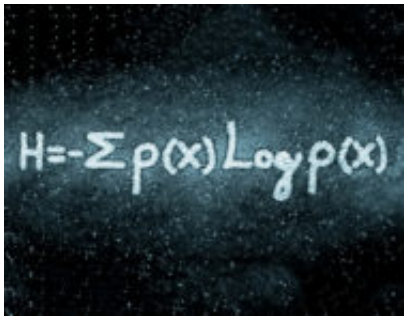
Entropia e sicurezza

Author : Gianluigi Spagnuolo

Date : 18 Febbraio 2019



Il calcolo del livello di entropia nell'analisi di un malware, o di un file binario in generale, rappresenta il primo passo da eseguire, in quanto aiuta a determinare la natura del file e - di conseguenza - quale strada seguire e quali metodi utilizzare per analizzarlo.

Il termine entropia venne introdotto in termodinamica all'inizio del XIX secolo. Solo nel 1948, nel suo ***A Mathematical Theory of Communication***, Claude Shannon ha definito l'entropia nel campo dell'*information theory*.

Per meglio comprendere quanto segue, occorre conoscere la definizione di entropia in relazione all'ICT. Semplificando, l'entropia misura il grado di casualità di un sistema. In particolare, in un file, l'entropia misura quanto sono disordinati i byte che lo compongono.

Riepilogando, l'entropia può essere considerata come la misura del grado di disordine di un determinato insieme di dati, disordine inteso come variazione del valore del singolo byte. Vediamo **un esempio:** innanzitutto produciamo i file da analizzare. Creiamo un file riempito con valori *uguali* e uno con valori casuali.

```
$ head -c 1M  zero-example    $ head -c 1M  random-example
```

```
e valutiamo l'entropia
```

```
$ ent zero-example  Entropy = 0.000000 bits per byte.    $ ent random-example  Entropy = 7.999811 bits per byte.
```

```
Come si può vedere da questo semplice test, l'entropia risulta essere bassa se il file è lineare e massima se il contenuto del file è completamente casuale.
```

Quando è utile

Fin qui tutto bello e interessante, però la domanda sorge spontanea: come può aiutare tutto ciò?

Per rispondere a questa domanda è necessaria una piccola premessa: nelle operazioni di sicurezza, soprattutto nel *reverse engineering*, ci troviamo di fronte due tipi di *aree* con particolare entropia, prodotti dalle operazioni di compressione e crittografia.

Quando abbiamo a che fare con un file binario, ci capita spesso di incontrare aree sconosciute nella forma e nel comportamento: in questi casi è utile almeno conoscerne la natura.

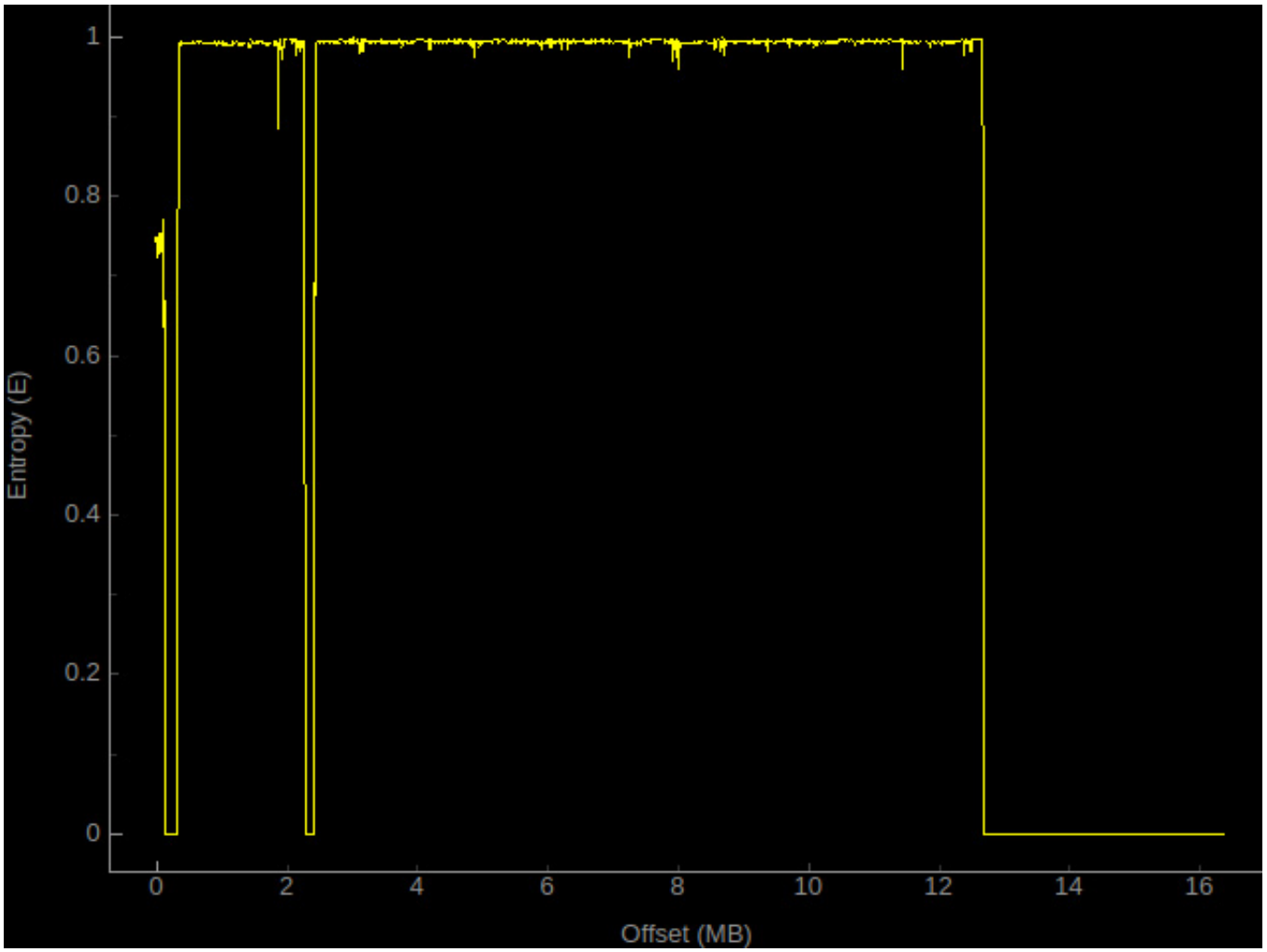
Quindi, in una fase esplorativa, prima di un'analisi statica, sono utili anche strumenti statistici e di *data visualization* per determinare a grandi linee il tipo di software. In questa ottica sono utili il calcolo e la visualizzazione dell'entropia, per determinare la tipologia delle varie aree del file in esame e scegliere il giusto approccio da seguire.

Ispezionando il diagramma dell'entropia dell'intero file, è possibile identificare come sono organizzate le varie aree e individuare il loro grado di interesse nell'analisi. In genere, le aree contenenti codice hanno un'entropia maggiore delle aree non contenenti codice (i dati tipicamente hanno bassa entropia, in quanto sono spesso ripetitivi).

Ad esempio, analizzando il file *test.bin* con binwalk -E abbiamo:

```
$ binwalk -E  test.bin   DECIMAL       HEXADECIMAL     ENTROPY  ------
--------------------------------------------------------------------
----  0             0x0             Falling entropy edge (0.748507)  3
52256        0x56000         Rising entropy edge (0.992041)  1875968
     0x1CA000        Rising entropy edge (0.992091)  2285568       0x2
2E000        Falling entropy edge (0.365989)  2457600       0x258000
      Rising entropy edge (0.990475)  12689408      0xC1A000        Fa
lling entropy edge (0.249381)
```

e l'immagine in **Figura 1**.



Determinata l'entropia delle varie zone dobbiamo chiederci essenzialmente due cose: perché quell'area ha un entropia del genere e di conseguenza cosa c'è in quell'area.

Entropia dei file binari

Come detto, misurare l'entropia di un file binario aiuta a capire se il file è stato cifrato o compresso. Il metodo più comune per determinare il livello di entropia di un file è **l'entropia di Shannon**.

La formula di Shannon (Riquadro 1) va da 0 a 8: un valore basso indica che il file non ha subito nessun offuscamento, viceversa un valore alto sta ad indicare la presenza di un'operazione di cifratura o compressione.

In dettaglio: i file *"puliti"* generalmente hanno un valore inferiore a 5, i file compressi hanno valori superiori a 5 ma inferiori a 6 (dipende molto dal tipo di compressione, ad esempio un'area compressa

con LZMA avrà, da questo punto di vista, un comportamento molto simile ad un'area cifrata, sono quindi necessarie ulteriori indagini) e infine i file cifrati hanno un'entropia maggiore di 6. Ovviamente questa misura ci dice *solo* indicativamente che un file abbia subito una determinata procedura.

Per calcolare l'entropia sono utili strumenti come la risorsa online binvis.io oppure binwalk -E o ancora ent.ent (*A Pseudorandom Number Sequence Test Program*) che, oltre all'entropia, ci fornisce altre grandezze utili durante l'analisi di un file. In particolare ci interessano la *distribuzione Chi Quadrato* e il *Monte Carlo Value for Pi* che ci danno informazioni sulla natura del file. Per le definizioni e il significato relativo ad un file, rimando alla pagina ufficiale del progetto: fourmilab.ch/random/.

Con ent avremo un output del genere:

```
$ ent test.bin   Entropy = 7.371475 bits per byte.    Optimum compress
ion would reduce the size of this 4194304 byte file by 7 percent.    C
hi square distribution for 4194304 samples is 24956388.61, and randoml
y  would exceed this value less than 0.01 percent of the times.    Ari
thmetic mean value of data bytes is 107.9100 (127.5 = random).  Monte
Carlo value for Pi is 3.273785852 (error 4.21 percent).  Serial correl
ation coefficient is 0.312169 (totally uncorrelated = 0.0).
```

Riquadro 1: Entropia di Shannon

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} p_i log(p_i)$$

L’entropia di Shannon (in figura) è data dal valore negativo della sommatoria di *p(i)*, che rappresenta la probabilità di ogni elemento *i* del file, moltiplicato per il logaritmo della probabilità di *i*. La parte della formula all'interno della sommatoria è sicuramente quella più importante: assegna un valore alto agli eventi rari e un valore basso agli eventi più comuni.

Conclusioni

Da quanto detto finora si deduce che, in fase di analisi statica, è buona norma calcolare l'entropia soprattutto quando abbiamo a che fare

con un *oggetto non identificato*. Inoltre va sottolineato che il concetto di entropia ci viene incontro non solo quando dobbiamo fare delle operazioni di *reverse engineering*, ma anche quando facciamo un penetration test o siamo alla ricerca di bug.

Articolo a cura di **Gianluigi Spagnuolo**