

EARL 8 分類マネージャ : LOU、L4Op と Capmap 表の動作確認

目次

[概要](#)

[背景説明](#)

[Capmap テーブルと LOU レジスタのプログラミング](#)

[ケーススタディ #1 : TCP フラグを使用した ACL](#)

[ケーススタディ #2 : LOU レジスタ使用率 100%](#)

[ケーススタディ #3 : L4Op を使用した QoS のプログラミング](#)

[ケーススタディ #4 - Dual-Stack ACL 原因 CAPMAP 枯渇](#)

概要

論理操作ユニット (LOU) かどのようにこの資料に記述されていますおよびレイヤ4 オペレーション (L4Ops) は capmap 表にプログラムされます。障害シナリオと、それらのシナリオでよく発生するエラー、および、それらのエラーから推察すべきことについても説明します。

分類マネージャ (CM) はラベルのような分類 Ternary Content Addressable Memory (TCAM) および関連するリソースを、LOU、capmap エントリ、および他管理します。CM サービスは、Cisco IOS[®] のアクセスコントロールリスト (ACL) 機能および Quality of Service (QoS) 機能をサポートするように TCAM エントリをプログラムするために、Feature Manager (FM) と QoS Manager (QM) によって使用されます。

背景説明

LOU と L4Op : LOU は Logical Operation Units (論理演算ユニット) の略です。これは、ハードウェアレジスタであり、ACL および VLAN アクセスコントロールリスト (VACL) に指定された TCP/UDP ポート番号を表す {operator, operand} タプルを保存するために使用されます。このタプルのことを L4Op と呼びます。たとえばホスト X をホスト Y gt 1023 に対応させる場合、タプルは {gt, 1023} になります。

L4Op : Layer 4 Operations

Capmap テーブル : 前述の L4Op は LOU レジスタにプログラムされ、Capmap テーブルのエントリから参照されます。Capmap テーブル 1 つにつきエントリ (L4Op) は 10 個までという制限があります (方向のために 1 つ予約されるので、実質的な制限は 9 個に減ります)。Capmap テーブルのインデックスは、TCAM のラベルそのものです。

TCAM には A と B の 2 つがあります。各 TCAM のラベルは 8 K です。TCAM ごとに、2 K のエントリを含む capmap テーブルが 1 つあります。各 TCAM のラベルは 8 K であるため、4:1 でオーバーラップが発生します。つまり、4 つのラベルが 1 つの capmap エントリに対応します。オーバーラップするのは 1=2049=4097=6145。

基本的に、これは、TCAM のラベル 1、2049、4097、および 6145 が同じ capmap インデックスを使用することを意味します。このオーバーラップが理由で、従来の Cisco の TCAM ラベル割


```

- 0 0 0x0
I V 32740 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=7; 0x0000000000000038
0
I M 32740 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 32741 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=6; 0x0000000000000038
0
I M 32741 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 32745 4097 0 0 0 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- 0x0000000040000038
0
I M 32745 0x1FFF 0 0x00 0x000 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

インターフェイス VLAN 1 に割り当てられた TCAM のラベルは 2049 で、VLAN 2 に割り当てられた TCAM のラベルは 4097 です。これは、両方のインターフェイスが、L4Op のプログラミングで、同じ Capmap テーブルを使用して LOU レジスタを参照することを意味します。

これは、このコマンドで確認できます (ACL a1 には 5 つの ACE があり、ACL a2 には 4 つの ACE があるということは、この capmap テーブルがいっぱいであることを意味します)。

```

Sup2T#show platform hardware acl capmap tcam B label 4097
Hardware Capmap Table Entry For TCAM B. Free items are not shown

```

```

Index  Loc[9]  [8]  [7]  [6]  [5]  [4]  [3]  [2]  [1]  [0]
-----
1      212   10   9    8    7    6    5    4    3    2

```

```

Sup2T#show platform hardware acl capmap tcam B label 2049
Hardware Capmap Table Entry For TCAM B. Free items are not shown

```

```

Index  Loc[9]  [8]  [7]  [6]  [5]  [4]  [3]  [2]  [1]  [0]
-----
1      212   10   9    8    7    6    5    4    3    2

```

この段階で、拡張可能ではない別の L4Op ベースのアクセスコントロール エントリ (ACE) をこれらのインターフェイス用にインストールしようとする、[No free capmap entry available] というエラーを受け取ります。

```

Sup2T(config)#ip access-list extended a2
Sup2T(config-ext-nacl)#permit ip host 1.1.1.2 any dscp 10
Sup2T(config-ext-nacl)#end

```

```

*Sep 16 14:57:55.983: %EARL_CM-5-NOCAPMAP: No free capmap entry available
*Sep 16 14:57:55.991: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan2 routed traffic
will be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied
at the interface

```

そのため、インターフェイス全体をソフトウェアブリッジすることになりますが、スイッチングが遅くなり、CPU 使用率が高くなるといった問題を引き起こす可能性があります。

注: この問題を解決するために、Cisco Bug ID [CSCuo02666](#) が発行されています。これによって導入された最大のロジック変更は、TCAM のラベルの割り当て方法です。Cisco は、TCAM のラベルを 2 K 間隔ではなく連続で (2、3、4、5 というように) 2048 まで割り当てられるようになりました。つまり、capmap テーブルが共有されることは最初からあり得ません。

他のハードウェア リソースと同様に LOU には限界があることを忘れないでください。使用可能な LOU の総数は 104 です。

```
Sup2T#show platform software acl lou
LOUs Registers (shadow copies)
```

Index	Type	A_Op	A_Val	A_Cnt	B_Op	B_Val	B_Cnt
0	PKT_QOS_GI	A is free.			NEQ	0	1
1	DST_PORT	LT	81	2	B is free.		
2	B & A are free						
3	B & A are free						
4	B & A are free						
5	B & A are free						
6	B & A are free						
7	B & A are free						
8	B & A are free						
9	B & A are free						
10	B & A are free						
11	B & A are free						
12	B & A are free						
13	B & A are free						
14	B & A are free						
15	B & A are free						

snip

```
95 B & A are free
96 B & A are free
97 B & A are free
98 B & A are free
99 B & A are free
100 B & A are free
101 B & A are free
102 B & A are free
103 B & A are free
```

Capmap テーブルと LOU レジスタのプログラミング

Capmap テーブルは L4 操作を考慮する必要があるときにのみ使用されます。ここで、Differentiated Services Code Point (DSCP; DiffServ コード ポイント) / サービス クラス (CoS) の値のマッチングも L4Op と見なされることに注意してください。簡単な例はここにあります (この資料がインクレメンタルに構築する Cisco バグ ID [CSCuo02666](#) の修正を含むコードのバージョンを使用しますその) :

```
Sup2T#show ip access-lists a3
Extended IP access list a3
 10 permit ip host 192.168.1.1 host 192.168.1.2
```

I have this applied to interface VLAN 1.

```
Sup2T#show run int vlan 1
Building configuration...
```

```
Current configuration : 84 bytes
!
interface Vlan1
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
 ip access-group a3 in
end
```

これは TCAM に正しくプログラムされます。

この ACE を以下のように変更します。

```
Sup2T#show ip access-lists a3
Extended IP access list a3
 10 permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 eq www
```

もう一度、capmap テーブルを参照します。

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 2
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

```
-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;
```

```
CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown
-----
```

```
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]      [3]          [2]          [1]
[0]
```

```
-----
-----
-----
1      9      Reserved      Free      Free      Free
Free      Free      Free      Free      Free
Free
```

1 つのポート番号を直接等式で指定した場合は、L4Op としてカウントされません。

このように変更します。

```
Sup2T#show ip access-lists a3
Extended IP access list a3
 10 permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 gt www
```

もう一度、capmap テーブルを確認します。

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 2
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

```
-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;
```

```
CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown
-----
```

```
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]      [3]          [2]          [1]
[0]
```

```
-----
-----
-----
2      8 212/0/1      Free      Free      Free
Free      Free      Free      Free      Free      3/1/1
```

今度は capmap テーブルにエントリが 1 つあります。ACE は capmap テーブルで 3/1/1 に変換されています。これは RST/INV/CNT 形式です。ここで、RST は、この L4Op がインストールされた LOU レジスタを示し、CNT は、その LOU の合計カウントを示します (これについては後で詳細に説明します)。RST 値のインデックスがどのように作成されるのか理解するために、次の出力を参照してください。

```
Sup2T#show platform software acl capmap mapping
```

```
  L4op_sel value      Reference
  =====
  0      -----      LOU0 B register
  1      -----      LOU0 A register
  2      -----      LOU1 B register
  3      -----      LOU1 A register
  .....
  .....
  206     -----      LOU103 B register
  207     -----      LOU103 A register
  208     -----      Global format match for global acl
  209     -----      Group id present
  210     -----      L4_hdr_vld
  211     -----      Mpls_plus_ip_pkt
  212     -----      ife/ofe for direction
(213-223)  ----      Reserved
(224-239)  ----      16 TCP flags map
(240-255)  ----      16 IPv6 ext header map
```

L4op_sel 値 0 は LOU0 B レジスタを指し、1 は LOU0 A レジスタを指し、2 は LOU1 B レジスタを指し、3 は LOU1 A レジスタを指す、というようになっていることを確認できます。レジスタ A は常に最初にプログラムされます。これで、3/1/1 という出力が、より理解できるものになりました。

この出力で、3 は L4Op が LOU1 A レジスタにプログラムされたことを意味します。L4Op がどこにプログラムされているかは、LOU レジスタの内容を直接見ることも確認できます。

```
Sup2T#show platform software acl lou
```

```
LOUs Registers (shadow copies)
```

```
Index      Type  A_Op  A_Val  A_Cnt  B_Op  B_Val  B_Cnt
-----
  0PKT_QOS_GI A is free.      NEQ      0      1
  1  DST_PORT  LT      81      1 B is free.
  2  B & A are free
  3  B & A are free
  4  B & A are free
```

snip

```
Sup2T#show platform hardware acl lou
```

```
Dumping h/w lou values
```

```
Index  lou_mux_sel  A_Opcode  A_Value  B_Opcode  B_Value
-----
  0      7      NEQ      0      NEQ      0
  1      1      LT      81      NEQ      0
  2      0      NEQ      0      NEQ      0
  3      0      NEQ      0      NEQ      0
```

snip

このように、(gt, X) タプルは LOU レジスタに (LT, X+1) とプログラムされています。

注: L4Op が LOU のレジスタにプログラムされるのは、インターフェイスに適用されたときだけです。ACL の作成に L4Op が使用されても、(その ALC が実際にはインターフェイスに適用されていなければ)、該当する L4Op は LOU レジスタにプログラムされません。

ACL をインターフェイス VLAN 1 から削除してから、LOU のレジスタをもう一度確認します。

```
Sup2T(config)#int vlan 1
Sup2T(config-if)#no ip access-group a3 in
```

```
Sup2T#show platform software acl lou
LOUs Registers (shadow copies)
```

Index	Type	A_Op	A_Val	A_Cnt	B_Op	B_Val	B_Cnt
0	PKT_QOS_GI	A is free.			NEQ	0	1
1	B & A are free						
2	B & A are free						
3	B & A are free						
4	B & A are free						

snip

```
Sup2T#show platform hardware acl lou
Dumping h/w lou values
```

Index	lou_mux_sel	A_Opcode	A_Value	B_Opcode	B_Value
0	7	NEQ	0	NEQ	0
1	1	NEQ	0	NEQ	0
2	0	NEQ	0	NEQ	0
3	0	NEQ	0	NEQ	0

snip

ケーススタディ #1 : TCP フラグを使用した ACL

TCP フラグとして、LOU レジスタの特定の範囲内に特殊なレジスタのセットが割り当てられています。その範囲は、次に示すように [show platform software acl capmap mapping] コマンドで確認できます。

```
Sup2T#show platform software acl capmap mapping
L4op_sel value      Reference
=====
0      -----      LOU0 B register
1      -----      LOU0 A register
2      -----      LOU1 B register
3      -----      LOU1 A register
.....
.....
206     -----      LOU103 B register
207     -----      LOU103 A register
208     -----      Global format match for global acl
209     -----      Group id present
210     -----      L4_hdr_vld
211     -----      Mpls_plus_ip_pkt
212     -----      ife/ofe for direction
(213-223)  ----      Reserved
(224-239)  ----      16 TCP flags map
(240-255)  ----      16 IPv6 ext header map
```

L4op_sel 値 224 ~ 239 を TCP フラグとして使用できます。つまり、16 個のレジスタを使用できます。次の簡単な例を使用して説明します。この ACL は以下のように定義されています。

```
Sup2T#show platform software acl capmap mapping
L4op_sel value      Reference
=====
0      -----      LOU0 B register
```

```

1      -----      LOU0 A register
2      -----      LOU1 B register
3      -----      LOU1 A register
.....
.....
206    -----      LOU103 B register
207    -----      LOU103 A register
208    -----      Global format match for global acl
209    -----      Group id present
210    -----      L4_hdr_vld
211    -----      Mpls_plus_ip_pkt
212    -----      ife/ofe for direction
(213-223)  ----      Reserved
(224-239)  ----      16 TCP flags map
(240-255)  ----      16 IPv6 ext header map

```

VLAN 13 インターフェイスに以下のインバウンドを適用します。

```

Sup2T(config)#int vlan 13
Sup2T(config-if)#ip access-group a13 in
Sup2T(config-if)#end

```

```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 13 security in ip detail
mls_if_index:2000000D dir:0 feature:0 proto:0

```

```

pass#0 features
UAPRSF: U-urg, A-ack, P-psh, R-rst, S-syn, F-fin
MLGFI: M-mpls_plus_ip_pkt, L-L4_hdr_vld, G-gpid_present, F-global_fmt_match, I-ife/ofe
's' means set; 'u' means unset; '-' means don't care

```

```

-----
-----
-----
-----
I      INDEX  LABEL FS ACOS   AS          IP_SA          SRC_PORT
IP_DA  DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT          CNT

```

fno:0

tcam:B, bank:1, prot:0 Aces

```

I  V  32545    13  0  0  0  192.168.13.10  -  192.168.13.20
-  0  0      1  ANY:----s-  -----  -  0x00000000000000038
0
I  M  32545  0x1FFF  0  0x00  0x000  255.255.255.255  -  255.255.255.255
-  0  0    0xF
I  V  32546    13  0  0  0  192.168.13.10  -  192.168.13.20
-  1  0      1  -  -----  -  0x00000000000000038
0
I  M  32546  0x1FFF  0  0x00  0x000  255.255.255.255  -  255.255.255.255
-  1  0    0xF
I  V  32547    13  0  0  0  0.0.0.0  -  0.0.0.0
-  0  0      0  -  -----  -  0x00000000400000038
0
I  M  32547  0x1FFF  0  0x00  0x000  0.0.0.0  -  0.0.0.0
-  0  0    0x0

```

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 13

```

Shadow Capmap Table Entry For TCAM B

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

Index	CBF	[9]	[8]	[7]	[6]
[5]		[4]	[3]	[2]	[1]
[0]					

13	8	212/0/1	Free	Free	Free
Free		Free	Free	Free	Free 224/0/1

この例では、TCP フラグがレジスタ 224 (これは、TCP フラグとして最初に使用できるレジスタに対応します) にプログラムされました。合計カウントは、この同じ TCP フラグを含む TCP フロー (読み取られた ACE) の数に相当します。

現在の ACL a13 に別の ACE を追加します。これには別の TCP フラグが必要です。

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a13
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 ack
Sup2T(config-ext-nacl)#exit
```

もう一度 Capmap テーブルを見ると、別の TCP レジスタが使用されているのがわかります。

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam b label 13
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

Index	CBF	[9]	[8]	[7]	[6]
[5]		[4]	[3]	[2]	[1]
[0]					

13	7	212/0/1	Free	Free	Free
Free		Free	Free	Free 225/0/1	Free 224/0/1

これから、プログラムがフラグごとに行われることがわかります。フラグごとに、独立した TCP レジスタが使用されるので、そのカウントを維持します。これは、フラグごとに capmap エントリも 1 つ使用することを意味します。さらに、数の上から言えば、ACL では 9 つより多くのフラグを使用できない、つまり、TCP フラグの上限 16 に達する前に capmap の上限に達してしまうことを意味します。

何が起きるかを調べるために、TCP レジスタの上限に達するように TCP フラグを拡張します。この例では、複数の ACL を設定し、さまざまなインターフェイス VLAN に適用して、以下に示すように TCP のレジスタ使用率を 100% にしました。

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
Classification Mgr Tcam Resources
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,
```

RBLeT - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table

Module	Ttlent	QoSent	RBLeT	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
3	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
4	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
6	3%	7%	0%	1%	96%	100%	2%	0%	0%	0%

この段階で、固有の TCP フラグ (または固有になるように複数の TCP フラグを組み合わせたもの) を含む別の ACL を設定し、インターフェイスに適用することを決定した場合は、TCP レジスタに新しい TCP フラグ (またはフラグの組み合わせ) をプログラムする必要があります。しかし、使用できるハードウェア レジスタがありません。このような状況では、すべてのインターフェイスをブリッジすることになります。

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a29
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 psh rst
```

```
Sup2T(config-if)#int vlan 29
Sup2T(config-if)#ip access-group a29 in
```

```
*Oct 6 13:57:47.612: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan29 routed traffic
will be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied
at the interface
```

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 29 security in ip
mls_if_index:2000001D dir:0 feature:0 proto:0
```

```
pass#0 features
```

```
fno:0
```

```
tcam:B, bank:1, prot:0 Aces
```

```
Bridge ip any any
```

ケース スタディ #2 : LOU レジスタ使用率 100%

LOU が有限なリソースであることを忘れないでください。つまり、LOU 用のスペースは使い切ってしまうことがあります。このコマンドで LOU の使用状況をモニタできます。

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
Classification Mgr Tcam Resources
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,
RBLeT - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLeT	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
3	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
4	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
6	2%	7%	0%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%

ここで、より多くの LOU を使用するように ACL を拡張します。(A と B の 2 つの LOU レジスタの両方が必要になる range コマンドを使用して) 複数の ACL をインストールした後、この例では、LOU の使用率が 96% と表示されています。

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
3	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
4	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
6	3%	7%	0%	1%	96%	0%	2%	0%	0%	0%

LOU 使用率が 100% を超えるように、別の ACL を作成してインターフェイスに適用します。

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a12
```

```
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1401 1410  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1411 1420  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1421 1430  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1431 1440  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1441 1450  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1451 1460  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1461 1470  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1471 1480  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1481 1490  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1491 1500
```

```
Sup2T(config-ext-nacl)#exit
```

```
Sup2T(config)#int vlan 12
```

```
Sup2T(config-if)#ip access-group a12 in
```

この例では 100% の LOU 使用率に達しました。しかし、エラーメッセージが出ていないことに注意してください。

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	100%	0%	1%	0%	0%	0%
3	3%	7%	0%	1%	100%	0%	1%	0%	0%	0%
4	3%	7%	0%	1%	100%	0%	1%	0%	0%	0%
6	3%	7%	0%	1%	100%	0%	2%	0%	0%	0%

もう一度テストします。LOU 使用率が 100% に到達しているので、非常にシンプルな L4Op をインターフェイスにインストールしてみます。この ACL を設定します。

```
Sup2T#show ip access-lists a13
```

```
Extended IP access list a13
```

```
10 permit tcp host 192.168.14.1 host 192.168.14.2 range 1600 1650
```

このインバウンドをインターフェイス VLAN 13 に適用します。

```
Sup2T#show run int vlan 13
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 87 bytes
```

```
!
```

```
interface Vlan13
```

```
ip address 192.168.13.1 255.255.255.0
```

```
ip access-group a13 in
```

```
end
```



```

I V 16139 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
1600 0 0 1 - ----- - 0x0000000000000038
0
I M 16139 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
0xF
I V 16140 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
- 1 0 1 - ----- - 0x0000000000000038
0

```

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 14
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]     [3]          [2]          [1]
[0]

```

```

-----
14      9 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free
Free

```

何が起きたのかを以下に説明します。 LOU レジスタがすべて使用されているので、新しい L4Op はインストールできなくなりました。 capmap テーブルでは何も参照できません。 この段階でもまだ、L4Op を拡張して L4Op を TCAM にインストールしようとした。 L4Op が拡張不可能な場合には、ソフトウェアが、指定された方向にインターフェイス全体をスイッチします。

レジスタ使用率が 100% であるとは何を意味しますか。 (L4Op の拡張により) TCAM はすぐにいっぱいになります。 拡張不可能な L4Op をインストールしようとする、現在の実装では、インターフェイス全体にソフトウェアブリッジが行われます。

現状では、拡張不可能な L4Op をこのような状況でインストールしようとした場合にのみエラーが生成されます。 以下の例は、VLAN 13 インターフェイスに適用されている ACL a13 を、拡張不可能な L4Op を追加して変更したものです。

```

Sup2T(config)#ip access-list extended a13
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.14.1 host 192.168.14.2 dscp 40

Oct  5 04:50:13.104: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan13 routed traffic will
be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied at the
interface
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC3-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC1-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC4-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL

```

```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 13 security in ip
mls_if_index:2000000D dir:0 feature:0 proto:0

```

```

pass#0 features

```

```

fno:0

```

```
tcam:B, bank:0, prot:0 Aces
```

```
Bridge ip any any
```

ケーススタディ #3 : L4Op を使用した QoS のプログラミング

QoS ポリシーは、L4Op を参照することがあります。これらの L4Op は、他の L4Op のようにインストールする必要があります。これは、QoS ポリシーについても、インターフェイスごとに、capmap テーブルや LOU が本質的に持っている制限の影響を受けることを意味します。これを示す小さな例をあげます。

```
Sup2T#show ip access-lists a1
Extended IP access list a1
 10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp ef
```

```
Sup2T#show class-map a1-class
Class Map match-all a1-class (id 37)
Match access-group name a1
```

```
Sup2T#show policy-map a1-policy
Policy Map a1-policy
Class a1-class
 police cir 80000 bc 2500
 conform-action transmit
 exceed-action drop
```

この例のポリシーマップが対応するクラスマップは、アクセスリスト a1 を呼び出します。a1 は、192.168.1.10 から 192.168.2.10 宛ての Expedited Forwarding (EF; 完全優先転送) とマークされたトラフィックに対応します。DSCP 値のマッチングは、拡張不可能な L4Op です。これは、LOU のレジスタにプログラムされ、capmap テーブルのエントリを使用して参照される必要があります。このポリシーマップは gig3/23 のインバウンドにインストールされています。

```
Sup2T#show run int gig3/23
Building configuration...
```

```
Current configuration : 176 bytes
!
interface GigabitEthernet3/23
 switchport
 switchport trunk allowed vlan 1-30
 switchport mode trunk
 service-policy input a1-policy
end
```

インターフェイスに用いられている QoS プログラムを表示するには、次のコマンドを使用します。

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip module 3
mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0
```

```
pass#0 features
```

```
fno:0
```

```
tcam:A, bank:0, prot:0 Aces
```

```
0x0000E0100000D00B tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp eq 46
```

0x000000000080D00B ip any any

このコマンドの詳細から、このインターフェイスで使用されている TCAM ラベルがわかります。

Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip detail module 3
mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0

pass#0 features
UAPRSF: U-urg, A-ack, P-psh, R-rst, S-syn, F-fin
MLGFI: M-mpls_plus_ip_pkt, L-L4_hdr_vld, G-gpid_present, F-global_fmt_match, I-ife/ofe
's' means set; 'u' means unset; '-' means don't care

```

-----
-----
-----
I      INDEX LABEL FS ACOS   AS           IP_SA           SRC_PORT
IP_DA          DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT                               CNT
-----
-----
-----

```

fno:0

tcam:A, bank:0, prot:0 Aces

```

I V 16238      2 0 0 0 192.168.1.10 - 192.168.2.10
- 0 0 1 - ----- dscp=46; 0x0000E0100000D00B
0
I M 16238 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
- 0 0 0xF
I V 16239      2 0 0 0 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- - 0x000000000080D00B
0
I M 16239 0x1FFF 0 0x00 0x000 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

使用されている TCAM ラベルは 2 です。次は、capmap テーブルを確認します。

Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

-----
-----
-----
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]          [3]          [2]          [1]
[0]
-----
-----
-----
2      8 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free 2/1/1

```

注: QoS TCAM については、モジュール番号を指定する必要があります。これを指定しないと、出力結果は得られません。

Sup2T#show platform software acl capmap mapping

L4op_sel value	Reference
0	LOU0 B register
1	LOU0 A register
2	LOU1 B register
3	LOU1 A register

snip

LOU の値 2 は、LOU1、レジスタ B を指しています。以下のコマンドでこのプログラムを確認できます。

```
Sup2T#show platform hardware acl lou
Dumping h/w lou values
```

Index	lou_mux_sel	A_Opcode	A_Value	B_Opcode	B_Value
0	7	NEQ	0	NEQ	0
1	4	NEQ	0	NEQ	46
2	1	NEQ	0	NEQ	0

snip

設定を拡張します。

```
Sup2T#show ip access-lists a1
Extended IP access list a1
```

```
10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp ef
20 permit tcp host 192.168.2.11 host 192.168.2.11 dscp ef
30 permit tcp host 192.168.3.11 host 192.168.3.11 dscp ef
40 permit tcp host 192.168.4.11 host 192.168.4.11 dscp ef
50 permit tcp host 192.168.5.11 host 192.168.5.11 dscp ef
60 permit tcp host 192.168.6.11 host 192.168.6.11 dscp ef
70 permit tcp host 192.168.7.11 host 192.168.7.11 dscp ef
80 permit tcp host 192.168.8.11 host 192.168.8.11 dscp ef
```

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A
```

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

Index CBF [9] [8] [7] [6]
[5] [4] [3] [2] [1]
[0]

2 8 212/0/1 Free Free Free
Free Free Free Free Free 2/1/8

これを実行しても、これ以上のエントリは使用されません。代わりに、最初のエントリに対する合計参照カウントが増えます。合理的です。Capmap テーブルと LOU レジスタの観点からいうと、送信元と接続先に関する考慮は不要です。これは単に L4Op 情報を保存します。すべての ACE で同じ DSCP 値に対するマッチングを行うため、その DSCP 値に対するエントリが 1 つあれば十分です。

9 つの DSCP 値を使用するように変更します。

```
Sup2T#show ip access-lists a1
```

```
Extended IP access list a1
```

```
10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp af11
20 permit tcp host 192.168.2.11 host 192.168.2.11 dscp af12
30 permit tcp host 192.168.3.11 host 192.168.3.11 dscp af13
40 permit tcp host 192.168.4.11 host 192.168.4.11 dscp af21
50 permit tcp host 192.168.5.11 host 192.168.5.11 dscp af22
60 permit tcp host 192.168.6.11 host 192.168.6.11 dscp af23
70 permit tcp host 192.168.7.11 host 192.168.7.11 dscp af31
80 permit tcp host 192.168.8.11 host 192.168.8.11 dscp af32
90 permit tcp host 192.168.9.11 host 192.168.9.11 dscp af33
```

ここで capmap テーブルを見ると、すべて使用済みであることがわかります。

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
```

```
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A
```

```
-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;
```

```
CBF - number of free cap bits (one per entry);
```

```
Free items are not shown
```

```
-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]          [3]          [2]
[1]     [0]
```

```
-----
-----
-----
2      0 212/0/1      10/1/1      9/1/1      8/1/1
7/1/1      6/1/1      5/1/1      4/1/1      3/1/1
2/1/1
```

別の拡張不可能な L4Op ベースのエントリをインストールしようとする、次のようになります

。

```
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.10.11 host 192.168.10.11 dscp 2
Sup2T(config-ext-nacl)#end
```

```
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%FMCORE-6-RACL_ENABLED: Interface GigabitEthernet3/23 routed traffic is hardware
switched in ingress direction
```

```
Oct 20 17:12:54.304: %EARL_CM-DFC3-5-NOCAPMAP: No free capmap entry available
```

次は、このインターフェイスの TCAM を確認します。

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip module 3
```

```
mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0
```

```
Couldnt find feature for mls_if_index 0x8096000, dir 0
```

QoS 機能は、これ以上、このインターフェイス用の TCAM にインストールされません。


```

I V 16239      3 0 0 0      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- -      0x000000000080D00B
0
I M 16239 0x1FFF 0 0x00 0x000      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 3 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]          [3]          [2]          [1]
[0]

```

```

-----
-----
-----
3      9 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free
Free

```

ケーススタディ #4 - Dual-Stack ACL 原因 CAPMAP 枯渇

この例では、IPv4 および IPv6 両方 ACL を使用するために設定されるインターフェイスが始動するときこれらのエラーを作成するインターフェイスがあります:

```

Sup2T#show run interface gig3/23
Building configuration...

```

```

Current configuration : 176 bytes

```

```

!
interface GigabitEthernet3/23
 switchport
 switchport trunk allowed vlan 1-30
 switchport mode trunk
 service-policy input a1-policy
end

```

```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip detail module 3

```

```

mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0

```

```

pass#0 features
UAPRSF: U-urg, A-ack, P-psh, R-rst, S-syn, F-fin
MLGFI: M-mpls_plus_ip_pkt, L-L4_hdr_vld, G-gpid_present, F-global_fmt_match, I-ife/ofe
's' means set; 'u' means unset; '-' means don't care

```

```

-----
-----
-----
I      INDEX LABEL FS ACOS   AS          IP_SA      SRC_PORT
IP_DA          DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT          CNT

```


fno:0

tcam:A, bank:0, prot:0 Aces

```
I V 16238      3 0 0 0      192.168.1.1      -      192.168.2.1
- 0 0      1      -      -----      -      0x0000E010005D100B
0
I M 16238 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255      - 255.255.255.255
- 0 0      0xF
I V 16239      3 0 0 0      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0      0      -      -----      -      0x0000000000080D00B
0
I M 16239 0x1FFF 0 0x00 0x000      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0      0x0
```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 3 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

Index	CBF	[9]	[8]	[7]	[6]
[5]		[4]	[3]	[2]	[1]
[0]					

3	9	212/0/1	Free	Free	Free
Free		Free	Free	Free	Free
Free					

ただし同じに IPv4 だけ ACL、およびそれから再追加されてインターフェイスはハードウェア プログラミング正常に完了し、取除かれればエラーはもはや生成されません。

この例に関しては、これらの ACL は SVI の下で設定されます:

Sup2T#show run interface gig3/23
Building configuration...

Current configuration : 176 bytes
!

```
interface GigabitEthernet3/23
 switchport
 switchport trunk allowed vlan 1-30
 switchport mode trunk
 service-policy input a1-policy
end
```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip detail module 3

mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0

IPv4 だけ ACL 取除くとき、capmap 表の自由なエントリの数は増加し、IPv6 ACL はハードウェアに今きちんとプログラムされ、最近解放された capmap エントリの 1 つを使用します。IPv4 ACL がインターフェイスコンフィギュレーションに再適用されるとき、同じ展開は再度起こります。自由な capmap 値を使い果す今 1 つの追加 IPv4 エントリだけ IPv6 ACL の結果として拡張されます。すべての L4Ops がプログラミングによって成功するこの ACL で拡張可能であるので。

エントリがハードウェアでマージするように IPv4 ACL の手動操作での削除および付加を防ぐために機能拡張はそのようなシナリオでアルゴリズムをマージする TCAM を変更するために作成されました。詳細については Cisco バグ ID [CSCuq24924](#) を参照して下さい。

この機能拡張の結果として、ソフトウェアの「バグ修正済み」リリースに今 L4Ops が dual-stack IPv4/v6 ACL 配備のような例でプログラムされる方法を変更するグローバルコンフィギュレーションの構成可能オプションがあります。これは行うことができるコンフィギュレーション変更です

```
Switch(config)#platform hardware acl tcam-exp-logic enable
```

注: この機能拡張の結果としてもたらされる変更が理由で拡張可能 L4Ops は標準より大きい比率で拡張され、TCAM 利用で展開の結果として顕著な増加を引き起こすかもしれません

。