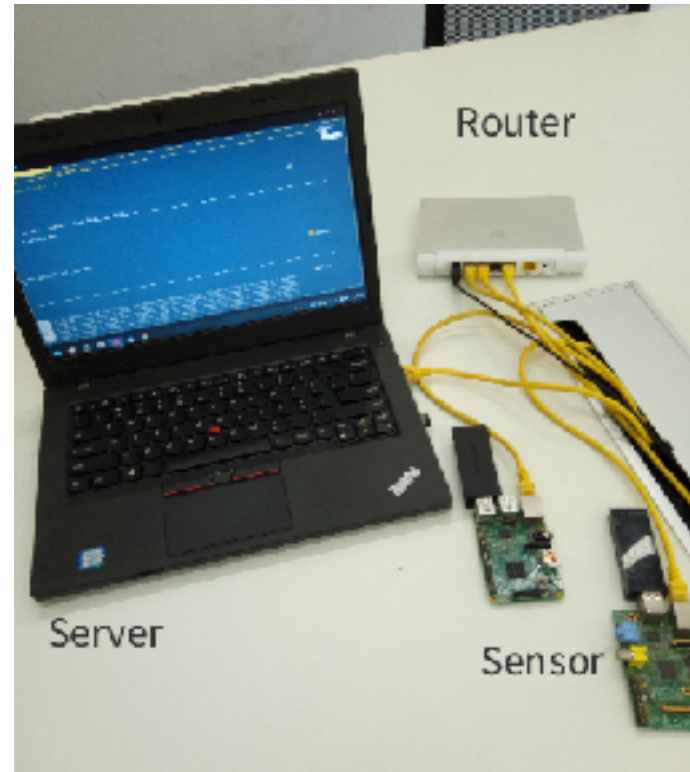
- Linux host
- 5G&2.4G Dual Band WiFi module
- GPS module

## Software:

- Kismet
- Analysis scripts

## Test UAV:

- DJI Phantom 3





# Kismet Drone

---

#kismet\_drone.conf

servername=Kismet-Drone

dronelisten=tcp://<LocalIP>:2502

droneallowedhosts=<ServerIP>

ncsource=<Interface>:channellist:IEEE80211b



# Kismet Server

---

**#kismet.conf**

ncsource=drone:host=<DroneIP>,port=2502

#(无人机过滤规则)

filter\_tracker=BSSID(60:60:1F:00:00:00/FF:FF:FF:00:00:00)

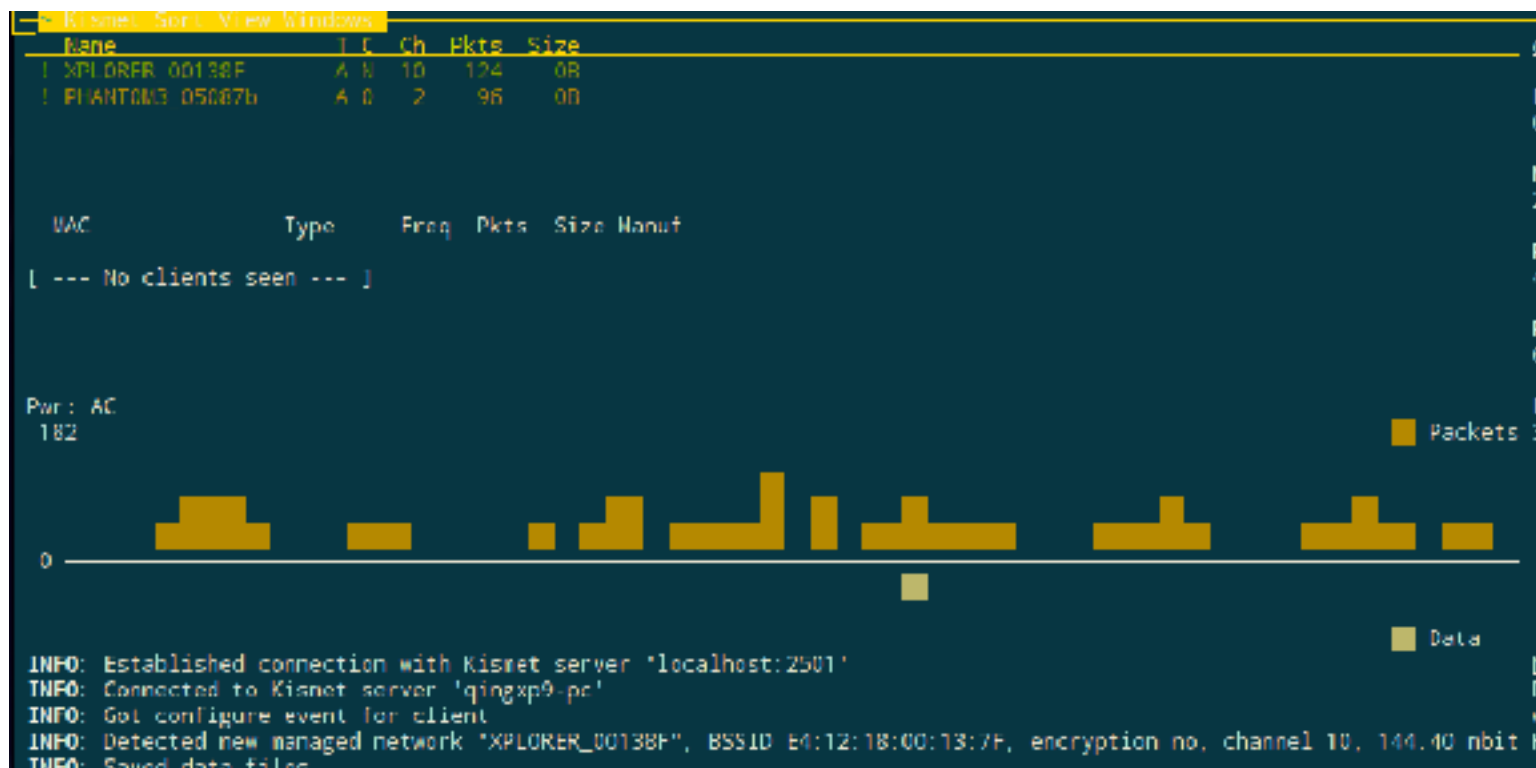
...

filter\_tracker=BSSID(e4:12:18:00:00:00/FF:FF:FF:00:00:00)

logtypes=**netxml**,pcapdump



# Monitoring





# Log Analysis

```
<wireless-network number="1" type="infrastructure" first-time="Fri Mar 10 16:33:06 2017" last-time="Fri Mar 10 16:33:06 2017">
  <type>Probe Response</type>
  <max-rate>144.400000</max-rate>
  <packets>166</packets>
  <wps>No</wps>
  <encryption>WPA+PSK</encryption>
  <encryption>WPA+AES-CCM</encryption>
  <wpa-version>WPA2</wpa-version>
  <ssid cloaked="false">PHANTOM3_05087b</ssid>
</SSID>
<BSSID>60:60:1F:05:08:7B</BSSID>
<manuf>SzDjiTec</manuf>
<channel>10</channel>
<channel-width>20</channel-width>
```

## 无人机热点信息：

- ESSID
- BSSID
- 频道
- 厂商
- 发现时间



# Log Analysis

```
</wireless-client>
<wireless-client number="2" type="established" first-
6:41:35 2017" last-time="Fri Mar 10 16:41:58 2017">
  <client-mac>74:AC:5F:9C:0C:39</client-mac>
  <client-manuf>QikuInte</client-manuf>
  <channel>0</channel>
  <freqmhz>2442 2</freqmhz>
  <freqmhz>2447 3</freqmhz>
  <freqmhz>2452 3</freqmhz>
  <freqmhz>2457 4</freqmhz>
  <freqmhz>2462 5</freqmhz>
  <maxseenrate>1000</maxseenrate>
```

## 客户端信息：

- MAC
- OUI

# 告警



```
xml = File.open("/tmp/uav_logs/uav-#{date}.netxml")
uavs = Hash.from_xml(xml)["detection_run"]["wireless_network"]
uavs = (uavs.class == Hash)? Array.new.push(uavs) : uavs
uavs.each do |iten|
  time = DateTime.parse(iten['last_time']).strftime("%T")
  msg = []
  msg.push "-----"
  msg.push "| WARNING, an UAV was found! "
  msg.push "|   #{time}"
  msg.push "|   "
  msg.push "|   #{iten['SSID']['ssid']}"
  msg.push "|   (#{iten['BSSID']})"
  msg.push "|   "
  msg.push "| Clients:"

  clients = iten["wireless_client"]
  clients = (clients.class == Hash)? Array.new.push(clients) : clients
  clients.each do |client|
```

→ ~ ruby detectuav.rb

-----  
WARNING, an UAV was found!

15:52:01

PHANTOM3\_050876

(60:60:1F:05:08:76)

Clients:

QikuInte 74:AC:5F:9C:0C:39 15:52:00

-----  
WARNING, an UAV was found!

15:49:11

XPLORER\_00138F

(F4:12:18:00:13:7F)

Clients:

ResliokS 00:ED:4C:81:96:C1 15:47:51

HuaweiTe 5C:AB:6A:A4:32:C9 15:48:24

QikuInte 74:AC:5F:9C:0C:39 15:49:11



# 干扰

## DEAUTH ATTACKING

```
sudo airplay-ng -m 0 1000 -w 40:60:1F:(5:00:70) -r 74:A1:58:4F:00:00  
kismet  
15:50:03 waiting for beacon frame (BSSID: 60:60:1F:(5:00:70) on channel 10  
15:50:04 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 67 ACKs  
15:50:05 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 63 ACKs  
15:50:06 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 61 ACKs  
15:50:07 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 62 ACKs  
15:50:08 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 63 ACKs  
15:50:09 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 62 ACKs  
15:50:10 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 63 ACKs  
15:50:11 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 60 ACKs  
15:50:12 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 60 ACKs  
15:50:13 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 62 ACKs  
15:50:14 Sending 64 directed DeAuth. STMAC: [74:AC:5F:9C:0C:39] [0] 56 ACKs
```

## DISCONNECTING





# Demo

---

<https://drive.google.com/file/d/0B5LLwBgKenflbGZnVE9VU19jN3M/view>





## 优势

---

- 可进行黑白名单管理
- 适应城市等复杂环境，不影响其它无线电通信
- 可定位追踪到操控者的手机设备
- 已部署有WIPS产品的场所，利用现有Wi-Fi传感器网络便可快速升级支持

Report

### UAV Details

Location: 机场高速公路桥  
Time: 2017-7-25 15:00  
Duration: 17 Minutes  
Type: Mavic  
HW: 4040 (162240)



### Monitoring Analysis



### Location Ranking (2/9/2017)

Ranking	Location	Count	Duration
1	机场高速公路桥	10	00:40:51
2	北京首都机场国际酒店	6	00:35:00
3	机场北路	6	00:30:11
4	新马路	5	00:35:24
5	机场航站楼东侧	5	00:22:50
6	中国民航航空飞行学院中心	3	00:10:55
7	机场二路	3	00:05:03

2/9 (100%) 2/10 (100%) 3/9 (100%) 2/2 (100%) 2/13 (100%) 2/14 (100%) 2/15 (100%) 2/16 (100%) 2/17 (100%)

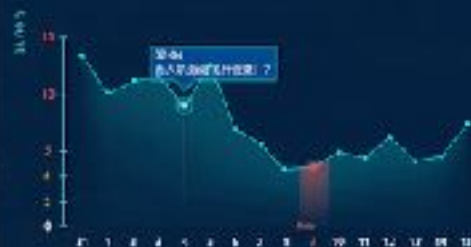
Prison

## Details

Location: 看守所拘留所  
 Time: 2016/07/27 20:08  
 Duration: 17 m 40 s  
 Type: Man  
 Mac: 00:08:1E:02:30:5F



## Monitoring Analysis



## Location Ranking (2/9/2017)

Ranking	Location	Count	Duration
1	看守所外围墙东侧	10	00:40:51
2	看守所外围墙西侧	8	00:33:00
3	正门南侧	5	00:10:11
4	楼一区北	5	00:35:24

1/38 km 2/14 km 2/2 km 2/3 km 2/4 km 2/5 km 2/5 km 2/6 km 2/7 km 2/8 km 2/9 km 2/10 km 2/11 km 2/12 km 2/13 km 2/14 km 2/15 km 2/16 km 2/17 km 2/18 km

2/9/2017



## 缺点

---

- 检测及类型识别依赖于指纹库
- 无法覆盖所有类型的无人机设备，部分无人机不使用Wi-Fi

不同型号无人机具有不同的通信频段、不同的私有协议，加上现实世界比较复杂的无线电环境，**只靠无线电的角度去做无人机检测是比较困难的**

# 承载在802.11上的无人机管控方案

---



## 无人机管控方案

鉴于无人机厂家相互独立，行业缺乏统一管控标准的现状，提出一套承载在802.11上的无人机管控方案。

优点：便于现有大部分无人机通过固件升级的方式予以支持，不需额外添加硬件模块

- 无人机身份识别机制

无人机不断发送广播信号，报告自身身份及位置

- 无人机围栏

围栏发送信息广播，以示无人机避让



## 802.11管理帧信息元素由三部分组成：Type-Length-Value

Type值从0~255，不同标号代表管理帧的不同作用，

*tag= 0* 表示SSID；

*tag= 1*表示所支持的速率；

身份识别机制

Try it! SSID: SmellOfWifiTalk

### Signature: Information Elements

- Frame 0: 100 bytes on wire (1500 bits), 100 bytes cap
- RadioTap Header v0, length 25
- 802.11 radio information
- IEEE 802.11 Association Request, Flags: .....
- IEEE 802.11 wireless LAN management frame
  - Fixed parameters (4 bytes)
  - Tagged parameters (142 bytes)
    - Tag: SSID parameter set: XXXXXXXXXX
    - Tag: Supported Rates 6(M), 9, 12(M), 18, 24(M)
    - Tag: Power Capability Min: 240, Max: 215
    - Tag: Supported Channels
    - Tag: DSM Information
    - Tag: HT Enabled Capabilities (1 secret)
    - Tag: HT Capabilities (802.11n v1.1)
    - Tag: VHT Capabilities (IEEE Std 802.11ac/D1.1)
    - Tag: Vendor Specific: Apple
    - Tag: Vendor Specific: Broadcom
    - Tag: Vendor Specific: Microsoft: WMI/WMI: Inform

Tag #0  
Tag #1  
Tag #33  
Tag #36  
Tag #48  
Tag #70  
Tag #45  
Tag #191  
Tag #221, Vendor CUI 00:17:f2:10, #10  
Tag #221, Vendor CUI 00:10:18, #2  
Tag #221, Vendor CUI 00:50:f2, #2

0, 1, 33, 36, 48, 70, 45, 191, 221(0017f2, 10), 221(001018, 2), 221(0050f2, 2)





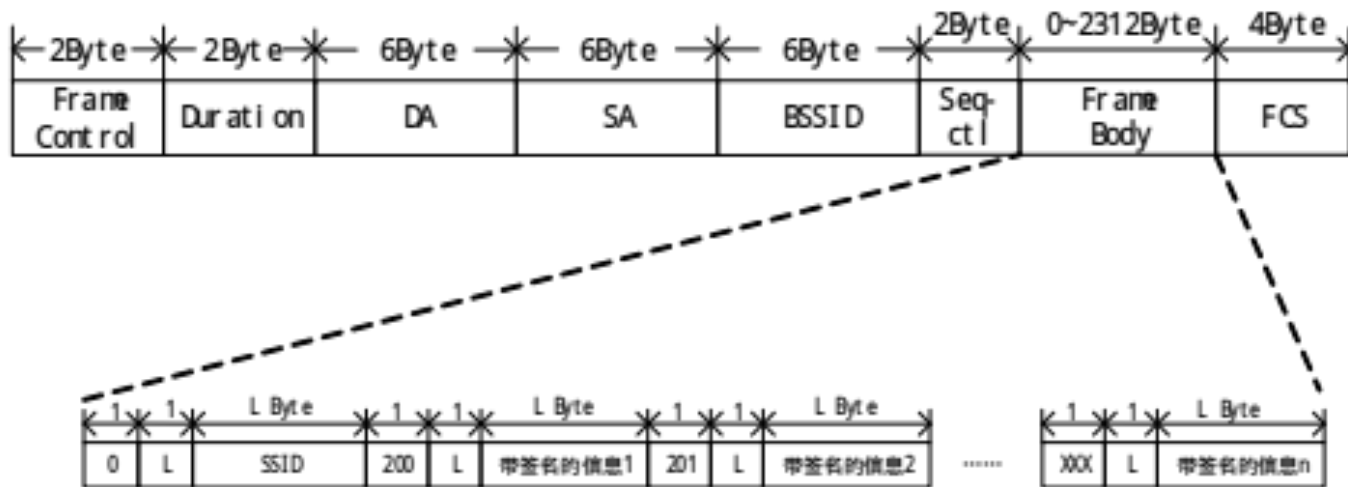
## 通过未定义的tag值携带签名信息

数字签名部分可采用椭圆曲线加密（ECC :Elliptic Curve Cipher）算法，也可采用其他签名算法。ECC算法是一种成熟的公钥密码系统，密钥的长度要远小于RSA加密技术。





整个Framebody最长为2312，信息拼接起来。若采用ECC算法 $384 \times 3\text{bit}$ 加密技术，一帧就可以发送完整签名信息帧。



拼接的管理帧



## 身份识别机制

```
timestamp: 0x0000000000000000
Beacon Interval: 0.102400 [Seconds]
Capabilities Information: 0x0001
Tagged parameters (813 bytes)
  Tag: SSID parameter set: 00123456789abcdef123456789abcdef
  Tag: Reserved (200): Undecoded
  Tag: Reserved (201): Undecoded
    Tag Number: Unknown (201)
    Tag length: 250
  Tag Data: 6262626262626262626262626262626262626262626262626262626262626262...
  Tag: Reserved (202): Undecoded
  Tag: Supported Rates 1(B), 2(B), 5.5(B), 11(B), [Mbit/sec]
  Tag: DS Parameter set: Current Channel: 6
  Tag: CF Parameter set: CFP count 1: CFP Period 2: CFP Max Duration 0: CFP Dur Remaining 0
  Tag: Traffic Indication Map (TIM): DTIM 0 of 0 bitmap
```



## 证书签发

根证书由政府管理部门或国际机构管理，根证书之下可以签发二级证书、三级证书.....

- 例如民航管理部门持有根证书，分别给不同无人机厂商签发二级证书。无人机厂商为每一台出售的无人机配置证书。
- 民航管理部门也可以给例如电网、遥测遥感、公安武警等单位签发二级证书。这些单位负责给自己的专用无人机配置证书。

每个证书对应的私钥存储在无人机上，公钥存放在网络服务器上。无人机监控设备可通过公钥服务器获取对应的公钥，检验签名合法性。



## 无人机围栏

无人机围栏通过信息广播以示无人机避让。广播内容以时间戳（防止重放攻击）与特定警告信息为主。

### 带数字签名：

重要限飞区域所使用，无人机收到该信息后需立即返航或降落。

### 不带数字签名：

无人机的控制端发出警告，自行避让。

无人机围栏配合无人机监测系统同时使用，当发现无人机时发出报警，当闯入围栏内时进行干扰。



# Thank you!

KCon 洞见  
未来