Format string vulnerability

Le vulnerabilità legata alle stringhe consentono ad un attaccante di leggere o modificare la memoria sfruttando un uso improprio delle stringhe di formato.

Le funzioni di formattazione in C sono:

- Printf
- Fprint
- Sprint

Tutte ricevono una stringa e una sequenza di dati.

Esempio:

```
printf("The answer is %d!",42);
```

Esempio di programma vulnerabile:

```
int main(int argc, char **argv)
{
    if (argc>1) {
       printf(argv[1]);
    } else {
       printf("Please, give me a value to echo!\n");
    }
    return 0;
}
```

Viene passato argc[1] direttamente a printf, se l'argomento contiene speicificatori di formato, il comportamento del programma può essere alterato.

Ad esempio, possiamo far andare in crash un programma passando una stringa composta da una sequenza di **"%s"** (che è il formato per le *stringhe*):

```
CC> ./echo %s%s%s%s%s%s%s%s%s%s
Segmentation fault (core dumped)
CC>
```

Questo accade perché, quando viene eseguito **printf**, i parametri mancanti vengono cercati nello *stack*!

Quando invochiamo una funzione di formattazione, i parametri vengono messi nello *stack*, con la stringa di formato in cima.

➢ Quando viene eseguita, **printf** recupera prima la stringa di formato e quindi risale lo *stack* per recuperare gli altri argomenti.

➢ Se non forniamo questi argomenti, vengono usati altri valori presenti nello *stack*!

Quando printf riceve solo una sequenza di %s:

- Per ogni %s, viene recuperato un valore dallo *stack* e trattato come un indirizzo.
- Se il dato recuperato è un indirizzo appartenente allo spazio di memoria consentito del programma, viene stampato.
- Se non è un indirizzo valido, viene generata un'eccezione.

Visualizzare il contenuto dello stack

➤ Consideriamo la seguente variazione del nostro programma:

c — Copia codice

```c
int main(int argc, char **argv)
{
    int value1 = 0xabababab;
    int value2 = 0xcdcdcdcd;
    int value3 = 0xefefefef;
    if (argc > 1) {
        printf(argv[1]);
    } else {
        printf("Please, give me a value to echo!\n");
    }
    return 0;
}
```

Visualizzare il contenuto dello stack

➤ Possiamo usare il formato delle stringhe per stampare i valori presenti nello *stack*:

perl — Copia codice

```
CC> ./echo2 "%8x %8x %8x %8x %8x %8x %8x %8x"
0 f7579a50 80484eb 2 abababab cdcdcdcd efefefef f76fd3dc
```

➤ Se vogliamo leggere i dati nelle posizioni 5, 6 e 7:

shell — Copia codice

```
CC> ./echo2 "%5$10x %6$10x %7$10x"
abababab cdcdcdcd efefefef CC>
```

Corruzione dei dati

- La vulnerabilità del formato di stringa può anche essere usata per **modificare valori in memoria**.
- Questo può essere fatto usando il formato **%n**, che permette di salvare il numero di caratteri stampati in una posizione di memoria.

- Se non forniamo la posizione di destinazione, viene usato **il primo valore nello stack**!

➤ Consideriamo il seguente codice

```
int flag;

int main(int argc, char **argv)
{
    if (argc<1) {
        printf("Please, enter your name!\n");
    }

    printf(argv[1]);

    if (flag) {
        printf("\n\nYou win!\n");
    } else {
        printf("\n\nI'am sorry! Try again!");
    }

    return 0;
}
```

Fornendo l'input appropriato possiamo **corrompere il valore di flag**.

Per raggiungere questo obiettivo dobbiamo:

- Trovare l'indirizzo dove è memorizzata la variabile **flag**
- Fornire un input che posizioni questo indirizzo in cima allo *stack*
- Aggiungere il formato **%n** alla fine dell'input

L'indirizzo della variabile **flag** può essere ottenuto usando objdump:

```
CC> objdump -t changeit | grep "flag"
0804a024 g     O .bss   00000004                flag
CC>
```

(nell'immagine compare 0804a024 come indirizzo ottenuto da objdump)

➤ Per mettere l'indirizzo in cima allo *stack* passiamo al programma una stringa che contenga:

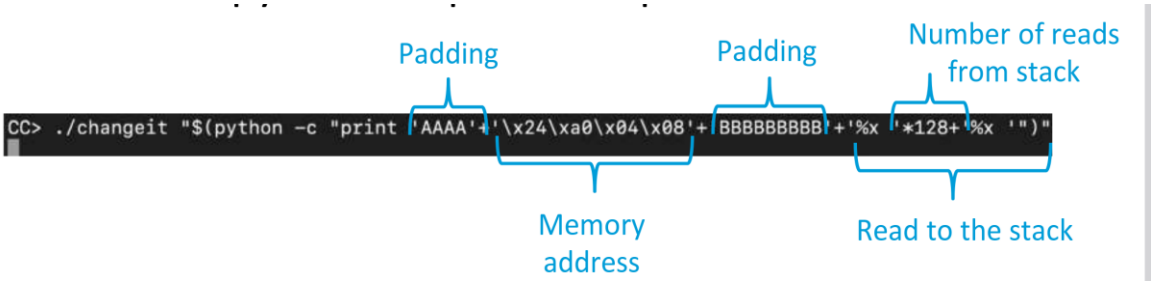
- l'indirizzo (nell'immagine successiva è mostrato **0804a2024** — potrebbe essere un refuso rispetto all'indirizzo precedente)
- una sequenza di %x che legge valori dallo *stack*
- testo di padding per semplificare l'allineamento

Uno script Python inline può aiutarci:

(la riga mostrata è un esempio di comando che costruisce la stringa di input; nella slide le parti sono annotate così)

- **Padding** — testo usato per l'allineamento
- **Memory address** — l'indirizzo di memoria che vogliamo inserire nello stack (es. \x24\xa0\x04\x08 nel comando)
- **Read to the stack** — una sequenza di %x che legge valori dallo stack
- **Number of reads from stack** — quanti valori leggere (es. *128 nella slide)

I padding e il numero di letture dallo stack devono essere adattati.



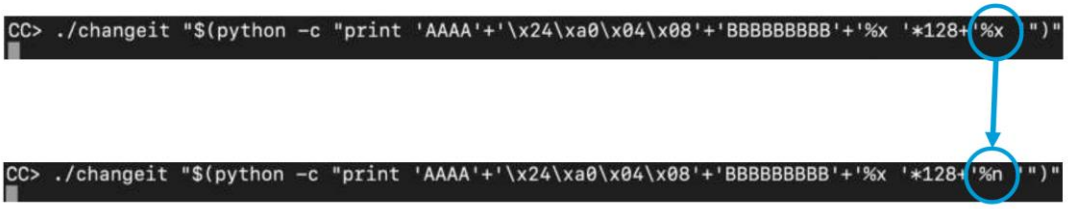
Il risultato dell'esecuzione è:

(Nell'output mostrato si leggono molti valori letti dallo stack; evidenziato in blu c'è l'indirizzo 804a024)

L'ultimo elemento recuperato dallo stack è esattamente l'indirizzo di memoria che vogliamo modificare!

Possiamo modificare lo script sostituendo l'ultimo %x con un %n:

- Nella slide è mostrato il comando che costruisce il payload (uno script Python inline). Sostituendo l'ultima conversione %x con %n facciamo sì che printf scriva nel luogo di memoria il numero di caratteri stampati fino a quel punto.
- **Effetto:** al posto della semplice lettura dello stack si esegue una scrittura nella memoria puntata dall'elemento trovato nello stack.



➤ **Questo ci permette di cambiare la variabile flag:**

- Dopo aver posizionato l'indirizzo di flag nello stack e aver regolato padding e numero di letture, l'uso di %n fa sì che la memoria di flag venga modificata.
- Nell'output mostrato nella slide finale, l'attacco ha avuto successo e il programma stampa You win!.

Mitigazioni

- Le vulnerabilità di formato delle stringhe sono abbastanza facili da correggere.
- Infatti, abbiamo problemi **solo** quando passiamo a una funzione di formattazione una stringa che contiene input **non attendibile** o fornito dall'utente:

Unsafe

Equivalent safe