

Как устроен парсер:

Основная идея парсера в том, чтоб опознавать и пропускать сразу по несколько байт за раз. В случае http-запросов, при отсутствии необходимости нормализовать строку мы можем сталкиваться с тремя ситуациями

1. нам необходимо распознать одну из множества строк, например GET, POST, HEAD
2. нам необходимо распознать последовательность символов, принадлежащих к определённому набору символов ASCII
3. нам необходимо пропустить пробелы.
4. нам необходимо как-то совмещать байты после скачков между буферами, если запрос разбит на несколько пакетов.

Для первого случая используется функционал, представленный в sse\_parser.c функциями

```
int tokenSetLength(const char ** tokens) ;  
TokenSet * initTokenSet(const char ** tokens, void * buf, int bufsize);  
MatchResult matchTokenSet(const TokenSet * ts, Vector vec);
```

В парсере http\_parser, повторяющем логику парсера tempesta, они редуцированы до наборов констант и вставок intrinsic-команд, т. к. набор сравниваемых строк незначителен.

Пусть набор строк для сравнения «GET, POST, HEAD, OPTIONS, PUT,»

Идея алгоритма сравнения такова:

Мы формируем маску способа расстановки байт для сравнения (M1), маску для группового сравнения (M2), и пару масок для сведения результата к ответу (M3, M4). Если текстовых констант много, то длина каждой маски будет больше 16 байт. За один проход сравнить все маски не получится, поэтому мы разбиваем маски на порции по 16 байт и последовательно обрабатываем их, сохраняя результаты от предыдущей порции в специальном регистре переноса.

Исходя из заданного набора строк, мы формируем 4 константы на каждую итерацию:

маску перестановки байт входной строки для последующего сравнения M1

	//GET,	//POST	//HEAD	//OPTI
<i>итерация1:</i>	0,1,2,0xFF,	0,1,2,3,	0,1,2,3,	0,1,2,3
	//ONS,	//PUT		
<i>итерация2:</i>	4,5,6,0xFF,	0,1,2,0xFF,	0xFFFFFFFF,	0xFFFFFFFF

маску ожидаемых значений байт после перестановки M2

<i>итерация1:</i>	'G','E','T',0,	'P','O','S','T',	'H','E','A','D',	'O','P','T','I'
<i>итерация2:</i>	'O','N','S',0,	'P','U','T',0,	0xFFFFFFFF,	0xFFFFFFFF

Далее мы сравниваем последнюю маску с перестановленными байтами группами по 4 байта

В случае строки POST результат будет выглядеть до сокращения так:

<i>итерация1:</i>	0x00000000,	0xFFFFFFFF,	0x00000000,	0x00000000
<i>итерация2:</i>	0x00000000,	0x00000000,	0x00000000,	0x00000000

А в случае строки OPTIONS результат будет выглядеть до сокращения так:

<i>итерация1:</i>	0x00000000,	0x00000000,	0x00000000,	0xFFFFFFFF
<i>итерация2:</i>	0xFFFFFFFF,	0x00000000,	0x00000000,	0x00000000

Далее мы сводим 4ки байт 0xFFFFFFFF->0xFFFF, 0x00000000->0x0000 используя результат сравнения от предыдущей и текущей итерации. Результат сравнения предыдущей операции хранится в переменной latch, туда же помещается результат сравнения от текущей итерации после сведения.

После этой операции для POST получаем:

*итерация1:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0000, 0xFFFF, 0x0000, 0x0000

Для OPTIONS:

*итерация1:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0000, 0x0000, 0x0000, 0xFFFF  
*итерация2:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0xFFFF,  
0xFFFF, 0x0000, 0x0000, 0x0000

Следующим шагом «раскрашиваем» каждое поле с помощью вспомогательной маски  
0x0001, 0x0002, 0x0004, 0x0008,  
0x0010, 0x0020, 0x0040, 0x0080

И суммируем результаты операций горизонтального сложения 16-битных слов hadd, одновременно размножая результат операции по всему регистру.

После этой операции для POST получаем:

*итерация1:* 0x0020, 0x0020, 0x0020, 0x0020,  
0x0020, 0x0020, 0x0020, 0x0020

Для OPTIONS:

*итерация1:* 0x0000, 0x0010, 0x0010, 0x0010,  
0x0010, 0x0010, 0x0010, 0x0010  
*итерация2:* 0x0018, 0x0018, 0x0018, 0x0018,  
0x0018, 0x0018, 0x0018, 0x0018

Далее мы выделяем результат. Для этого мы используем знание в какой позиции в маске M1/M2 стояла строка и к какому коду она приведёт. На основании знания этого кода, мы создаем маски M3/M4. В маске M3 будут содержаться ожидаемые биты, а в M4 — пара {длина строки, id строки}

*M3-1:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0010, 0x0020, 0x0040, 0x0000,  
*M4-1:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0300, 0x0401, 0x0402, 0x0000,  
*M3-2:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0018, 0x0020, 0x0000, 0x0000,  
*M4-2:* 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,  
0x0704, 0x0305, 0x0000, 0x0000,

Для POST уже на первой итерации сравнение с M3-1 даст нам ненулевые результаты, поэтому алгоритм завершится выдав ответ соответствующей позиции совпавшего слова, т. к. 0x0401: 4 байта, id = 1.

Для OPTIONS на второй итерации сравнение с M3-2 даст нам ненулевые результаты, поэтому алгоритм завершится выдав ответ соответствующей позиции совпавшего слова, т. к. 0x0704: 7 байт, id = 4.

Если ничего не найдено, алгоритм завершится, вернув 0. У алгоритма есть ограничение: строки длиной до 16 байт, плюс нельзя чтоб в списке входных строк одна строка была префиксом другой и шла впереди неё:

CANCEL, OK, OKAY, YES

но: CANCEL, OKAY, OK, YES

Для распознавания последовательности символов, принадлежащих к определённому набору символов ASCII, используются функции

Vector matchSymbolsMask(SymbolMap sm, Vector v)

int matchSymbolsCount(SymbolMap sm, Vector v)

SymbolMap это переменная типа \_\_m128i, содержащая битовую маску для 128 значений таблицы ASCII. Для того, чтоб понять как она организована, посмотрите на эту таблицу:

ASCII Code Chart																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Тип \_\_m128i можно представить как unsigned char [16]. Каждому столбцу в вышеприведённой таблице соответствует один байт, а каждой колонке — бит в байте. Почему так сделано? В SSE нет операции выбора бита из 128битного регистра, но есть возможность выбора байта. При этом используются только биты 0-3 для выбора номера байта, и бит 7 для вывода 0:

result[n] = b[n] & 0x80 ? 0x00 : a[b[n][3:0]]

Мы используем бит 7 чтоб отсечь значения байтов 128-255, не попадающие в ASCII-таблицу. А биты 3-0 это как раз индекс столбца в таблице ASCII. Но дальше есть еще одна проблема: в SSE нет операции сдвига байт. Поэтому нам приходится эмулировать эту операцию с помощью сдвига входных байт на 4 вправо, и выборки байтов из маски

1,2,4,8,10,20,40,80,0,0,0,0,0,0,0

Объединяя результат операции AND над перестановленной маской и результатом выбора байтов из SymbolMap, мы получим набор нулевых и ненулевых байтов в позициях, соответствующих исходным байтам. Далее, мы можем получить значение типа int, путём сравнения результата с нулевым вектором и извлечения старших бит байтов результата. **Это будет инвертированная маска.** Если у вас выбрано меньше 16 байт, объедините результат с маской доступных байт:

result = \_mm\_movemask\_epi8(result\_mask);

result |= (0xFFFFFFFF<<bytes\_available);

Из полученной маски можно получить количество совпавших байт командой \_\_builtin\_ctz.

Третья задача: пропуск пробелов — аналогична предыдущей, с той разницей, что мы можем сравнивать значения «в лоб» с вектором пробелов.

Четвертая задача состоит в том, чтоб сдвигать вектор байтов, досылая в него байты из другого вектора. В SSE есть необходимые команды, но они сдвигают только на постоянное колво байт. Можно конечно нагородить конструкцию на switch или if. Но мы используем константы:

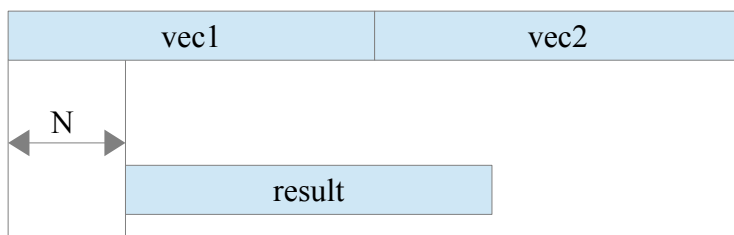
0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF,  
0x03020100, 0x07060504, 0x0B0A0908, 0x0F0E0D0C,  
0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

Если мы берем маску перестановки байт ровно с 16го байта константы, то она будет такой: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15. Это значит что каждый байт перейдет сам в себя и сдвиг будет равен 0.

Если мы берем маску перестановки байт с 17го байта константы, то она будет такой: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,0xFF. Это значит, что в 0й байт попадет 1й байт, в 1й – 2й, и так далее, кроме 15го, куда запишут 0. Т.е. приращение смещения на 1 байт привело к сдвигу на 1 байт вправо. Если двигаться еще дальше(брать смещения 18,19,20 и т. д.) то регистр будет сдвинут еще больше.

Если мы берем маску перестановки байт с 14го байта константы, то она будет такой: 0xFF,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14. Это значит, что в 0й байт попадет 0, в 1й байт – 0й байт, в 2й – 1й, и так далее. Т.е. уменьшение смещения на 1 байт привело к сдвигу на 1 байт влево.

Для совмещения двух векторов мы используем следующий приём:



```
vec1 = _mm_shuffle_epi8(vec1, _mm_right(N));  
vec2 = _mm_shuffle_epi8(vec2, _mm_left(N));  
result = _mm_or_si128(vec1, vec2);
```

где `_mm_left` и `_mm_right` это макросы для невыровненной загрузки маски сдвига со смещением  $16+N$  и  $16-N$  соответственно.

Теперь как мы из этого собираем парсер:

В начале цикла мы проверяем, не закончилась ли у нас еда для парсера, либо же парсер где-то решил что ему недостаточно байт. Например: имя метода GET приходит по байтам, и у нас сперва есть только буква G, затем буквы GE, затем GET, но еще нет пробела.

В случае, если нам пора завершаться, мы фиксируем текущую строку. В *tempesta* как-то по особому фиксируют заголовки, поэтому есть проверка — перед нами заголовок или просто часть запроса.

Далее мы пропускаем пробелы если надо и пытаемся заново «подкачать» байты.

Практически в любом состоянии нам нужно знать, сколько байт мы можем «потребить» и возможно, какое значение имеет байт или пара байт сразу после подходящих. В FF-версии парсера, в состояниях, где парсер может без изменения состояния потребить сразу все 16 байт, есть код для быстрой «перемотки» входных данных. Если байт набрано меньше 16, то нужно подсчитать, сколько именно байт нам подошло, и выделить первый неподошедший байт. Если выделять его позднее, это ведет к падению производительности.

Далее идет *finite-state-machine*, которая предметно рассматривает каждое состояние. Она оперирует последними накопленными 16 байтами(в т.ч. байтами от предыдущих пакетов). У FSM меньше состояний, чем у «goto-парсера», т. к. она ожидаем увидеть на входе сразу достаточно байт для смены состояния. Если их недостаточно, то FSM сигнализирует о необходимости докачать еще байт.

Отдельно стоит отметить разбор схемы: в парсере темпесты есть ошибка, когда название пути или хоста на букву h может быть воспринято как начало http://. Мы заранее считаем его именем хоста или пути пока не убедимся что перед нами именно http://.

Для разбора имени метода и версии HTTP мы используем приём номер 1, описанный выше.

Для разбора URI, Header name и Header value мы используем приём номер 3, описанный выше. Задача FSM на этом этапе просто понять что делать с неподходящим байтом.