التحقق من اكتشاف مسار وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) على Cisco IOS XR و BGP

المحتويات

المقدمة
معلومات أساسية
TCP PMTUD و TCP MSS
السيناريوهات - تعطيل TCP PMTUD
استخدام قيم MTU الافتراضية
استخدام قيمة MTU غير الافتراضية - نظير TCP النشط
استخدام قيمة MTU غير الافتراضية - نظير TCP السلبي
استخدام خيارات TCP - XR النشط
استخدام خيارات TCP - XR Passive
نظائر TCP غير متصلة مباشرة
نظائر TCP غير المتصلة مباشرة - استخدام خيارات TCP (MD5)
نظائر TCP غير المتصلة مباشرة - يحتوي مقطع المسار على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لـ IP أقل
السيناريوهات - تمكين TCP PMTUD
تمكين PMTUD
PMTUD - يحتوي مقطع المسار على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لـ IP أقل
PMTUD - خيارات TCP (MD5)
PMTUD - اكتشاف الثقب الأسود

المقدمة

يصف هذه المستند اكتشاف وحدة إرسال الحد الأقصى لمسار بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) (MTU) (PMTUD) على أجهزة Cisco IOS® XR.

معلومات أساسية

تحاول آلية PMTUD تحديد أكبر حجم لحزمة بروتوكول الإنترنت (IP) الذي لا يتطلب التجزئة في أي مكان على المسار بين جهازي مضيف. القيمة التي تم إنشاؤها هي MTU للمسار. المسار وحدة الحد المعين وتساوي الحد الأدنى لقيم MTU عبر كل خطوة. إذا أخذت في الاعتبار مسار وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) عند إرسال المعلومات، فإنها تسمح لك بتحقيق أقصى إستفادة من سعة الشبكة وتجنب التجزئة وكفاءة الإرسال. يتم إدخال ميكانيكي PMTUD وتنفيذه عبر مجموعة متنوعة من السيناريوهات باستخدام بروتوكول العبارة الحدودية (BGP) كبروتوكول عميل يكشف تدريجيا عن سلوك PMTUD.

TCP PMTUD و TCP MSS

يستغل بروتوكول TCP نتيجة PMTUD للتأثير على الحد الأقصى المحلي لحجم المقطع (MSS)، مما يعني أنه يتكيف ديناميكيا مع وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) للمسار المكتشف. وبالتالي، قبل الانتقال إلى PMTUD، يمكن مراجعة الحد الأقصى لحجم مقطع

TCP (MSS) بسرعة وفهم ما يعنيه والغرض منه.

وفقا للتعريف الأصلي ل MSS من RFC879: يمكن ذكر تعريف خيار MSS: الحد الأقصى لعدد حائج TCP هذا في شريحة TCP خيار لمسرل مرسلة بواسطة البيانات التي يمكن إستلامها في مخطط بيانات IP بدون خيارات رأس IP. بدون خيارات رأس TCP التي يتم إرسالها

توضيح بعض الجوانب وإسداء المشورة إلى المنفذين، المعيار RFC6691 تبرز كيفية حساب قيمة MSS:

عندما تقوم بحساب القيمة التي تريد وضعها في خيار TCP MSS، يجب تقليل قيمة MTU بمقدار حجم رؤوس IP و TCP الثابتة فقط ويجب عدم تخفيضها لتأخذ في الاعتبار أي خيارات IP أو TCP محتملة؛ على العكس، يجب على المرسل تقليل طول بيانات TCP لحساب أي خيارات IP أو TCP يتم تضمينها في الحزم التي يرسلها.

يمكن إستخلاص تعريف أكثر تفصيلا ل MSS من دليل تكوين التوجيه لموجهات سلسلة Cisco ASR 9000، IOS XR، الإصدار 6.7.x:

MSS هي أكبر كمية بيانات يمكن أن يتلقاها جهاز الكمبيوتر أو جهاز الاتصال في مقطع TCP واحد غير مجزأ. يتم تقييد حجم جلسات عمل TCP بحد على عدد وحدات البايت التي يمكن نقلها في حزمة واحدة؛ هذا الحد هو MSS. يقوم TCP بتقسيم الحزم إلى مجموعات في قائمة انتظار الإرسال قبل تمرير الحزم إلى طبقة IP.

تعتمد قيمة TCP MSS على الحد الأقصى للنقل (MTU) الخاص بواجهة ما، وهو الحد الأقصى لطول البيانات التي يمكن إرسالها بواسطة بروتوكول في مثيل واحد. يتم تحديد الحد الأقصى لطول حزمة TCP بواسطة كل من وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) للواجهة الصادرة و MSS التي تم الإعلان عنها بواسطة جهاز الوجهة أثناء عملية إعداد TCP. على الجهاز المصدر. كلما كان MSS أقرب إلى وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU)، كان نقل رسائل BGP أكثر فعالية. يمكن أن يستخدم كل إتجاه لتدفق البيانات قيمة MSS مختلفة.

ما هي القيمة التي يجب أن يضعها TCP في الاعتبار ل MSS في جلسة TCP معينة؟ وكيف يتم حسابها؟

باللنسبة للقيم الافتراضية وفقا ل RFC879، لديك: ال يجب على الأجهزة المضيفة إرسال الوجهة المضيفة لديها معرفة محددة بأن المضيف مم تكن قادرة على تجميع بيانات أكبر من 576 بايت. ولكن إذا قمت بتجاهل قيمة IP MTU التي تبلغ 576 بايت. الحد الأقصى لحجم مقطع TCP هو الحد الأقصى لحجم مخطط بيانات IP ناقص أربعين.

الحد الأقصى الافتراضي لحجم مخطط بيانات IP هو 576.

الحد الأقصى الافتراضي لحجم مقطع TCP هو 536.

هذا يضع في الاعتبار قيمة IP MTU الفعلية، فيمكن تلخيص حساب TCP MSS كما يلي:

- النظير النشط - يقوم بحساب MSS الأولي وإرساله باستخدام حزمة SYN.

```
MSS = IPMTU - sizeof(minimum TCPHDR) - sizeof(minimum IPHDR)
Where,
sizeof(minimum TCPHDR) = 20 bytes.
```

```
sizeof(minimum IPHDR) = 20 bytes.
```

- النظير السلبي - يقوم بحساب MSS الأولي، ويقارن مع MSS المستلمة من النظير النشط، ويرسل SYN، ACK مع أقل قيم MSS هذه.

```
MIN[IPMTU - sizeof(minimum TCPHDR) - sizeof(minimum IPHDR) , Received MSS value]
Where,
sizeof(minimum TCPHDR) = 20 bytes.
sizeof(minimum IPHDR) = 20 bytes.

Received MSS value = MSS value received with Active Peer TCP SYN.
```

الوجود تفاوض فيما يتعلق بقيمة خيار MSS. تحدد كل عقدة قيمتها الخاصة وتعلن عنها في إنشاء جلسة TCP. يجب من الواضح أنه إذا كان من الممكن اشتقاق قيمة IP MTU التي يتم اعتبارها لحساب MSS من PMTUD، يمكن تكييف قيمة MSS مع القيمة الأكثر فعالية لـ MTU للمسار المحدد. يحتوي سلوك Cisco IOS XR على بعض التفاصيل فيما يتعلق بحساب MSS ودور PMTUD الملخص هنا.

يتم تعطيل PMTUD بشكل افتراضي على Cisco IOS XR:

- تأخذ حسابات MSS الأولية المحلية IP MTU في الاعتبار كما يلي: إذا كان النظراء غير المتصلين مباشرة - ضع في الاعتبار واجهة مخرج IP MTU.إذا كان النظراء متصلون مباشرة - ضع في الاعتبار IP MTU بمقدار 1280 بايت.تتأثر قيمة MSS بخيارات TCP المكونة.

عند تمكين PMTUD على Cisco IOS XR:

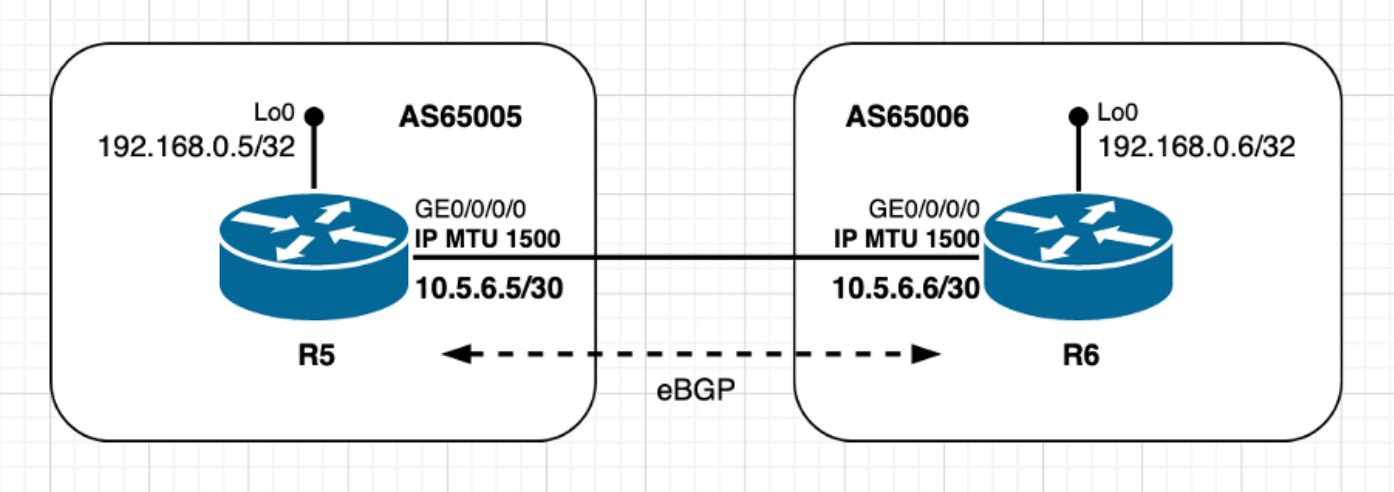
- تأخذ حسابات MSS الأولية المحلية IP MTU في الاعتبار كما يلي: بغض النظر عن الأقران المتصلين مباشرة/غير المباشرين - ضع في الاعتبار واجهة مخرج IP MTU.تتأثر قيمة MSS بخيارات TCP المكونة.

هناك تفاصيل إضافية حول آليات "الحشد الشعبي" وتطبيقها يجب أخذها في الاعتبار، والتي تقدمها هذه الوثيقة من خلال أمثلة عملية ملخصة في الجدول التالي. كما يعرض هذا الجدول قيم MTU الخاصة بنظراء TCP النشطة والسلبية بالإضافة إلى قيم MSS المحددة لكل سيناريو تم مراعاته.

PMTUD	Scenarios	ACTIVE IP MTU	PASSIVE IP MTU	MSS
Disabled	Using default MTU values	1500	1500	1460
	Using non-default MTU value – Active TCP peer	4460	1500	1460
	Using non-default MTU value – Passive TCP peer	1500	4460	1460
	Using TCP Options (MD5) – XR Active	1500	1500	1436
	Using TCP Options (MD5) – XR Passive	1500	1500	1460
	TCP peers not directly connected	1500	1500	1240
	TCP peers not directly connected – Using TCP Options (MD5)	1500	1500	1216
Enabled	Enabling TCP PMTUD	1500	1500	1460
	PMTUD in action – Path segment has lower MTU	1500	1500	1460
	PMTUD in action – TCP Options (MD5)	1500	1500	1436

السيناريوهات - تعطيل TCP PMTUD

إستخدام قيم MTU الافتراضية



الصورة 2. 1. مع قيم MTU الافتراضية

في حالة إدارة نظائر eBGP الموضحة في الصورة 2.1 R6 لاتصال TCP، وهذا يعني، أنها تلعب دور النشط وتبدأ جلسة TCP مع R5 على منفذ الوجهة 179. يتم توصيل النظراء مباشرة، ويقوم الكل منهما باستخدام قيم IP MTU الافتراضية على الواجهات المقابلة. استنادا إلى المعلومات المشتركة في بداية هذا المستند، يمكن تلخيص حساب MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم الكل العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- تكون نظراء TCP متصلة مباشرة ديري R6 اتصال BGPيرسل R6 SYN مع MSS 1460 بايت 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H)يرسل R5 SYN، ACK مع MSS بحجم 1460 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستالام MSS 1460 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظرين

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R6 - نشطة:

```
! – As seen on R6 – ACTIVE

RP/0/0/CPU0:R6#show interfaces gigabitEthernet 0/0/0/0
Fri Jan  8 09:35:48.553 UTC
GigabitEthernet0/0/0/0 is up, line protocol is up
Interface state transitions: 1
Hardware is GigabitEthernet, address is fa16.3e85.3dc2 (bia fa16.3e85.3dc2)
Internet address is 10.5.6.6/30
MTU 1514 bytes, BW 1000000 Kbit (Max: 1000000 Kbit)
<snip>

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp brief
Fri Jan  8 09:36:22.491 UTC
PCB      VRF-ID     Recv-Q Send-Q Local Address          Foreign Address        State
<snip>
0x121649fc 0x60000000      0      0  10.5.6.6:24454         10.5.6.5:179           ESTAB
<snip>

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x121649fc
Fri Jan  8 09:37:00.888 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 09:28:28 2021
```

```
PCB 0x121649fc, SO 0x121561b8, TCPCB 0x12156f64, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 78
Local host: 10.5.6.6, Local port: 24454 (Local App PID: 1011918)
Foreign host: 10.5.6.5, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            13          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            10          2                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

iss: 3757770712  snduna: 3757770960  sndnxt: 3757770960
sndmax: 3757770960  sndwnd: 32574       sndcwnd: 4380
irs: 1072103647  rcvnxt: 1072103895  rcvwnd: 32593   rcvadv: 1072136488

SRTT: 155 ms,  RTTO: 540 ms,  RTV: 385 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 50 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
#PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R6
```

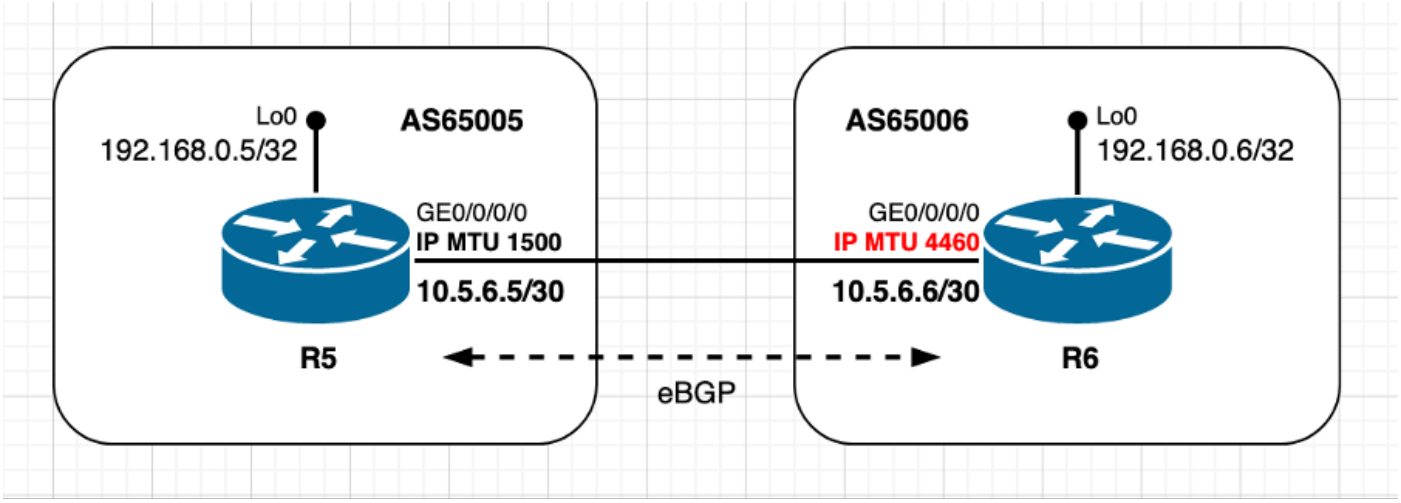
تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R5 - الخامل:

```
! – As seen on R5 – PASSIVE

RP/0/0/CPU0:R5#show interfaces gigabitEthernet 0/0/0/0
Fri Jan  8 09:33:04.564 UTC
GigabitEthernet0/0/0/0 is up, line protocol is up
```

```
Interface state transitions: 1
Hardware is GigabitEthernet, address is fa16.3ead.518f (bia fa16.3ead.518f)
Internet address is 10.5.6.5/30
MTU 1514 bytes, BW 1000000 Kbit (Max: 1000000 Kbit)
<snip>

RP/0/0/CPU0:R5#show tcp brief
Fri Jan  8 09:33:53.221 UTC
PCB     VRF-ID     Recv-Q Send-Q Local Address          Foreign Address        State
<snip>
0x12155884 0x60000000      0      0  10.5.6.5:179           10.5.6.6:24454         ESTAB
<snip>

RP/0/0/CPU0:R5#show tcp detail pcb 0x12155884
Fri Jan  8 09:34:47.317 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 09:28:29 2021

PCB 0x12155884, SO 0x1215568c, TCPCB 0x12155a54, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 78
Local host: 10.5.6.5, Local port: 179 (Local App PID: 1044686)
Foreign host: 10.5.6.6, Foreign port: 24454

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             9          0                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold             9          7                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0

iss: 1072103647  snduna: 1072103857  sndnxt: 1072103857
sndmax: 1072103857  sndwnd: 32631       sndcwnd: 4380
irs: 3757770712  rcvnxt: 3757770922  rcvwnd: 32612   rcvadv: 3757803534

SRTT: 47 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 170 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 219 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
```

```
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer    : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
#PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R5#
```

إستخدام قيمة MTU غير الافتراضية - نظير TCP النشط



الصورة 2.2 - يستخدم النظير النشط قيمة MTU غير الافتراضية

وهذا السيناريو أساسا هو نفس السابق، مع الاختلاف الوحيد الذي يستخدم نظير TCP النشط R6 الآن قيمة IP MTU غير الافتراضية. لاحظ كيف تم إجراء الحساب الأولي واتخاذ القرار حول قيمة MSS بواسطة نظير TCP السلبي R5. يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- يستخدم الطراز R6 وحدة الحد الأقصى للإرسال (MTU) غير الافتراضية عبر بروتوكول IP بمعدل 4460 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- تكون نظراء TCP متصلة مباشرة ديري R6 اتصال BGPيرسل R6 SYN مع MSS بحجم 4420 بايت 4460 (Interface IP MTU) - 20 (minTCP_H) - 20 (minIP_H)R5 يرسل SYN، ACK مع MSS بحجم 1460 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستلام MSS 4420 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظيرين

TCP SYN المصدر من R6:

```
! – TCP SYN sourced from R6

140    1598.150521    10.5.6.6       10.5.6.5       TCP    62     35502  179 [SYN] Seq=0
Win=16384 Len=0 MSS=4420 WS=1

Frame 140: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:85:3d:c2 (fa:16:3e:85:3d:c2), Dst: fa:16:3e:ad:51:8f
(fa:16:3e:ad:51:8f)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.6, Dst: 10.5.6.5
Transmission Control Protocol, Src Port: 35502, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 35502
   Destination Port: 179
```

```
   [Stream index: 6]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x219d [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 4420 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 4420
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R5:

```
! – TCP SYN, ACK sourced from R5

141    1598.154866    10.5.6.5       10.5.6.6       TCP    62     179  35502 [SYN, ACK] Seq=0
Ack=1 Win=16384 Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 141: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:ad:51:8f (fa:16:3e:ad:51:8f), Dst: fa:16:3e:85:3d:c2
(fa:16:3e:85:3d:c2)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.5, Dst: 10.5.6.6
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 35502, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 35502
   [Stream index: 6]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xe2b4 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R6 - نشطة:

```
! - as seen on R6 – Active

RP/0/0/CPU0:R6#show interfaces gigabitEthernet 0/0/0/0
Fri Jan  8 09:46:54.138 UTC
GigabitEthernet0/0/0/0 is up, line protocol is up
 Interface state transitions: 1
 Hardware is GigabitEthernet, address is fa16.3e85.3dc2 (bia fa16.3e85.3dc2)
 Internet address is 10.5.6.6/30
```

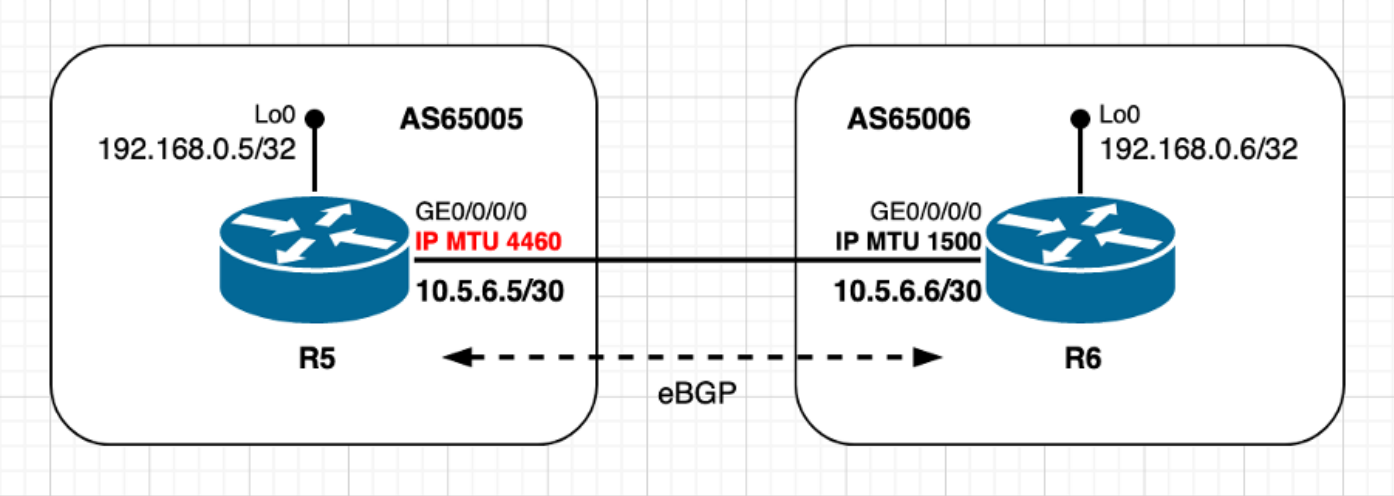
```
 MTU 4474 bytes, BW 1000000 Kbit (Max: 1000000 Kbit)
<snip>

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1215761c
Fri Jan  8 09:56:25.819 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 09:51:46 2021

PCB 0x1215761c, SO 0x12156f64, TCPCB 0x1216419c, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 886
Local host: 10.5.6.6, Local port: 35502 (Local App PID: 1011918)
Foreign host: 10.5.6.5, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             9          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             6          5                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 764231407   snduna: 764231579   sndnxt: 764231579
sndmax: 764231579   sndwnd: 32650       sndcwnd: 4380
  irs: 2712512697  rcvnxt: 2712512869  rcvwnd: 32669   rcvadv: 2712545538

SRTT: 31 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 130 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 50 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 4420, max MSS 4420

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R6#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R5 - الخامل:

```
! - as seen on R5 – Passive

RP/0/0/CPU0:R5#show tcp detail pcb 0x12155a98
Fri Jan  8 09:55:18.193 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 09:51:47 2021

PCB 0x12155a98, SO 0x12153ea0, TCPCB 0x12154e18, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 886
Local host: 10.5.6.5, Local port: 179 (Local App PID: 1044686)
Foreign host: 10.5.6.6, Foreign port: 35502

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             6          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             6          1                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 2712512697  snduna: 2712512850  sndnxt: 2712512850
sndmax: 2712512850  sndwnd: 32688       sndcwnd: 4380
  irs: 764231407   rcvnxt: 764231560   rcvwnd: 32669   rcvadv: 764264229

SRTT: 107 ms,  RTTO: 538 ms,  RTV: 431 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 29 ms,  maxRTT: 219 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 4420, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none
Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:
```

RP/0/0/CPU0:R5#

إستخدام قيمة MTU غير الافتراضية - نظير TCP السلبي



الصورة 2.3 - يستخدم النظير الخامل قيمة MTU غير الافتراضية.

مع إستمرار سيناريو eBGP نفسه، ولكن الآن مع نظير TCP السلبي R5 الذي تم تكوينه باستخدام وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) غير الافتراضية لبروتوكول IP والنظير النشط TCP R6 مع قيمة IP MTU الافتراضية. وكما هو الحال مع السيناريو السابق، لاحظ كيفية تحديد قيمة MSS بواسطة النظير السلبي R5. يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- يستخدم R5 وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) غير الافتراضية عبر بروتوكول IP بمعدل 4460 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- تكوين نظراء TCP متصلة مباشرة ديري R6 اتصال BGPيرسل R6 SYN مع MSS 1460 بايت 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H)R5 يرسل SYN، ACK مع MSS بحجم 1460 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستلام MSS 1460 بايت، MSS المحلي الأولي 4420 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظريين

TCP SYN المصدر من R6:

```
! – TCP SYN sourced from R6

237    2696.666481    10.5.6.6       10.5.6.5       TCP    62     47007  179 [SYN] Seq=0
Win=16384 Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 237: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:85:3d:c2 (fa:16:3e:85:3d:c2), Dst: fa:16:3e:ad:51:8f
(fa:16:3e:ad:51:8f)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.6, Dst: 10.5.6.5
Transmission Control Protocol, Src Port: 47007, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 47007
   Destination Port: 179
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
```

```
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x2025 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R5:

```
! – TCP SYN, ACK sourced from R5

238    2696.702792    10.5.6.5       10.5.6.6       TCP    62     179  47007 [SYN, ACK] Seq=0
Ack=1 Win=16384 Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 238: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:ad:51:8f (fa:16:3e:ad:51:8f), Dst: fa:16:3e:85:3d:c2
(fa:16:3e:85:3d:c2)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.5, Dst: 10.5.6.6
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 47007, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 47007
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x7078 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R6 - نشطة:

```
! - as seen on R6 - Active

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1215761c
Fri Jan  8 10:15:20.351 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 10:10:04 2021

PCB 0x1215761c, SO 0x12162aac, TCPCB 0x12156f64, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 103
Local host: 10.5.6.6, Local port: 47007 (Local App PID: 1011918)
Foreign host: 10.5.6.5, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
```

```
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            10          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             7          5                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 3949093168  snduna: 3949093359  sndnxt: 3949093359
sndmax: 3949093359  sndwnd: 32631       sndcwnd: 4380
  irs: 54439005    rcvnxt: 54439196    rcvwnd: 32650   rcvadv: 54471846

SRTT: 75 ms,  RTTO: 459 ms,  RTV: 384 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 50 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none
Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R6#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R5 - الخامل:

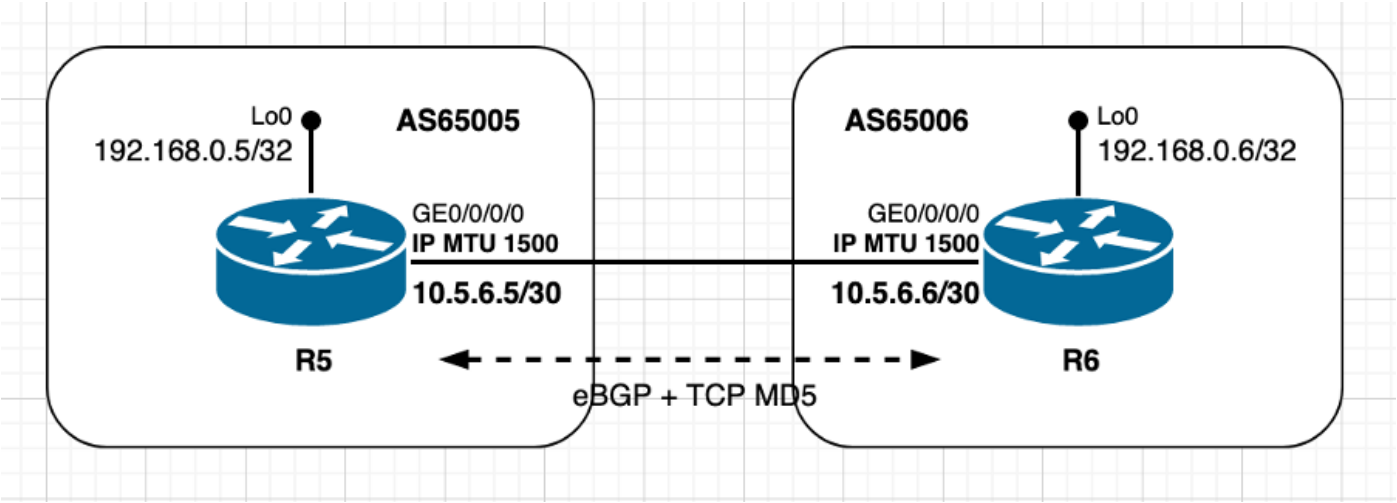
```
! - as seen on R5 – Passive

RP/0/0/CPU0:R5#show interfaces gigabitEthernet 0/0/0/0
Fri Jan  8 10:10:39.110 UTC
GigabitEthernet0/0/0/0 is up, line protocol is up
 Interface state transitions: 1
 Hardware is GigabitEthernet, address is fa16.3ead.518f (bia fa16.3ead.518f)
 Internet address is 10.5.6.5/30
 MTU 4474 bytes, BW 1000000 Kbit (Max: 1000000 Kbit)
<snip>

RP/0/0/CPU0:R5#show tcp detail pcb 0x121550fc
Fri Jan  8 10:14:20.105 UTC
==============================================================
```

```
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 10:10:05 2021

PCB 0x121550fc, SO 0x12154e18, TCPCB 0x12154304, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 103
Local host: 10.5.6.5, Local port: 179 (Local App PID: 1044686)
Foreign host: 10.5.6.6, Foreign port: 47007

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             7          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             7          2                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 54439005    snduna: 54439177    sndnxt: 54439177
sndmax: 54439177    sndwnd: 32669       sndcwnd: 4380
  irs: 3949093168  rcvnxt: 3949093340  rcvwnd: 32650   rcvadv: 3949125990

SRTT: 117 ms,  RTTO: 570 ms,  RTV: 453 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 4420, max MSS 4420

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R5#
```

إستخدام خيارات TCP - XR نشط

كما تمت الإشارة إليه مسبقا في هذا المستند، يؤثر إستخدام خيارات TCP (مثل TCP MD5 أو المكدس الانتقائي لـ TCP أو الطوابع الزمنية لـ TCP) على حساب MSS حيث تؤدي هذه الخيارات إلى وحدات البايت الإضافية التي سيتم حسابها في حساب MSS.

يهدف هذا القسم وكذلك القسم التالي إلى توضيح حساب MSS الذي تم إجراؤه من قبل النظراء عند وجود خيارات TCP. يتم إستخدام خيار مصادقة TCP MD5 كمثال. يرجى الرجوع إلى السيناريو المرجعي في الصور 2.4 كما هو موضح في الصورة.



الصورة 2.4 - إستخدام خيارات TCP (MD5) - XR نشطة.

في هذا السيناريو، يستخدم كل النظراء قيم IP MTU الافتراضية، وتكون متصلة مباشرة، ويقوم النظير R6 بدور TCP النشط. وكما تمت مشاركة تكوين حساب مصادقة TCP MD5 واستخدامه بالفعل للحصول على مصروفات إضافية. يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذا السيناريو المحدد كما يلي:

- تستخدم كل العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- تكون نظراء TCP متصلة مباشرة
- تم تمكين مصادقة TCP MD5 على كل العقد ديري R6 اتصال BGPيرسل R6 SYN مع MSS 1436 بايت 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H) - 24 بايت (مصروفات عامة لخيارات TCP الخاصة ب IOS XR)R5 يرسل SYN، ACK مع MSS بحجم 1436 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستلام MSS 1436 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظيرين

كما هو موضح من الملخص، فإن الطريقة التي يتصرف بها Cisco IOS XR ليست صارمة وفقا RFC 879، وRFC 6691، والتي تنص على أنه ال ينبغي حساب خيارات TCP في حساب MSS.

يتم توثيق حساب Cisco IOS XR لعامل إضافي على **طول رأس TCP** بشكل إضافي على معرف تصحيح الأخطاء من Cisco CSCvf20166:

"(...)عندما يبدأ XR اتصال BGP، يقوم BGP بإنشاء المقبس أوال، ثم يقوم بتعيين خيارات المقبس بما في ذلك **MD5**. هذا يجعل **طول رأس خيار TCP = 24**. وبالتالي يصبح MSS الأولي 1500 - 40 - 24 = 1436. يتم إرسال هذا إلى إستخدام النظير والأقران min(1436، 1460) = 1436.(..)"

TCP SYN المصدر من R6:

```
! – TCP SYN sourced from R6

430     5775.839420     10.5.6.6        10.5.6.5        TCP     82      24785  179 [SYN] Seq=0
```

```
Win=16384 Len=0 MSS=1436 WS=1

Frame 430: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:85:3d:c2 (fa:16:3e:85:3d:c2), Dst: fa:16:3e:ad:51:8f
(fa:16:3e:ad:51:8f)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.6, Dst: 10.5.6.5
Transmission Control Protocol, Src Port: 24785, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 24785
   Destination Port: 179
   [Stream index: 14]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xd62b [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1436 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1436
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R5:

```
! – TCP SYN, ACK sourced from R5

431    5775.845744    10.5.6.5       10.5.6.6       TCP    82     179  24785 [SYN, ACK] Seq=0
Ack=1 Win=16384 Len=0 MSS=1436 WS=1

Frame 431: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:ad:51:8f (fa:16:3e:ad:51:8f), Dst: fa:16:3e:85:3d:c2
(fa:16:3e:85:3d:c2)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.5.6.5, Dst: 10.5.6.6
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 24785, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 24785
   [Stream index: 14]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xe83d [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1436 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1436
       Window scale: 0 (multiply by 1)
```

```
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R6 - نشطة:

```
! - as seen on R6 – Active

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1215761c
Fri Jan  8 11:14:13.599 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 11:01:21 2021

PCB 0x1215761c, SO 0x1216419c, TCPCB 0x121649fc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 409
Local host: 10.5.6.6, Local port: 24785 (Local App PID: 1011918)
Foreign host: 10.5.6.5, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            17          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            14         13                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 1379482495  snduna: 1379482819  sndnxt: 1379482819
sndmax: 1379482819  sndwnd: 32498       sndcwnd: 4308
  irs: 3750694052  rcvnxt: 3750694376  rcvwnd: 32517   rcvadv: 3750726893

SRTT: 55 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 176 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 259 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 50 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1436, peer MSS 1436, min MSS 1436, max MSS 1436

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
```

```
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R6#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R5 - الخامل:

```
! - as seen on R5 – Passive

RP/0/0/CPU0:R5#show tcp detail pcb 0x12155d04
Fri Jan  8 11:12:51.984 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 11:01:22 2021

PCB 0x12155d04, SO 0x12154e18, TCPCB 0x12154304, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 409
Local host: 10.5.6.5, Local port: 179 (Local App PID: 1044686)
Foreign host: 10.5.6.6, Foreign port: 24785

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            14          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            14          3                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

iss: 3750694052  snduna: 3750694357  sndnxt: 3750694357
sndmax: 3750694357  sndwnd: 32536       sndcwnd: 4308
irs: 1379482495  rcvnxt: 1379482800  rcvwnd: 32517   rcvadv: 1379515317
SRTT: 181 ms,  RTTO: 443 ms,  RTV: 262 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 29 ms,  maxRTT: 219 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1436, peer MSS 1436, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
```

```
PDU information:
#PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R5#
```

يمكن ملاحظة سلوك مماثل مع خيارات TCP الأخرى التي تؤثر عند تكوينها على المصروفات الإضافية وتؤثر على حساب MSS في Cisco IOS XR. يعرض الإستبيان نفس السلوك في عمليات TCP وخيارات TCP الزمنية عند تكوين الطوابع الزمنية لحساب MSS وتوقيت هذه المثلة التي تتأثر بالحد الأقصى لـ TCP.

تفاصيل جلسة TCP كما تظهر على R6 - ACTIVE - مع تكوين الطابع الزمني لخيارات TCP وخيارات الوضع الانتقائي:

```
! - as seen on R6 – Active
! -- tcp timestamp configured
! -- 12 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1539c844
<snip>
Feature flags: Timestamp, Win Scale, Nagle
Request flags: Timestamp, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1448, peer MSS 1448, min MSS 1448, max MSS 1448
<snip>

! - as seen on R6 – Active
! -- tcp selective-ack configured
! -- 36 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1539df38
<snip>
Feature flags: Sack, Win Scale, Nagle
Request flags: Sack, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1424, peer MSS 1424, min MSS 1424, max MSS 1424
<snip>

! - as seen on R6 – Active
! -- tcp selective-ack and tcp timestamp configured
! -- 40 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1539e130
<snip>
State flags: none
Feature flags: Sack, Timestamp, Win Scale, Nagle
Request flags: Sack, Timestamp, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1420, peer MSS 1420, min MSS 1420, max MSS 1420
<snip>

! - as seen on R6 – Active
! -- MD5 and tcp selective-ack configured
! -- 36 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1539b3cc
<snip>
Feature flags: Sack, MD5, Win Scale, Nagle
Request flags: Sack, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1424, peer MSS 1424, min MSS 1424, max MSS 1424
```

```
<snip>

! - as seen on R6 – Active
! -- MD5 and tcp timestamp configured
! -- 36 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x15397b4c
<snip>

Feature flags: MD5, Timestamp, Win Scale, Nagle
Request flags: Timestamp, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1424, peer MSS 1424, min MSS 1424, max MSS 1424
<snip>

! - as seen on R6 – Active
! -- MD5, tcp timestamp, and tcp selective-ack configured
! -- 40 bytes of additional overhead

RP/0/0/CPU0:R6#show tcp detail pcb 0x1539a4cc
<snip>
State flags: none
Feature flags: MD5, Timestamp, Win Scale, Nagle
Request flags: Timestamp, Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1420, peer MSS 1420, min MSS 1420, max MSS 1420
<snip>
```

إستخدام خيارات TCP - XR Passive

من السيناريو السابق، ربما تكون قد لاحظت السلوك المميز لعقدة Cisco IOS XR عندما تكون في دور سلبي فيما يتعلق بالحساب الأولي MSS. ال **رأس لوط خيار** تمثل العقدة هذا السلوك المميز الذي تم وصفه في **TCP**. يوفر Cisco هذا التوضيح الإضافي من الأخطاء التصحيحية:

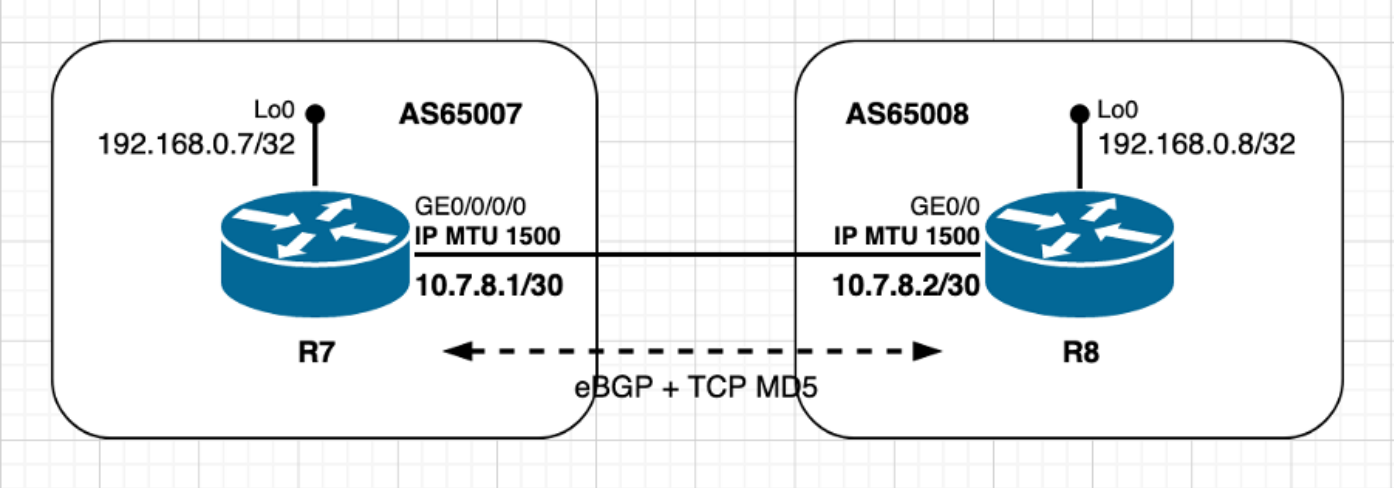
"(...) - عندما يبدأ النظير الاتصال، فإنه يرسل MSS الأولي ك 1460. يقوم XR TCP بإنشاء PCB وما إلى ذلك، ثم يتخذ قرارًا بالترتيب المحدد:

- الوأ، يقوم بحساب MSS الأولي بعد طرح **رأس لوط خيار TCP**. هذا هو '0' حيث أن خيار MD5 لم يتم توريثه بعد إلى هذا المقبس من أخذ الاستماع.

- بعد ذلك، يرث 'MD5' والخيارات الأخرى وهذا يجعل 'Option header bytes length' إلى 24.

لذلك، في هذه الحالة يرسل XR TCP MSS أولي ك 1460 وبالتالي يتم إستخدامه من قبل الكل. (...)"

في هذا السيناريو، وعلى الرغم من أن نظير TCP النشط R8 هو عقدة Cisco IOS، إلا أن هذه المثيرة للاهتمام، وكذلك، وهو مزيج إلى حد ما فيه السيناريو إلى حد ما فيه تفاصيل أو أي فرق مدققة الحقيقة. القسم السيناريو مع حضور XR Cisco IOS عن تختلف بشكل أن هذه الحالة، ظل في TCP النشط R8 في الاعتبار خيارات TCP في الحساب الأولي ل MSS. الأي ذخأ نظير TCP النشط R8 في الاعتبار خيارات TCP في الحساب الأولي ل MSS.



الصورة 2.5 - إستخدام خيارات TCP (MD5) - XR الخامة.

يستخدم كل النظيرين قيم IP MTU الافتراضية ويتم توصيلهما مباشرة. يلعب نظير IOS R8 من Cisco دور نشط. يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم كل العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لمسار TCP بشكل افتراضي على Cisco IOS XR R7
- يتم تمكين اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لمسار TCP بشكل افتراضي على برنامج Cisco IOS R8
- نظراء TCP متصلة مباشرة
- تم تمكين مصادقة TCP MD5 على كل العقد ديري IOS R8 اتصال BGPIOS R8 يرسل SYN مع MSS بحجم 1460 بايت 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H)IOS XR R7 يرسل SYN، ACK مع MSS بحجم 1460 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستلام MSS 1460 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظرين

TCP SYN المصدر من R8 - Cisco IOS:

```
! – TCP SYN sourced from R8

96     5.907127       10.7.8.2       10.7.8.1       TCP    78     52975  179 [SYN] Seq=0
Win=16384 Len=0 MSS=1460

Frame 96: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:58:21:ba (fa:16:3e:58:21:ba), Dst: fa:16:3e:68:d9:e5
(fa:16:3e:68:d9:e5)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.7.8.2, Dst: 10.7.8.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 52975, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 52975
   Destination Port: 179
   [Stream index: 3]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 44 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
```

```
   Checksum: 0xb612 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (24 bytes), Maximum segment size, TCP MD5 signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R7 - Cisco IOS XR:

```
! – TCP SYN,ACK sourced from R7

97     0.003446       10.7.8.1       10.7.8.2       TCP    78     179  52975 [SYN, ACK] Seq=0
Ack=1 Win=16384 Len=0 MSS=1460

Frame 97: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:68:d9:e5 (fa:16:3e:68:d9:e5), Dst: fa:16:3e:58:21:ba
(fa:16:3e:58:21:ba)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.7.8.1, Dst: 10.7.8.2
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 52975, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 52975
   [Stream index: 3]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 44 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xfb47 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (24 bytes), Maximum segment size, TCP MD5 signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R8 - Cisco IOS - نشط:

```
! – as seen from R8 - Cisco IOS

R8#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 10.7.8.1,  remote AS 65007, external link
 BGP version 4, remote router ID 192.168.0.7
 BGP state = Established, up for 00:06:12
 Last read 00:00:16, last write 00:00:16, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
 Neighbor sessions:
   1 active, is not multisession capable (disabled)
 Neighbor capabilities:
   Route refresh: advertised and received(new)
   Four-octets ASN Capability: advertised and received
   Address family IPv4 Unicast: advertised and received
   Enhanced Refresh Capability: advertised
   Multisession Capability:
   Stateful switchover support enabled: NO for session 1
```

```
 Message statistics:
   InQ depth is 0
   OutQ depth is 0

                        Sent       Rcvd
   Opens:                  1          1
   Notifications:          0          0
   Updates:                1          1
   Keepalives:             7          7
   Route Refresh:          0          0
   Total:                  9          9
 Do log neighbor state changes (via global configuration)
 Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

 For address family: IPv4 Unicast
 Session: 10.7.8.1
 BGP table version 1, neighbor version 1/0
 Output queue size : 0
 Index 6, Advertise bit 0
 6 update-group member
 Slow-peer detection is disabled
 Slow-peer split-update-group dynamic is disabled
                               Sent       Rcvd
 Prefix activity:              ----       ----
   Prefixes Current:              0          0
   Prefixes Total:                0          0
   Implicit Withdraw:             0          0
   Explicit Withdraw:             0          0
   Used as bestpath:            n/a          0
   Used as multipath:           n/a          0
   Used as secondary:           n/a          0

                                 Outbound    Inbound
 Local Policy Denied Prefixes:   --------    -------
   Total:                               0          0
Number of NLRIs in the update sent: max 0, min 0
 Last detected as dynamic slow peer: never
 Dynamic slow peer recovered: never
 Refresh Epoch: 1
 Last Sent Refresh Start-of-rib: never
 Last Sent Refresh End-of-rib: never
 Last Received Refresh Start-of-rib: never
 Last Received Refresh End-of-rib: never
                                    Sent       Rcvd
       Refresh activity:            ----       ----
         Refresh Start-of-RIB        0          0
         Refresh End-of-RIB          0          0

 Address tracking is enabled, the RIB does have a route to 10.7.8.1
 Connections established 6; dropped 5
 Last reset 00:06:18, due to BGP Notification received of session 1, Administrative Reset
 External BGP neighbor configured for connected checks (single-hop no-disable-connected-check)
 Interface associated: GigabitEthernet0/1 (peering address in same link)
 Transport(tcp) path-mtu-discovery is enabled
 Graceful-Restart is disabled
 SSO is disabled
Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0
Connection is ECN Disabled, Mininum incoming TTL 0, Outgoing TTL 1
Local host: 10.7.8.2, Local port: 52975
Foreign host: 10.7.8.1, Foreign port: 179
Connection tableid (VRF): 0
Maximum output segment queue size: 50

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0  mis-ordered: 0 (0 bytes)
```

```
Event Timers (current time is 0x15DD97):
Timer          Starts    Wakeups            Next
Retrans            10          0             0x0
TimeWait            0          0             0x0
AckHold             9          5             0x0
SendWnd             0          0             0x0
KeepAlive           0          0             0x0
GiveUp              0          0             0x0
PmtuAger            1          0        0x195465
DeadWait            0          0             0x0
Linger              0          0             0x0
ProcessQ            0          0             0x0

iss: 1154289541  snduna: 1154289755  sndnxt: 1154289755
irs: 2149897425  rcvnxt: 2149897635

sndwnd:  32612  scale:      0  maxrcvwnd:  16384
rcvwnd:  16175  scale:      0  delrcvwnd:    209

SRTT: 737 ms, RTTO: 2506 ms, RTV: 1769 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 7 ms, maxRTT: 1000 ms, ACK hold: 200 ms
uptime: 372981 ms, Sent idletime: 16648 ms, Receive idletime: 16431 ms
Status Flags: active open
Option Flags: nagle, path mtu capable, md5
IP Precedence value : 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 18 (out of order: 0), with data: 8, total data bytes: 209
Sent: 16 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack: 0, Second Congestion: 0), with data: 9,
total data bytes: 213

 Packets received in fast path: 0, fast processed: 0, slow path: 0
 fast lock acquisition failures: 0, slow path: 0
TCP Semaphore      0x0FBFA8A4  FREE

R8#
```

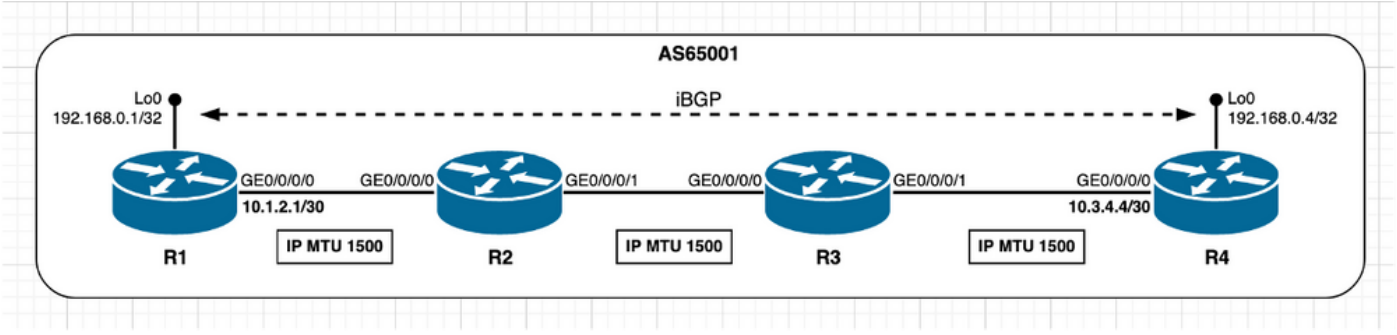
تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R7 - Cisco IOS XR - passive:

```
! – as seen from R7 – Cisco IOS XR

RP/0/0/CPU0:R7#show tcp detail pcb 0x12152e48
Wed Jan 13 13:03:43.363 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Wed Jan 13 12:58:16 2021

PCB 0x12152e48, SO 0x1213c130, TCPCB 0x12156060, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 1, Hash index: 947
Local host: 10.7.8.1, Local port: 179 (Local App PID: 983244)
Foreign host: 10.7.8.2, Foreign port: 52975

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             8          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             8          7                0
KeepAlive           1          0                0
```

```
PmtuAger            0          0               0
GiveUp              0          0               0
Throttle            0          0               0

  iss: 2149897425  snduna: 2149897616  sndnxt: 2149897616
sndmax: 2149897616  sndwnd: 16194       sndcwnd: 4380
  irs: 1154289541  rcvnxt: 1154289736  rcvwnd: 32631   rcvadv: 1154322367

SRTT: 125 ms,  RTTO: 552 ms,  RTV: 427 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Nagle
Request flags: none

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R7#
```

نظائر TCP غير متصلة مباشرة

عندما ال يكون النظراء متصلين مباشرة، تتغير طريقة إجراء الحساب الأولي ل TCP MSS كما وضح مسبقا في القسم التمهيدي من هذا المستند. يتم إستخدام سيناريو جلسة عمل iBGP مع جميع الأقران الذين تم تكوينهم باستخدام قيم IP MTU الافتراضية للتنقل عبر حساب MSS.



الصورة 2. 6 - نظراء TCP غير المتصلة مباشرة - iBGP.

الجانب المهم الذي يجب التنويه به هو أنه عند تعطيل اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل

(MTU) لمسار TCP، وعدم اتصال الأقران مباشرة، لكل تصميم، يستخدم Cisco IOS XR قيمة IP MTU ثابتة تبلغ 1280 بايت.

في الصورة السابقة، يعلن R4 عن اتصال TCP، يفتح R4 جلسة TCP مع R1 على منفذ الوجهة 179. تستخدم القيمة IP MTU الافتراضية على الواجهات الخاصة به. يمكن تلخيص حساب MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم جميع العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- عارظن ان تكون TCP المتصلة مباشرة ديري R4 اتصال BGPيرس لـ R4 SYN مع MSS 1240 لتعطيل ومباشرة اظنار اتصال مدع دنع راباعتا في ةهاجوللا MTU ذخأ متي ال تاي اكتشاف MTU لمسار TCPطبق اقلتصميم Cisco IOS XR، متي إعتبار 1280 بايت TCP_DEFAULT_MTU1280 (TCP_DEFAULT_MTU) - 20 (minTCP_H) - 20 (minIP_H)يرس لـ R1 SYN، ACK مع MSS بحجم 1240 بايت إرسال لقأ [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]ت إستالم MSS 1240 بايت، MSS الأولي المحلي 1240 بايتيتم إستخدام لقأ قيمة MSS على الك الناظرين

TCP SYN المصدر من R4:

```
! – TCP SYN sourced from R4

194    434.274181     192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    62     37740  179 [SYN] Seq=0 Win=16384
Len=0 MSS=1240 WS=1

Frame 194: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:d7:7e:f6 (fa:16:3e:d7:7e:f6), Dst: fa:16:3e:8f:8f:54
(fa:16:3e:8f:8f:54)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.4, Dst: 192.168.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 37740, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 37740
   Destination Port: 179
   [Stream index: 7]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x8643 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1240 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1240
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R1:

```
! – TCP SYN,ACK sourced from R1

195    434.277985     192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    62     179  37740 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
Win=16384 Len=0 MSS=1240 WS=1
```

```
Frame 195: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:8f:8f:54 (fa:16:3e:8f:8f:54), Dst: fa:16:3e:d7:7e:f6
(fa:16:3e:d7:7e:f6)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 37740, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 37740
   [Stream index: 7]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xd8f7 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1240 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1240
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R4 - نشطة:

```
! – as seen on R4 - Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x12154d3c
Fri Jan  8 12:32:41.096 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 12:17:46 2021

PCB 0x12154d3c, SO 0x12154460, TCPCB 0x1215486c, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 1577
Local host: 192.168.0.4, Local port: 37740 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            19          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            16         15                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 2075436506  snduna: 2075436868  sndnxt: 2075436868
sndmax: 2075436868  sndwnd: 32460       sndcwnd: 3720
  irs: 4238127261  rcvnxt: 4238127623  rcvwnd: 32479   rcvadv: 4238160102

SRTT: 65 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 40 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms
```

```
ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

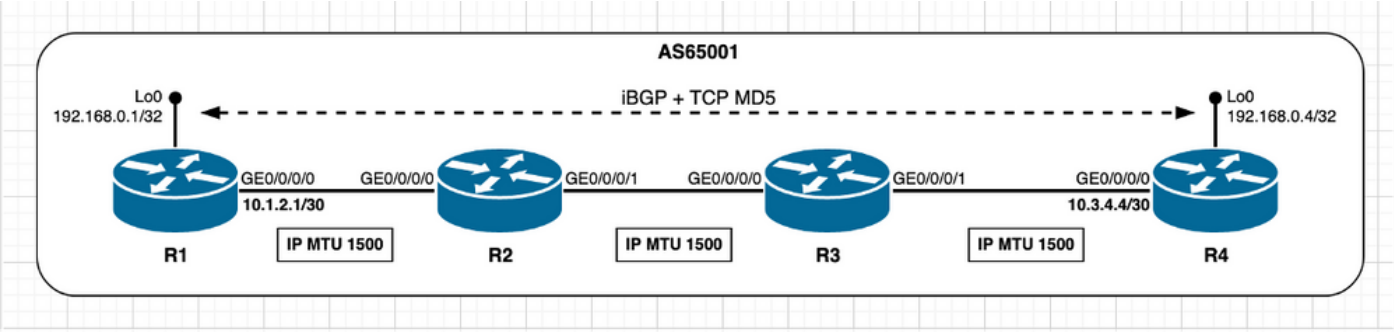
تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R1 - الخامل:

```
! – as seen on R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x12155390
Fri Jan  8 12:23:52.041 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 12:17:43 2021

PCB 0x12155390, SO 0x121573e4, TCPCB 0x12156948, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 1577
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 37740

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             9          0                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold             9          1                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0

iss: 4238127261  snduna: 4238127471  sndnxt: 4238127471
sndmax: 4238127471  sndwnd: 32631       sndcwnd: 3720
irs: 2075436506  rcvnxt: 2075436716  rcvwnd: 32612   rcvadv: 2075469328

SRTT: 144 ms,  RTTO: 578 ms,  RTV: 434 ms,  KRTT: 0 ms
```

```
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
#PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

نظائر TCP غير المتصلة مباشرة - إستخدام خيارات TCP (MD5)

بالنسبة لسيناريو النظير غير المتصل مباشرة والمستخدم لمصادقة TCP MD5، الا يوجد أختلاف أساسي عن حالات أو سيناريوهات الاختبار السابقة الموضحة بالفعل. وكما تمت ملاحظته مسبقا مع مصادقة TCP MD5، أيأذ Cisco IOS XR في الاعتبار النفاقات الإضافية وتعكس قيمة MSS الأولية نفس الشيء. يرجى الرجوع إلى الأقسام السابقة لإستخدام خيارات TCP - XR نشطة واستخدام خيارات TCP - XR Passive للحصول على تفاصيل إضافية حول خيارات TCP التي تؤثر على حساب TCP MSS.



الصورة 2. 7 - نظراء TCP غير المتصلة مباشرة - iBGP + TCP MD5.

يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم جميع العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- يتم تعطيل اكتشاف MTU لمسار TCP بشكل افتراضي
- لا تكون نظراء TCP متصلة مباشرة ديري R4 اتصال BGPلوجهة R1 غير متصلة

مبا‌شرةيرسل R4 SYN مع MSS 1216 بايت ال يتم أخذ MTU للواجهة في الاعتبار عند عدم اتصال النظراء مباشرة وتعطيل اكتشاف MTU لمسار TCPوفقا للتصميم، يتم إعتبار 1280 بايت TCP_DEFAULT_MTU1280 (TCP_DEFAULT_MTU) - 20 (minTCP_H) - 20 (minIP_H) - 24 بايت (نظرة عامة على خيارات TCP ل IOS XR)يرسل R1 SYN، ACK مع MSS بحجم 1216 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]MSS المستلم 1216 بايت، MSS المحلي الأولي 1240 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كلا النظرين

TCP SYN المصدر من R4:

```
! – TCP SYN sourced from R4

3425   3.691042       192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    82     42135  179 [SYN] Seq=0 Win=16384
Len=0 MSS=1216 WS=1

Frame 3425: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:d7:7e:f6 (fa:16:3e:d7:7e:f6), Dst: fa:16:3e:8f:8f:54
(fa:16:3e:8f:8f:54)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.4, Dst: 192.168.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 42135, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 42135
   Destination Port: 179
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xc503 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1216 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1216
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R1:

```
! – TCP SYN,ACK sourced from R1

3426   0.004186       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    82     179  42135 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
Win=16384 Len=0 MSS=1216 WS=1

Frame 3426: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:8f:8f:54 (fa:16:3e:8f:8f:54), Dst: fa:16:3e:d7:7e:f6
(fa:16:3e:d7:7e:f6)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 42135, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 42135
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
```

```
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xbb05 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1216 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1216
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R4 - نشطة:

```
! – as seen from R4 – Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x12154490
Tue Jan 12 14:37:32.097 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Tue Jan 12 14:27:42 2021

PCB 0x12154490, SO 0x12155014, TCPCB 0x12155a84, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 1876
Local host: 192.168.0.4, Local port: 42135 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            14          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            11          9                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0


  iss: 3124761989  snduna: 3124763317  sndnxt: 3124763317
sndmax: 3124763317  sndwnd: 32711       sndcwnd: 3648
  irs: 1090344992  rcvnxt: 1090346320  rcvwnd: 32730   rcvadv: 1090379050

SRTT: 28 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 57 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale
```

```
Datagrams (in bytes): MSS 1216, peer MSS 1216, min MSS 1216, max MSS 1216

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

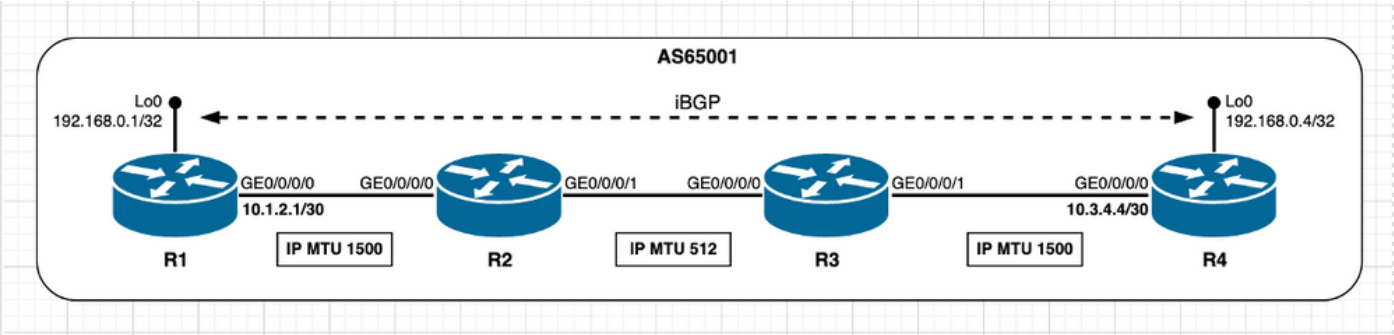
تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R1 - الخامل:

```
! – as seen from R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x12168df4
Tue Jan 12 14:36:38.860 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Tue Jan 12 14:27:32 2021

PCB 0x12168df4, SO 0x12156bf8, TCPCB 0x12157a44, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 1876
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 42135

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            12          0               0
SendWnd             0          0               0
TimeWait            0          0               0
AckHold            12          1               0
KeepAlive           1          0               0
PmtuAger            0          0               0
GiveUp              0          0               0
Throttle            0          0               0

  iss: 1090344992  snduna: 1090346320  sndnxt: 1090346320
sndmax: 1090346320  sndwnd: 32730       sndcwnd: 3648
  irs: 3124761989  rcvnxt: 3124763317  rcvwnd: 32711   rcvadv: 3124796028

SRTT: 150 ms,  RTTO: 558 ms,  RTV: 408 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
```

```
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1216, peer MSS 1216, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

نظائر TCP غير المتصلة مباشرة - يحتوي مقطع المسار على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لـ IP أقل

مع السيناريو التالي، يكون الهدف هو ملاحظة ما يحدث إذا كان هناك مقطع مسار متوسط مع وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لبروتوكول IP أقل واختتامه أثناء الحالة الافتراضية، وهذا يعني تعطيل TCP PMTUD. يرجى الرجوع إلى هذه الصورة.



الصورة 2. 8 - يحتوي مقطع مسار R2/R3 على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لبروتوكول IP أقل.

بما أن السيناريو الأولي يأخذ في الاعتبار أن معلومات BGP هي الحد الأدنى، أي أنه يمكن إنجاز أي شيء مطلوب ليتم تبادله بين أقران BGP باستخدام حزم IP التي تتناسب مع الحد الأدنى لـ MTU للمسار وهو 512 بايت. باستخدام هذا الافتراض، تحدث عملية حساب MSS كما هو موضح في القسم **TCP Peers غير المتصلة مباشرة**. يحدد كل من R1 و R4 قيمة MSS تبلغ 1240 بايت.

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R4 - نشطة:

```
! - as seen from R4 - Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x15390fe8
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
```

```
Established at Wed May 12 12:09:48 2021

PCB 0x15390fe8, SO 0x15391a7c, TCPCB 0x15391368, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 835
Local host: 192.168.0.4, Local port: 39046 (Local App PID: 1196319)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1196319/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans          1267          1               0
SendWnd             0          0               0
TimeWait            0          0               0
AckHold          1280       1235               0
KeepAlive           1          0               0
PmtuAger            0          0               0
GiveUp              0          0               0
Throttle            0          0               0

  iss: 1991226354  snduna: 1991250450  sndnxt: 1991250450
sndmax: 1991250450  sndwnd: 32578       sndcwnd: 2480
  irs: 4276699304  rcvnxt: 4276746737  rcvwnd: 31568   rcvadv: 4276778305

SRTT: 213 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 54 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 269 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 10, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240
<snip>
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R1 - الخامل:

```
! – as seen from R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x15393770
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Wed May 12 12:09:46 2021

PCB 0x15393770, SO 0x15392224, TCPCB 0x153928cc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 835
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 1192224)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 39046
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1192224/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans          1280          0               0
SendWnd             0          0               0
TimeWait            0          0               0
```

```
AckHold          1264       1213                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 4276699304  snduna: 4276746718  sndnxt: 4276746718
sndmax: 4276746718  sndwnd: 31587       sndcwnd: 3720
  irs: 1991226354  rcvnxt: 1991250431  rcvwnd: 32597   rcvadv: 1991283028

SRTT: 202 ms,  RTTO: 355 ms,  RTV: 153 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 309 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale
```

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

<snip>

مع إنشاء جلسة BGP الآن، تذكر أنه يتم تشغيل رسالة تحديث BGP ذات حجم أعلى من الحد الأدنى لطول مسار MTU وهو 512 بايت. وكما يمكن ملاحظته من المخرجات، ال يقوم Cisco IOS XR بتعيين ال df-bit باستخدام رسالة تحديث BGP مما يعني أن معلومات BGP يتم إرسالها على حساب تجزئة الحزمة على العقد الوسيطة.

تحديث BGP الذي تم الحصول عليه من R1 - خامل:

```
! – as seen from R1 – Passive – BGP UPDATE
! – Note Total Length of 1097 bytes higher than the IP MTU value of 512 bytes at R2-R3 path
segment

23     3.450878       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    1111   UPDATE Message

Frame 23: 1111 bytes on wire (8888 bits), 1111 bytes captured (8888 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 1097
   Identification: 0x5841 (22593)
   Flags: 0x00
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x54a4 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 39046, Seq: 20, Ack: 20, Len: 1057
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
   Marker: ffffffffffffffffffffffffffffffff
```

```
   Length: 1057
   Type: UPDATE Message (2)
   Withdrawn Routes Length: 0
   Total Path Attribute Length: 1034
   Path attributes
       Path Attribute - MP_REACH_NLRI
       Path Attribute - ORIGIN: INCOMPLETE
       Path Attribute - AS_PATH: empty
       Path Attribute - MULTI_EXIT_DISC: 0
       Path Attribute - LOCAL_PREF: 100
```

يحدث تجزئة رسالة تحديث BGP التي يتم الحصول عليها من العقدة R1 في العقدة R2 كما يمكن ملاحظتها بواسطة التقاط حركة المرور الذي تم إجراؤه على واجهة R2 GE0/0/0/1.

تجزئة IP في العقدة R2:

```
! – as seen from R2 – GE0/0/0/1
! – Node R2 fragments original packet in three distinct packets

4      1.334852       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    522    UPDATE Message
5      0.000289       192.168.0.1 192.168.0.4 IPv4   522    Fragmented IP protocol (proto=TCP 6,
off=488, ID=7b41)
6      0.000122       192.168.0.1 192.168.0.4 IPv4   135    Fragmented IP protocol (proto=TCP 6,
off=976, ID=7b41)

! – Captured frame details

Frame 4: 522 bytes on wire (4176 bits), 522 bytes captured (4176 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:61:25:f0 (fa:16:3e:61:25:f0), Dst: fa:16:3e:23:ab:27
(fa:16:3e:23:ab:27)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 508
   Identification: 0x7b41 (31553)
   Flags: 0x01 (More Fragments)
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..1. .... = More fragments: Set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 254
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x14f1 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 39046, Seq: 4276759681, Ack: 1991250830
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
<snip>

Frame 5: 522 bytes on wire (4176 bits), 522 bytes captured (4176 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:61:25:f0 (fa:16:3e:61:25:f0), Dst: fa:16:3e:23:ab:27
(fa:16:3e:23:ab:27)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 508
   Identification: 0x7b41 (31553)
```

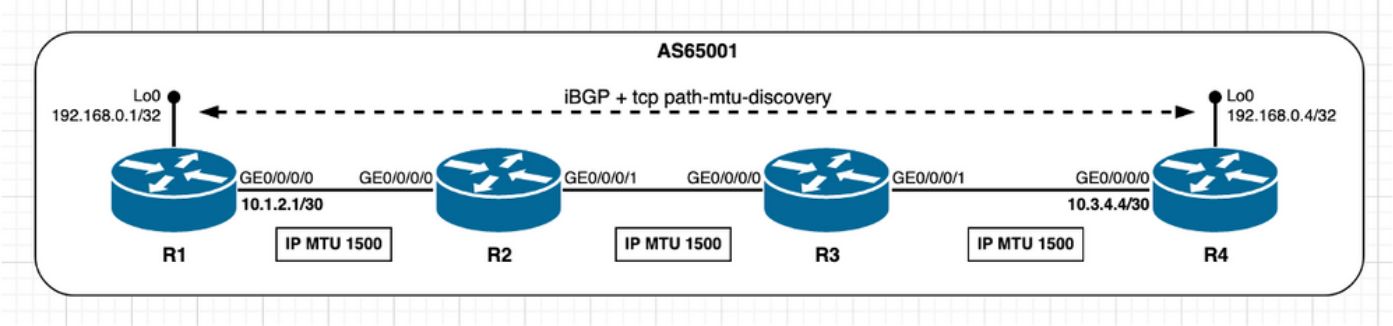
```
   Flags: 0x01 (More Fragments)
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..1. .... = More fragments: Set
   Fragment offset: 488
   Time to live: 254
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x14b4 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Data (488 bytes)
<snip>

Frame 6: 135 bytes on wire (1080 bits), 135 bytes captured (1080 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:61:25:f0 (fa:16:3e:61:25:f0), Dst: fa:16:3e:23:ab:27
(fa:16:3e:23:ab:27)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 121
   Identification: 0x7b41 (31553)
   Flags: 0x00
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 976
   Time to live: 254
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x35fa [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Data (101 bytes)
<snip>
```

السيناريوهات - تمكين TCP PMTUD

تمكين PMTUD

بمجرد تمكين PMTUD، ثم بغض النظر عما إذا كان النظراء متصلين مباشرة أو غير مباشرة، فإن الحساب الأولي MSS يأخذ في الاعتبار دائما واجهة المخرج IP MTU.

يوفر هذه السيناريو رؤية حول السلوك المتوقع عند تمكين PMTUD. هنا، cisco ios XR يلعب دور نشط، يدير الـ TCP توصيل، ويفتح الـ TCP جلسة مع cisco ios XR عقدة R1 عقدة R4 على غاية ميناء 179. تستخدم كل من العقد قيم IP MTU الافتراضية على الواجهات الخاصة بها.



الصورة 3.1 - تم تمكين TCP PMTUD.

يمكن تلخيص حساب MSS في هذا السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم جميع العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية لبروتوكول IP بسعة 1500 بايت
- تم تمكين اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لمسار TCP
- ال تكون نظراء TCP متصلة مباشرة ديري R4 اتصال BGPيرسل R4 SYN مع MSS 1460 بايت 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H)يرسل R1 SYN، ACK مع MSS 1460 بايت إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي]تم إستلام MSS 1460 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايتيتم إستخدام أقل قيمة MSS على كل النظريين

من أجل إبراز التغييرات في السلوك الذي تم إدخاله من خلال تمكين PMTUD، توضح المخرجات التالية تسلسل الأحداث:

1. الحالة الأولية لجلسة عمل TCP المحددة في السيناريو الافتراضي ل PMTUD معطل؛
2. يتم تكوين PMTUD وتمكينه على كل من نظراي TCP R4 و R1؛
3. تتم إعادة تشغيل جلسة عمل TCP، ويتم حساب MSS، ويتأثر ب TCP PMTUD.

كما هو موضح في R4 - ACTIVE - TCP PMTUD معطل (افتراضي):

```
! – as seen on R4 – Active
! – TCP path mtu discovery disabled (default)
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x121536c8
Fri Jan  8 16:06:30.237 UTC
==========================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:05:15 2021

PCB 0x121536c8, SO 0x12155370, TCPCB 0x12154f64, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 376
Local host: 192.168.0.4, Local port: 20155 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             6          1                  0
SendWnd             0          0                  0
TimeWait            0          0                  0
AckHold             3          2                  0
KeepAlive           1          0                  0
```

```
PmtuAger            0          0               0
GiveUp              0          0               0
Throttle            0          0               0

  iss: 357400981   snduna: 357401257   sndnxt: 357401257
sndmax: 357401257   sndwnd: 32546       sndcwnd: 3720
  irs: 524019443   rcvnxt: 524019719   rcvwnd: 32565   rcvadv: 524052284

SRTT: 72 ms,  RTTO: 416 ms,  RTV: 344 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

كما هو موضح في R1 - الخامل - TCP PMTUD معطل (افتراضي):

```
! – as seen on R1 - Passive
! – TCP path mtu discovery disabled (default)
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x12157020
Fri Jan  8 16:05:52.868 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:05:12 2021

PCB 0x12157020, SO 0x121565ac, TCPCB 0x121560ec, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 376
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 20155

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             3          0                0
```

```
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             3          1                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 524019443   snduna: 524019700   sndnxt: 524019700
sndmax: 524019700   sndwnd: 32584       sndcwnd: 3720
  irs: 357400981   rcvnxt: 357401238   rcvwnd: 32565   rcvadv: 357433803

SRTT: 46 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 249 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

كما هو موضح في R4 - ACTIVE - TCP PMTUD ممكن:

```
! – 'debug tcp pmtud' output on R4
! - tcp path mtu discovery enabled and uses default Path MTU aging timer (10 min / 600000 msec)

RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:28.285 : tcp[399]: [t21] Try to enable path MTU discovery(neww age
timer: 10 min)
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:28.285 : tcp[399]: [t21] Path mtu is ON (age-timer: 10)

! – as seen on R4 – Active
! – TCP PMTUD is enabled

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x121536c8
Fri Jan  8 16:11:00.138 UTC
==========================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:05:15 2021

PCB 0x121536c8, SO 0x12155370, TCPCB 0x12154f64, vrfid 0x60000000,
```

```
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 376
Local host: 192.168.0.4, Local port: 20155 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            10          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             7          4                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            1          0           508096
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 357400981   snduna: 357401333   sndnxt: 357401333
sndmax: 357401333   sndwnd: 32470       sndcwnd: 3720
  irs: 524019443   rcvnxt: 524019795   rcvwnd: 32489   rcvadv: 524052284

SRTT: 116 ms,  RTTO: 578 ms,  RTV: 462 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: PMTU ager
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

كما هو موضح في R1 - سلبي - TCP PMTUD ممكن:

```
! – 'debug tcp pmtud' output on R1
! - tcp path mtu discovery is enabled and uses default Path MTU aging timer (10 min / 600000
msec)

RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:25.214 : tcp[399]: [t21] Try to enable path MTU discovery(neww age
timer: 10 min)
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:25.214 : tcp[399]: [t21] Path mtu is ON (age-timer: 10)
```

```
! – as seen on R1 - Passive
! – TCP PMTUD is enabled

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x12157020
Fri Jan  8 16:10:03.101 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:05:12 2021

PCB 0x12157020, SO 0x121565ac, TCPCB 0x121560ec, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 376
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 20155

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             7          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             7          4                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            1          0           562042
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 524019443   snduna: 524019776   sndnxt: 524019776
sndmax: 524019776   sndwnd: 32508       sndcwnd: 3720
  irs: 357400981   rcvnxt: 357401314   rcvwnd: 32489   rcvadv: 357433803

SRTT: 95 ms,  RTTO: 528 ms,  RTV: 433 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: PMTU ager
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1240, peer MSS 1240, min MSS 1240, max MSS 1240

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

الحاظ سلوك مؤقت PMTU Ager:

```
! – Note PmtuAger timer initial value is 10min
! – but after initial interval expires then it expires every 2min
! – As seen from 'debug tcp pmtud' output
! – TCP PMTUD is enabled

RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:25.214 : tcp[399]: [t21] Try to enable path MTU discovery(neww age
timer: 10 min)
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:09:25.214 : tcp[399]: [t21] Path mtu is ON (age-timer: 10)
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:19:25.233 : tcp[399]: [t21] PCB 0x12157020: Trying next higher MTU: 1240
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:21:25.245 : tcp[399]: [t21] PCB 0x12157020: Trying next higher MTU: 1240
RP/0/0/CPU0:Jan  8 16:23:25.256 : tcp[399]: [t21] PCB 0x12157020: Trying next higher MTU: 1240
```

كما هو موضح في R4 - نشط - إعادة تشغيل جلسة BGP - TCP SYN:

```
! – Once BGP session is cleared
! – TCP SYN sourced from R4 – Active
! – MSS calculation takes place and is influenced by TCP PMTUD

2734   4.810311       192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    62     32077  179 [SYN] Seq=0 Win=16384
Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 2734: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:d7:7e:f6 (fa:16:3e:d7:7e:f6), Dst: fa:16:3e:8f:8f:54
(fa:16:3e:8f:8f:54)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.4, Dst: 192.168.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 32077, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 32077
   Destination Port: 179
   [Stream index: 25]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x6398 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

كما هو موضح في R1 - Passive - إعادة تشغيل جلسة BGP - TCP SYN، ACK.

```
! – Once BGP session is cleared
! – TCP SYN,ACK sourced from R1 - Passive
! – MSS calculation takes place and is influenced by TCP PMTUD

2735   0.003879       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    62     179  32077 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
Win=16384 Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 2735: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:8f:8f:54 (fa:16:3e:8f:8f:54), Dst: fa:16:3e:d7:7e:f6
(fa:16:3e:d7:7e:f6)
```

```
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32077, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 32077
   [Stream index: 25]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xbf77 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة TCP كما تظهر على R4 - ACTIVE - بعد تمكين TCP PMTUD ومسح جلسة BGP:

```
! – BGP session re-established
! – as seen on R4 – Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x121567f4
Fri Jan  8 16:45:13.928 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:41:49 2021

PCB 0x121567f4, SO 0x12154460, TCPCB 0x12156190, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 10
Local host: 192.168.0.4, Local port: 32077 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             8          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             5          3                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 1254100669  snduna: 1254100983  sndnxt: 1254100983
sndmax: 1254100983  sndwnd: 32508       sndcwnd: 4380
  irs: 839938559   rcvnxt: 839938873   rcvwnd: 32527   rcvadv: 839971400

SRTT: 79 ms,  RTTO: 485 ms,  RTV: 406 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
```

```
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

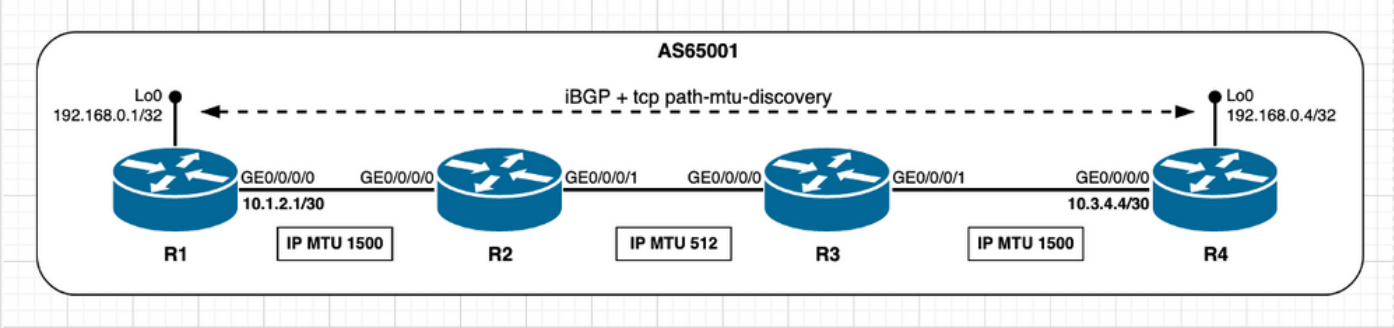
تفاصيل جلسة TCP كما تظهر على R1 - Passive - بعد تمكين TCP PMTUD ومسح جلسة BGP.

```
! – BGP session re-established
! – as seen on R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x121558cc
Fri Jan  8 16:44:59.448 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Fri Jan  8 16:41:46 2021

PCB 0x121558cc, SO 0x121556d4, TCPCB 0x121575bc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 10
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 32077

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             6          0                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold             6          3                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0

  iss: 839938559   snduna: 839938873   sndnxt: 839938873
sndmax: 839938873   sndwnd: 32527       sndcwnd: 4380
  irs: 1254100669  rcvnxt: 1254100983  rcvwnd: 32508   rcvadv: 1254133491

SRTT: 76 ms,  RTTO: 454 ms,  RTV: 378 ms,  KRTT: 0 ms
```

```
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 219 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

PMTUD - يحتوي مقطع المسار على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) ل IP أقل

ساعد السيناريو السابق على فهم ما يحدث عند إنشاء جلسة عمل TCP الأولية مع تمكين PMTUD. يعتمد هذا السيناريو على الجزء العلوي ويساعد على فهم كيفية عمل TCP PMTUD والتأثير الذي يتمتع به على جلسات TCP الثابتة.



الصورة 3. 2 - تم تمكين PMTUD، وقسم المسار يحتوي على IP MTU أقل.

اعتبر الصورة السابقة كمرجع، وافتراض أن جلسة BGP تم إنشاؤها، يرسل R1 رسالة تحديث BGP التي يتم نقلها بواسطة حزمة IP بحجم أكبر من 512 بايت. مع تمكين PMTUD، فإن DF-bit (لا تتجزأ) يتم ضبطه الآن. وبالتالي، تقوم العقدة R2 بإسقاط حزمة IP وإرسال رسالة ICMP (بروتوكول رسائل التحكم في الإنترنت) (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4) مرة أخرى إلى R1. عند العقدة R1 بعد إستلام رسالة ICMP، يتم تشغيل PMTUD ويحاول إنشاء المسار الأقل IP MTU. يفعل ذلك باستخدام القيمة الأقل التالية من مجموعة مستويات مستويات محددة جيدا، والتي تعتبر قيمة MSS الجديدة لجلسة TCP جديدة. يرسل TCP بعد ذلك تحديث BGP الأصلي باستخدام قيمة MSS الجديدة وتتكرر هذه العملية بعدد المرات حسب المطلوب حتى ال يتم تلقي رسالة ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4). وهذا يعني أنه حتى تصبح

قيمة MSS ديد الاستخدام بحيث تقع كل حزمة مرسلة أسفل مقطع المسار الأدنى IP MTU.
تايوتسم "بآومح" تقنية وزاجه مكحي يذلا "يعشلا دشحلا" يمر ،تقولا رورم عم و
ةضبقلا في ةلاجإلا هاعكس ويعيد "نظام الأمن العسكري" إلى أعلى قيمة له. في أي وقت
ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3 ؛ التجزئة
مطلوبة - الرمز 4) مرة أخرى، فإن PMTUD يتصرف كما هو موضح مسبقا.

وتمر المخرجات التالية عبر سلوك PMTUD الذي تم وصفه للتو ويبدأ من سيناريو جلسة
TCP راسخة. هنا، تلعب العقدة R4 من Cisco IOS XR دورا نشطا ومن ثم تقوم بإدارة اتصال
TCP مع R1 على المنفذ الوجهة 179. تستخدم كل من العقدتين IP
MTU الافتراضية على الواجهات الخاصة بها. يمكن تلخيص الحساب الأولي للدائرة في هذا
السيناريو على النحو التالي:

- يستخدم المقطع الوسيط بين العقدتين R2 و R3 وحدات IP MTU 512 بايت غير افتراضية.
- يستخدم كل من R1 و R4 قيم MTU الافتراضية على الواجهات الخاصة بهما.
- تم تمكين اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لمسار TCP.
- نظرا لأن R4 هو جهاز BGP متصل مباشرة. يدير R4 اتصال BGP.يرسل R4 SYN مع MSS 1460 بايت. 1500 (الواجهة IP MTU) - 20 (minTCP_H) - 20 (minIP_H).يرسل R1 SYN، ACK مع MSS 1460 بايت. إرسال أقل [MSS المعلنة ؛ MSS المحلية الأولية].تم استلام MSS 1460 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايت.تم استخدام أقل قيمة MSS على كل النظير.

TCP SYN المصدر من R4:

```
! – Initial TCP session establishment
! – TCP SYN sourced from R4

392    6.752774       192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    62     32449  179 [SYN] Seq=0 Win=16384
Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 392: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:5c:f1:80 (fa:16:3e:5c:f1:80), Dst: fa:16:3e:42:18:05
(fa:16:3e:42:18:05)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.4, Dst: 192.168.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 32449, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 32449
   Destination Port: 179
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x6858 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R1:

```
! – Initial TCP session establishment
```

```
! – TCP SYN,ACK sourced from R1

393    0.003628      192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    62     179  32449 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
Win=16384 Len=0 MSS=1460 WS=1

Frame 393: 62 bytes on wire (496 bits), 62 bytes captured (496 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32449, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 32449
   [Stream index: 10]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 28 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x509e [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (8 bytes), Maximum segment size, Window scale, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1460 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1460
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       End of Option List (EOL)
```

مع إنشاء جلسة BGP، ترسل العقدة R1 رسالة تحديث BGP وتستلم رسالة ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3 ؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4) في إرجاع مصدرها من العقدة R2.

يحدث هذا لأن حزمة IP التي تحمل رسالة تحديث BGP لها مجموعة بت DF و MTU ل IP بقيمة 512 بايت المستخدمة في مقطع R2/R3 أقل من حجم حزمة IP بمقدار 1116 بايت. كما تم توضيحه سابقا، يؤدي إستقبال رسالة بروتوكول ICMP إلى تشغيل PMTUD.

في R1 ICMP، يتم إستلام الرسالة من النوع 3/Code 4:

```
! – as seen from R1 – Passive
! – After session is established R1 sends BGP Update message with IP length of 1116 Bytes
! – note IP Header Flags shows DF bit set

528    5.893055       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    1130   UPDATE Message, KEEPALIVE Message

Frame 528: 1130 bytes on wire (9040 bits), 1130 bytes captured (9040 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 1116
   Identification: 0x8c37 (35895)
   Flags: 0x02 (Don't Fragment)
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0xe09a [validation disabled]
```

```
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32449, Seq: 318, Ack: 251, Len: 1076
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message
<snip>

! – as seen from R1 – Passive
! – IP MTU on R2/R3 is lower than IP packet length and DF bit is set
! – R1 receives ICMP error message from R2
! – note R2 ICMP error message carries Next-Hop MTU
! – “The size in octets of the largest datagram that could be forwarded, along the path of
!   the original datagram, without being fragmented at this router. The size includes the
!   IP header and IP data, and does not include any lower-level headers.”

529    0.002423       10.2.3.1       192.168.0.1 ICMP   110    Destination unreachable
(Fragmentation needed)

Frame 529: 110 bytes on wire (880 bits), 110 bytes captured (880 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:5c:f1:80 (fa:16:3e:5c:f1:80), Dst: fa:16:3e:42:18:05
(fa:16:3e:42:18:05)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.2.3.1, Dst: 192.168.0.1
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 96
   Identification: 0x0001 (1)
   Flags: 0x00
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
    Protocol: ICMP (1)
   Header checksum: 0xac97 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 10.2.3.1
   Destination: 192.168.0.1
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Internet Control Message Protocol
    Type: 3 (Destination unreachable)
    Code: 4 (Fragmentation needed)
   Checksum: 0x2d52 [correct]
   [Checksum Status: Good]
   Length: 17
   [Length of original datagram: 68]
   Unused: 0011
    MTU of next hop: 512
   Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
       0100 .... = Version: 4
       .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
       Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
       Total Length: 1116
       Identification: 0x8c37 (35895)
       Flags: 0x02 (Don't Fragment)
       Fragment offset: 0
       Time to live: 254
       Protocol: TCP (6)
       Header checksum: 0xe19a [validation disabled]
       [Header checksum status: Unverified]
       Source: 192.168.0.1
       Destination: 192.168.0.4
       [Source GeoIP: Unknown]
```

```
       [Destination GeoIP: Unknown]
   Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32449, Seq: 2847698730, Ack:
2130367817
   Border Gateway Protocol - UPDATE Message
[Packet size limited during capture: IPv4 truncated]
```

عند العقدة R1، التي يتم تشغيلها بواسطة رسالة ICMP، يحاول TCP PMTUD إنشاء IP MTU الأقل من نهاية إلى نهاية باستخدام القيمة الأقل التالية من مجموعة من مستويات المستويات المحددة جيدا (IP MTU). يتم توثيق مستويات المستويات هذه على RFC1191 - اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) للمسار.

```
MTU plateaus from RFC 1191
- values include both TCP and IP headers
65535
32000
17914
8166
4352
2002
1492
1006
508
296
68
```

ولكن نظرا لأن رسالة ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4) التي يتم استقبالها بواسطة العقدة R1 **تنقل وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الخاصة بالخطوة التالية** ثم كما هو معروض الحقا، فإن العقدة R1 تستخدم هذه القيمة، والتي هي في مثالنا 512 بايت، وتضبط قيمة MSS لجلسة عمل TCP. الحظ أن طول مقطع TCP الأصلي كان 1076 بايت، وبالتالي يلزم وجود ثالث حزم لإعادة إرسال مقطع TCP الأصلي.

كما رأينا على R1 - السلبي - العملية PMTUD:

```
! – As seen from R1 – Passive
! – Hint is provided by ICMP unreachable message MTU of next-hop field: 512 bytes
! – R1 then considers this value and retransmits BGP Update split in three distinct packets
! – Sum of TCP length = 472 + 472 + 132 = 1076 bytes

530    0.007497       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    526    [TCP Out-Of-Order] 179  32449 [ACK]
Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=472
532    0.015374       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    526    [TCP Retransmission] 179  32449
[ACK] Seq=790 Ack=251 Win=32593 Len=472
533    0.004129       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    186    [TCP Retransmission] 179  32449
[PSH, ACK] Seq=1262 Ack=251 Win=32593 Len=132
```

وكما ذكر سابقا عندما يتم إرسال جميع الحزم عبر الوقت، يسير PMTUD عبر مستويات الهضبة في الإتجاه المعاكس الذي يحكمه جهاز توقيت PmtuAger ويحاول رفع MSS إلى أقصى قيمة له وفقا للسيناريو القائم.

كما رأينا على R1 - PMTUD عبر هضاب محددة:

```
! – As seen from R1 – Passive – 'debug tcp pmtud' and 'debug icmp' active
! – TCP PMTUD is triggered once ICMP unreachable received

RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: ipv4_io[266]: IPv4 ICMP: Received ICMP too big from
192.168.0.1 about 192.168.0.4, MTU=512
RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: ipv4_io[266]: ipv4_icmp_unreachable_rcvd ICMP unreach
recvd: sending pak(0xb0c07d8f) to transport: 6, tid: 5
```

```
RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: ipv4_io[266]: ip_icmp_lib_ipv4_receive: sending
pak(0xb0c07d8f) to transport: 1, tid: 5
RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x15393770: Process ICMP Dest-unreach
(next hop mtu: 512)

! – attempt new MSS 472 = MTU of next-hop(512) - TCP_H(20) - IP_H(20)

RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x15393770: Process ICMP Dest-unreach
(next hop mtu: 512)
RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x15393770: Try to use new MSS: 472
RP/0/0/CPU0:May 12 09:09:22.763 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x15393770, New path MTU decided to use:
472  configured tp_user_mss 0

! – over time PMTUD attempts to raise MSS as per egress interface configured MTU

RP/0/0/CPU0:May 12 09:19:22.782 UTC: tcp[399]: [t23] PCB 0x15393770: Trying next higher MTU: 966
RP/0/0/CPU0:May 12 09:21:22.793 UTC: tcp[399]: [t23] PCB 0x15393770: Trying next higher MTU:
1452
RP/0/0/CPU0:May 12 09:23:22.805 UTC: tcp[399]: [t23] PCB 0x15393770: Trying next higher MTU:
1460
```

ويمكن ملاحظة الحالة النهائية لهذه التوانج. لاحظ على وجه الخصوص قيم الحد الأدنى والحد الأقصى MSS التي تم عرضها بواسطة العقدة R1، والتي تسلط الضوء على الإشارات التي تم تشغيل PMTUD عليها.

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R4 - نشطة:

```
! – Final stage as seen from R4 – Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x153913b8
Wed May 12 10:09:43.246 UTC
==========================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Wed May 12 09:02:07 2021

PCB 0x153913b8, SO 0x153917f0, TCPCB 0x1538fb58, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 382
Local host: 192.168.0.4, Local port: 32449 (Local App PID: 1196319)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1196319/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            72          1                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold            71         69                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0

  iss: 2130367566  snduna: 2130368957  sndnxt: 2130368957
sndmax: 2130368957  sndwnd: 31453       sndcwnd: 2920
  irs: 2847698412  rcvnxt: 2847700946  rcvwnd: 31799   rcvadv: 2847732745

SRTT: 220 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 12 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 239 ms
```

```
ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 10, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R4#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R1 - الخامل:

```
! – Final stage as seen from R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x15393770
Wed May 12 10:12:41.432 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 240, socket status: 0
Established at Wed May 12 09:02:05 2021

PCB 0x15393770, SO 0x15394ea0, TCPCB 0x15391c0c, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 382
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 1192224)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 32449
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1192224/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            75          0                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold            73         71                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger           28         27             41595
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0
```

```
  iss: 2847698412  snduna: 2847701003  sndnxt: 2847701003
sndmax: 2847701003  sndwnd: 31742       sndcwnd: 4380
  irs: 2130367566  rcvnxt: 2130369014  rcvwnd: 31396   rcvadv: 2130400410

SRTT: 224 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 23 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 259 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: PMTU ager
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 472, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x20  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R1#
```

أو،اريخأ ،إذا تم في أي وقت معين تلقي رسالة ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3 ؛ الرمز 4 (مرة أخرى ،فعندئذ يتم تلقي PMTUD مرة أخرى كما هو موضح مسبقا.

كما هو موضح من R1 - Passive - PMTUD قد تم تشغيله مرة أخرى:

```
! – As seen from R1 – Passive
! – TCP PMTUD is again triggered upon new ICMP unreachable received
! – Behavior can be triggered via clearing redistributed, network and aggregate routes
originated

RP/0/0/CPU0:R1#clear bgp ipv4 all self-originated
Wed May 12 10:19:06.836 UTC
RP/0/0/CPU0:R1#

! – New BGP update message is sourced from R1 after clear bgp command

1707   1.712657       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    1121   UPDATE Message

Frame 1707: 1121 bytes on wire (8968 bits), 1121 bytes captured (8968 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
```

```
(fa:16:3e:5c:f1:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 1107
   Identification: 0x1a38 (6712)
   Flags: 0x02 (Don't Fragment)
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x52a3 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32449, Seq: 2705, Ack: 1562, Len: 1067
Border Gateway Protocol - UPDATE Message

! – ICMP Destination Unreachable / Fragmentation needed is received and triggers PMTUD

1708   0.001614       10.2.3.1       192.168.0.1 ICMP   110    Destination unreachable
(Fragmentation needed)

Frame 1708: 110 bytes on wire (880 bits), 110 bytes captured (880 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:5c:f1:80 (fa:16:3e:5c:f1:80), Dst: fa:16:3e:42:18:05
(fa:16:3e:42:18:05)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.2.3.1, Dst: 192.168.0.1
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 96
   Identification: 0x0002 (2)
   Flags: 0x00
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: ICMP (1)
   Header checksum: 0xac96 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 10.2.3.1
   Destination: 192.168.0.1
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Internet Control Message Protocol
    Type: 3 (Destination unreachable)
    Code: 4 (Fragmentation needed)
   Checksum: 0x3b73 [correct]
   [Checksum Status: Good]
   Length: 17
   [Length of original datagram: 68]
   Unused: 0011
   MTU of next hop: 512
   Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
       0100 .... = Version: 4
       .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
       Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
       Total Length: 1107
       Identification: 0x1a38 (6712)
       Flags: 0x02 (Don't Fragment)
       Fragment offset: 0
       Time to live: 254
       Protocol: TCP (6)
       Header checksum: 0x53a3 [validation disabled]
```

```
       [Header checksum status: Unverified]
       Source: 192.168.0.1
       Destination: 192.168.0.4
       [Source GeoIP: Unknown]
       [Destination GeoIP: Unknown]
   Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 32449, Seq: 2847701117, Ack:
2130369128
   Border Gateway Protocol - UPDATE Message

! – Note new/updated MSS value and PmtuAger
! - MSS 472 ; Aligned with “MTU of next hop” value contained in ICMP message

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x15393770
Wed May 12 10:19:31.494 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 240, socket status: 0
Established at Wed May 12 09:02:05 2021

PCB 0x15393770, SO 0x15394ea0, TCPCB 0x15391c0c, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 382
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 1192224)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 32449
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1192224/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            83          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            80         77                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger           32         30           575401
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 2847698412  snduna: 2847702184  sndnxt: 2847702184
sndmax: 2847702184  sndwnd: 32173       sndcwnd: 944
  irs: 2130367566  rcvnxt: 2130369147  rcvwnd: 32730   rcvadv: 2130401877

SRTT: 221 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 16 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 259 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: PMTU ager
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 472, peer MSS 1460, min MSS 472, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
```

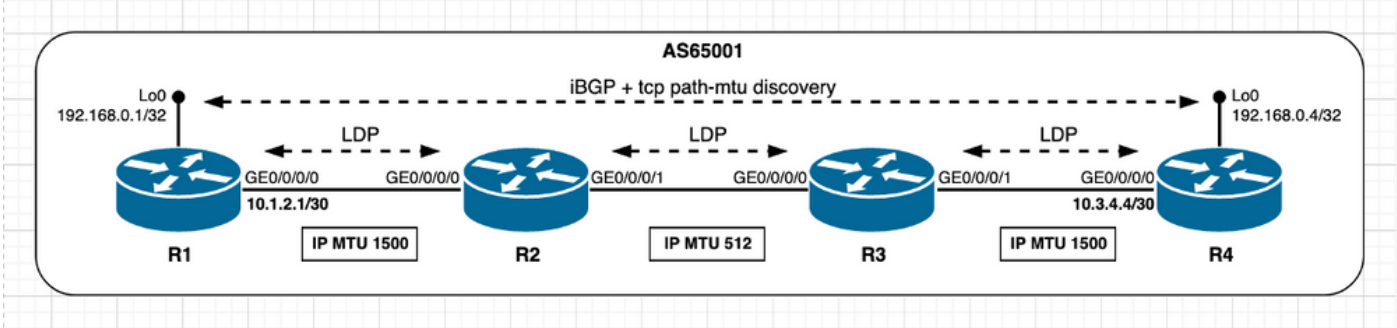
```
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x20  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R1#
```

في إصدارات Cisco IOS XR التي تأثرت بمعرف تصحيح الأخطاء من Cisco CSCvf10395، يتم تجاهل الخطوة التالية الموجودة في رسالة خطأ ICMP وتجاوز العقدة إنشاء أقل MTU من المستويات المحددة مسبقا في مجموعة من المستويات الأقل التالية باستخدام القيمة التي تم ذكرها سابقا (IP MTU) الجديد. هذا يعني أن رسائل ICMP التي تحتوي على الحد الأقصى للتشتت في العقدة التالية لا تصل إلى الخادم الذي بدأ الاتصال، وهو ما يتسبب في حدوث مشكلات في الاتصال. يتم دعم RFC1191 للمسار (MTU) (4 زمرة - 3 نوع ؛ التجزئة المطلوبة - الرمز) ولكن لا يتم دعمه على الأجهزة التي تعتمد على المعالجة السريعة.

مثال من عقدة مع إصدار Cisco IOS XR متأثر بمعرف تصحيح الأخطاء من Cisco CSCvf10395:

```
! – As seen from IOX XR node with a release impacted by Cisco bug ID CSCvf10395
! – Node ignores “MTU of next hop” and tries next lower plateau
! – This is observed till ICMP error messages are no longer received
! – Practical consequence is extra retransmissions occurrence

RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:32.929 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Process ICMP Dest-unreach (next
hop mtu: 33554432)
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:32.929 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Invalid next hop mtu
(33554432), ignore it
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:34.649 : tcp[399]: [t27] PCB 0x12152adc: Trying next lower MTU: 1452
<<<<<<<< HERE: Plateau 1492

RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:35.519 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Process ICMP Dest-unreach (next
hop mtu: 33554432)
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:35.519 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Invalid next hop mtu
(33554432), ignore it
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:37.239 : tcp[399]: [t27] PCB 0x12152adc: Trying next lower MTU: 966
<<<<<<<< HERE: Plateau 1006

RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:38.109 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Process ICMP Dest-unreach (next
hop mtu: 33554432)
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:38.109 : tcp[399]: [t4] PCB 0x12152adc: Invalid next hop mtu
(33554432), ignore it
RP/0/0/CPU0:Feb 23 17:05:39.829 : tcp[399]: [t27] PCB 0x12152adc: Trying next lower MTU: 468
<<<<<<<< HERE: Plateau 508
```

بينما تعتبر الخطوة التالية نفس السيناريو ولكن مع بروتوكول توزيع التسمية (LDP) عبر جميع الواجهات. والهدف هنا هو فهم الاختلافات التي يمكن ملاحظتها من السيناريوهات السابقة في بيئة تم فيها تمكين MPLS.



الصورة 3.3 - تم تمكين PMTUD، وقسم المسار به IP MTU - سيناريو MPLS أقل.

أولا، خذ في الاعتبار المرحلة الأولية من جلسة بروتوكول بوابة الحدود (BGP) التي تم إنشاؤها قبل بدء تشغيل PMTUD كما هو موضح هنا.

الحالة الأولية ل TCP (BGP) كما هو موضح في R4 - السيناريو النشط - الذي تم تمكين MPLS به:

```
! – as seen on R4 – Active
! – TCP path MTU discovery enabled
! – MPLS LDP enabled
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x153bdaf0
Mon May 17 08:32:16.673 UTC
==========================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Mon May 17 08:31:57 2021

PCB 0x153bdaf0, SO 0x153acc80, TCPCB 0x153acea8, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 757
Local host: 192.168.0.4, Local port: 57400 (Local App PID: 1196319)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1196319/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             5          1                  0
SendWnd             0          0                  0
TimeWait            0          0                  0
AckHold             2          1                  0
KeepAlive           1          0                  0
PmtuAger            0          0                  0
GiveUp              0          0                  0
Throttle            0          0                  0

  iss: 1386459919  snduna: 1386460037  sndnxt: 1386460037
sndmax: 1386460037  sndwnd: 32726       sndcwnd: 4380
  irs: 3874414679  rcvnxt: 3874414864  rcvwnd: 32678   rcvadv: 3874447542

SRTT: 48 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 228 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 10, connect retry interval: 30 secs
```

```
State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 1  Label Stack:  0x5dc2
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R4#
```

الحالة الأولية ل TCP (BGP) كما هو موضح في R1 - خامل - سيناريو تم تمكين MPLS عليه:

```
! – as seen on R1 – Passive
! – TCP path MTU discovery enabled
! – MPLS LDP enabled
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x153acc8c
Mon May 17 08:32:56.618 UTC
==========================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Mon May 17 08:31:55 2021

PCB 0x153acc8c, SO 0x153adad4, TCPCB 0x153adcfc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 757
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 1192224)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 57400
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1192224/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             3          0                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold             3          1                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0
```

```
  iss: 3874414679  snduna: 3874414864  sndnxt: 3874414864
sndmax: 3874414864  sndwnd: 32678       sndcwnd: 4380
  irs: 1386459919  rcvnxt: 1386460037  rcvwnd: 32726   rcvadv: 1386492763

SRTT: 45 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 239 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 229 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1460, peer MSS 1460, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x20  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 1  Label Stack:  0x5dc3
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R1#
```

في هذا السيناريو الذي تم تمكين MPLS به، يلاحظ تحديد تفاصيل جلسات TCP (LDP). لاحظ أن كل ما تم وصفه سابقا فيما يتعلق بحساب MSS لجلسات TCP (BGP)، ينطبق على جلسات TCP (LDP) أيضا. على سبيل المثال، يمكن تلخيص حساب MSS لجلسة عمل العقد R3 و R2 TCP (LDP) كما يلي:

- يستخدم كل من R2 و R3 وحدة الحد الأقصى للإرسال (MTU) غير الافتراضية لبروتوكول IP بمقدار 512 بايت.
- تم تمكين اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) للمسار.
- ال يتم اتصال نظراء TCP مباشرة (يتم إنشاء جلسة TCP بين واجهات الاسترجاع). يدير R3 اتصال LDP.يرسل R3 SYN مع MSS بحجم 472 بايت. 512 (واجهة IP MTU) - 20 (minTCP_H) - 20 (minIP_H).يرسل R2 SYN، ACK مع MSS بحجم 472 بايت. إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS الأولي المحلي].تم إستلام MSS 472 بايت، MSS المحلي الأولي 472 بايت.يتم إستخدام أقل قيمة MSS على كلا النظرين.

تفاصيل جلسة عمل TCP (LDP) كما هو موضح في R3 - نشط - سيناريو تم تمكين MPLS به:

```
! – as seen on R3 – Active
! – TCP path MTU discovery enabled
! – MPLS LDP enabled
```

```
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R3#show tcp detail pcb 0x15393fbc
Mon May 17 08:33:30.627 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Mon May 17 08:30:04 2021

PCB 0x15393fbc, SO 0x15393d94, TCPCB 0x153941b4, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 970
Local host: 192.168.0.3, Local port: 57146 (Local App PID: 1151216)
Foreign host: 192.168.0.2, Foreign port: 646
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1151216/0/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 16384)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 16384)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 60)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             8          1                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             6          4                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 2917752466  snduna: 2917752838  sndnxt: 2917752838
sndmax: 2917752838  sndwnd: 16013       sndcwnd: 944
  irs: 228184383   rcvnxt: 228184763   rcvwnd: 16005   rcvadv: 228200768

SRTT: 103 ms,  RTTO: 580 ms,  RTV: 477 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 279 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 1, connect retry interval: 3 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 472, peer MSS 472, min MSS 472, max MSS 472

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_SEL, SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/16384
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/16384, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 1  Label Stack:  0x5dc2
```

```
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R3#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP (LDP) كما هو موضح في R2 - سلبي - سيناريو تم تمكين MPLS به:

```
! – as seen on R2 – Passive
! – TCP path MTU discovery enabled
! – MPLS LDP enabled
! – TCP session initial state

RP/0/0/CPU0:R2#show tcp detail pcb 0x153a1f44
Mon May 17 08:34:28.843 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Mon May 17 08:30:31 2021

PCB 0x153a1f44, SO 0x153a1d1c, TCPCB 0x153a213c, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 970
Local host: 192.168.0.2, Local port: 646 (Local App PID: 1151216)
Foreign host: 192.168.0.3, Foreign port: 57146
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1151216/0/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 16384)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 16384)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 60)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             7          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             7          5                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 228184383   snduna: 228184763   sndnxt: 228184763
sndmax: 228184763   sndwnd: 16005       sndcwnd: 944
  irs: 2917752466  rcvnxt: 2917752856  rcvwnd: 15995   rcvadv: 2917768851

SRTT: 95 ms,  RTTO: 561 ms,  RTV: 466 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms,  maxRTT: 219 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 472, peer MSS 472, min MSS 472, max MSS 472

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_SEL, SB_DEL_WAKEUP
```

```
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/16384
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/16384, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x60  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 1  Label Stack:  0x5dc1
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R2#
```

ب عدإنشاء جلسة BGP، يرسل R1 رسالة تحديث BGP ويستلم رسالة ICMP (الوجهة يتعذر الوصول إلى الهدف - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4) في إجراء مصدره من العقدة R2 التي تشغل TCP PMTUD في العقدة R1. يحدث هذا عندما تحمل رسالة تحديث BGP التي تحتوي على رأس IP و DF بت معين ل MTU لواجهة IP التي تقع على طول المسار من R2/R3 إلى أقل من 512 بايت المستخدمة في مقطع TCP. هذه إلى رسالة ICMP المرسلة من قبل الجهاز الذي يدوي إستلام رسالة BGP بحجم رأس IP يبلغ 1116 بايت. وكما هو الحال مع MPLS عندما تتم تهيئة الواجهات المتصلة مباشرة في المختبر، يتم تشغيل PMTUD.

عادة ما تقوم MPLS بتعليق الحزم في الواجهات المتصلة مباشرة **لأقصى حد للقطعة (MTU)** الواجهات الصادرة بدون **التسمية الخلفية** الموجودة في رسالة ICMP التي تم إنشاؤها بواسطة R2 (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4). في هذا السيناريو الذي تم تهيئته، يتم إسقاط 4 بايت بواسطة MPLS لأن إضافة ملصقات MPLS تزيد **التسمية الخلفية** الحجم بما يتجاوز MTU للواجهة الصادرة، مما يتسبب في تجزئة حزم MPLS في R2، كما هو موضح في هذا المثال. تأكد من أن MPLS تعلن عن MTU الصحيح في عناوين IP الخاصة بها في عمليات التفريغ.

في R1 - السيناريو الداخلي - MPLS-الذي تم تهيئته:

```
! – as seen from R1 – Passive
! – R1 sends BGP Update message with IP length of 1116 Bytes
! – Note MPLS Header as packet is to be label-switched (single label ; IGP label)
! – note IP Header Flags shows DF bit set

455    0.044859       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    1134   UPDATE Message, KEEPALIVE Message

Frame 455: 1134 bytes on wire (9072 bits), 1134 bytes captured (9072 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 24002, Exp: 6, S: 1, TTL: 255
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 1116
   Identification: 0xc6dd (50909)
   Flags: 0x02 (Don't Fragment)
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .1.. .... = Don't fragment: Set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0xa5f4 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
```

```
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 57400, Seq: 242, Ack: 175, Len: 1076
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message
<snip>

! – as seen from R1 – Passive
! – IP MTU on R2/R3 of 512 bytes is lower than IP packet length and DF bit is set
! – R1 receives ICMP error message from R2
! – note R2 ICMP error message carries Next-Hop MTU
! – “The size in octets of the largest datagram that could be forwarded, along the path of
!   the original datagram, without being fragmented at this router. The size includes the
!   IP header and IP data, and does not include any lower-level headers.”
! – In present MPLS-enabled scenario Next-Hop MTU value is 508 bytes
! – In previous non-MPLS scenario Next-Hop MTU value was 512 bytes

456    0.014117       10.2.3.1       192.168.0.1 ICMP   182    Destination unreachable
(Fragmentation needed)

Frame 456: 182 bytes on wire (1456 bits), 182 bytes captured (1456 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:5c:f1:80 (fa:16:3e:5c:f1:80), Dst: fa:16:3e:42:18:05
(fa:16:3e:42:18:05)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.2.3.1, Dst: 192.168.0.1
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 168
   Identification: 0x001f (31)
   Flags: 0x00
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..0. .... = More fragments: Not se
   Fragment offset: 0
   Time to live: 251
   Protocol: ICMP (1)
   Header checksum: 0xb031 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 10.2.3.1
   Destination: 192.168.0.1
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Internet Control Message Protocol
    Type: 3 (Destination unreachable)
    Code: 4 (Fragmentation needed)
   Checksum: 0x5199 [correct]
   [Checksum Status: Good]
   Length: 17
   [Length of original datagram: 68]
   Unused: 0011
   MTU of next hop: 508
   Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 57400, Seq: 3874414921, Ack:
1386460094
   Border Gateway Protocol - UPDATE Message

! – As seen from R1 – Passive
! – Hint is provided by ICMP unreachable message MTU of next-hop field: 508 bytes
! – R1 then considers this value and retransmits BGP Update split in three distinct packets
! – Sum of TCP length = 468 + 468 + 140 = 1076 bytes

457    0.006689       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    526    [TCP Retransmission] 179  57400
[ACK] Seq=242 Ack=175 Win=32669 Len=468
460    0.004001       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    526    [TCP Retransmission] 179  57400
[ACK] Seq=710 Ack=175 Win=32669 Len=468
```

```
461    0.001788       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    198    [TCP Retransmission] 179  57400
[PSH, ACK] Seq=1178 Ack=175 Win=32669 Len=140
463    0.056695       192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    54     57400  179 [ACK] Seq=175 Ack=1318
Win=31545 Len=0

! – As seen from R1 – Passive – 'debug tcp pmtud' and 'debug icmp' active
! – TCP PMTUD is triggered once ICMP unreachable received

RP/0/0/CPU0:May 17 08:29:56.131 UTC: tcp[399]: [t1] Try to enable path MTU discovery(neww age
timer: 10 min)
RP/0/0/CPU0:May 17 08:29:56.131 UTC: tcp[399]: [t1] Path mtu is ON (age-timer: 10)
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: ipv4_io[266]: ip_icmp_lib_ipv4_receive: Receiving
pak(0xb0c07d8f) tid: 5
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: ipv4_io[266]: Entering ipv4_mtu_update_cb
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: ipv4_io[266]: IPv4 ICMP: Received ICMP too big from
192.168.0.1 about 192.168.0.4, MTU=508
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: ipv4_io[266]: ipv4_icmp_unreachable_rcvd ICMP unreach
recvd: sending pak(0xb0c07d8f) to transport: 6, tid: 5
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: ipv4_io[266]: ip_icmp_lib_ipv4_receive: sending
pak(0xb0c07d8f) to transport: 1, tid: 5
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x153acc8c: Process ICMP Dest-unreach
(next hop mtu: 508)

! – attempt new MSS 468 = MTU of next-hop(508) - TCP_H(20) - IP_H(20)

RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x153acc8c: Try to use new MSS: 468
RP/0/0/CPU0:May 17 08:35:51.726 UTC: tcp[399]: [t4] PCB 0x153acc8c, New path MTU decided to use:
468  configured tp_user_mss 0

! – over time PMTUD attempts to raise MSS as per egress interface configured MTU

RP/0/0/CPU0:May 17 08:45:51.745 UTC: tcp[399]: [t29] PCB 0x153acc8c: Trying next higher MTU: 966
RP/0/0/CPU0:May 17 08:47:51.757 UTC: tcp[399]: [t29] PCB 0x153acc8c: Trying next higher MTU:
1452
RP/0/0/CPU0:May 17 08:49:51.769 UTC: tcp[399]: [t29] PCB 0x153acc8c: Trying next higher MTU:
1460
```

كما هو موضح من R1 - الخامل - تم تشغيل TCP PMTUD - سيناريو تم تكوين MPLS به:

```
! – as seen on R1 – Passive
! – R1 session details after TCP PMTUD trigger

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x153acc8c
Mon May 17 08:43:07.077 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 240, socket status: 0
Established at Mon May 17 08:31:55 2021

PCB 0x153acc8c, SO 0x153adad4, TCPCB 0x153adcfc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 757
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 1192224)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 57400
(Local App PID/instance/SPL_APP_ID: 1192224/1/0)

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans            15          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold            14          9                0
```

```
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            1          0           164599
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 3874414679  snduna: 3874416130  sndnxt: 3874416130
sndmax: 3874416130  sndwnd: 31412       sndcwnd: 936
  irs: 1386459919  rcvnxt: 1386460246  rcvwnd: 32517   rcvadv: 1386492763

SRTT: 180 ms,  RTTO: 509 ms,  RTV: 329 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: PMTU ager
Feature flags: Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 468, peer MSS 1460, min MSS 468, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0
Socket misc info     : Rcv data size (sb_cc) 0, so_qlen 0,
                       so_q0len 0, so_qlimit 0, so_error 0
                       so_auto_rearm 1

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x20  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 1  Label Stack:  0x5dc3
Num of peers with authentication info: 0

RP/0/0/CPU0:R1#
```

لاحظ أنه في السيناريو الذي تم تمكين MPLS به قيمة وحدة الحد الأقصى للنقل (**MTU**) **للخطوة التالية** المضمنة في حساب رسائل بروتوكول ICMP للعقدة R2 لمدى تسميات MPLS للخروج. ولتعزيز هذا الوجه أكثر، تأمل في المثال التالي. إذا كانت حزمة IP التي تمت تصفيتها في R2 مرتبطة بخدمة L3VPN، فهذا يعني أن إطار الإيثرنت يحمل الآن عنوانين (تسمية IGP وتسمية VPN). ثم تعكس وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) للخطوة التالية حجم مكدس التسمية المطلوب. ارجع إلى هذه المخرجات.

كما هو موضح على R1 - الخامل - حزمة خدمة L3 VPN:

```
! – as seen from R1 – Passive
! – L3 VPN service packet is sourced by node R1 and destined to node R4
! – Note presence of MPLS label stack – both IGP and VPN label are present
! – Note IP Total Length of 610 bytes higher than the IP MTU on R2/R3 segment
! – note IP Header Flags shows DF bit set

2024   0.302370       10.1.14.1      10.1.14.14     TELNET 632    Telnet Data ...
```

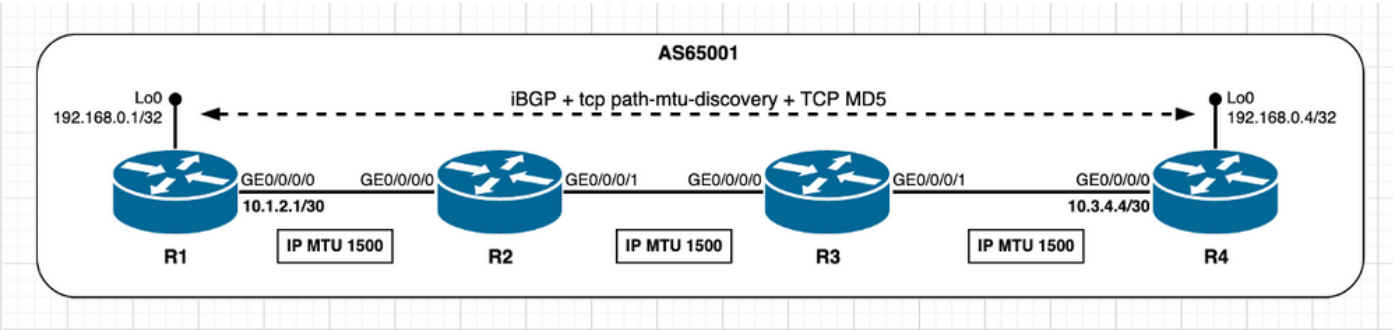
```
Frame 2024: 632 bytes on wire (5056 bits), 632 bytes captured (5056 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 24002, Exp: 0, S: 0, TTL: 255
   0000 0101 1101 1100 0010 .... .... .... = MPLS Label: 24002
   .... .... .... .... .... 000. .... .... = MPLS Experimental Bits: 0
   .... .... .... .... .... ...0 .... .... = MPLS Bottom Of Label Stack: 0
   .... .... .... .... .... .... 1111 1111 = MPLS TTL: 255
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 24005, Exp: 0, S: 1, TTL: 255
   0000 0101 1101 1100 0101 .... .... .... = MPLS Label: 24005
   .... .... .... .... .... 000. .... .... = MPLS Experimental Bits: 0
   .... .... .... .... .... ...1 .... .... = MPLS Bottom Of Label Stack: 1
   .... .... .... .... .... .... 1111 1111 = MPLS TTL: 255
Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.14.1, Dst: 10.1.14.14
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 610
   Identification: 0x7c9f (31903)
   Flags: 0x02 (Don't Fragment)
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .1.. .... = Don't fragment: Set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0xcce5 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 10.1.14.1
   Destination: 10.1.14.14
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 22008, Dst Port: 23, Seq: 34755, Ack: 93250, Len: 570
```

4: زمرلا/ICMP 3 عون - L3 VPN ةمدخ - لماخ - R1 يف حضوم وه امك

```
! – as seen from R1 – Passive
! – IP MTU on R2/R3 of 512 bytes is lower than IP packet length and DF bit is set
! – R1 receives ICMP error message from R2
! – note R2 ICMP error message carries Next-Hop MTU
! – “The size in octets of the largest datagram that could be forwarded, along the path of
!   the original datagram, without being fragmented at this router. The size includes the
!   IP header and IP data, and does not include any lower-level headers.”
! – In present L3VPN MPLS-enabled scenario (dual-label) Next-Hop MTU value is 504 bytes
! – In previous MPLS scenario (single-label) Next-Hop MTU value was 508 bytes

2030   0.020299       10.2.3.1       10.1.14.1      ICMP   190    Destination unreachable
(Fragmentation needed)

Frame 2030: 190 bytes on wire (1520 bits), 190 bytes captured (1520 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:5c:f1:80 (fa:16:3e:5c:f1:80), Dst: fa:16:3e:42:18:05
(fa:16:3e:42:18:05)
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 24005, Exp: 0, S: 1, TTL: 251
   0000 0101 1101 1100 0101 .... .... .... = MPLS Label: 24005
   .... .... .... .... .... 000. .... .... = MPLS Experimental Bits: 0
   .... .... .... .... .... ...1 .... .... = MPLS Bottom Of Label Stack: 1
   .... .... .... .... .... .... 1111 1011 = MPLS TTL: 251
Internet Protocol Version 4, Src: 10.2.3.1, Dst: 10.1.14.1
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
   Total Length: 172
   Identification: 0x002b (43)
```

```
   Flags: 0x00
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .0.. .... = Don't fragment: Not set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 253
   Protocol: ICMP (1)
   Header checksum: 0x9821 [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 10.2.3.1
   Destination: 10.1.14.1
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Internet Control Message Protocol
    Type: 3 (Destination unreachable)
    Code: 4 (Fragmentation needed)
   Checksum: 0xbbac [correct]
   [Checksum Status: Good]
   Length: 17
   [Length of original datagram: 68]
   Unused: 0011
   MTU of next hop: 504
   Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.14.1, Dst: 10.1.14.14
       0100 .... = Version: 4
       .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
       Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
       Total Length: 610
       Identification: 0x7c9f (31903)
       Flags: 0x02 (Don't Fragment)
           0... .... = Reserved bit: Not set
           .1.. .... = Don't fragment: Set
           ..0. .... = More fragments: Not set
       Fragment offset: 0
       Time to live: 255
       Protocol: TCP (6)
       Header checksum: 0xcce5 [validation disabled]
       [Header checksum status: Unverified]
       Source: 10.1.14.1
       Destination: 10.1.14.14
       [Source GeoIP: Unknown]
       [Destination GeoIP: Unknown]
   Transmission Control Protocol, Src Port: 22008, Dst Port: 23, Seq: 586828435, Ack: 754580617
```

PMTUD - خيارات TCP (MD5)



الصورة 3. 4 - تمكين PMTUD ومصادقة TCP MD5.

ال يتم إدخال أي تمييز فيما يتعلق بسلوك PMTUD من ام تم وصفه بالفعل في السيناريوهات السابقة مع تمكين مصادقة TCP MD5. وكما تمت مشاركته مسبقا مع مصادقة TCP MD5 قيد الاستخدام، يأخذ Cisco IOS XR في الاعتبار التكاليف الإضافية وقيمة MSS الأولية لنظير TCP النشطة عكست نفس الشيء. يرجى الرجوع إلى الأقسام

السابقة **إستخدام خيارات TCP - XR نشطة وإستخدام خيارات TCP - XR passive** للحصول على تفاصيل إضافية حول تأثير إستخدام خيارات TCP. يمكن تلخيص حساب TCP MSS في هذه السيناريو على النحو التالي:

- تستخدم جميع العقد وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) الافتراضية عبر بروتوكول IP التي تبلغ 1500 بايت.
- تم تمكين اكتشاف وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لمسار TCP.
- نظراء TCP غير متصلة مباشرة.
- تم تمكين مصادقة TCP MD5 على كل من R1 و R4. يدير R4 اتصال BGP.يرسل R4 SYN مع MSS 1436 بايت. 1500 (واجهة IP MTU) - 20 (الحد الأدنى من TCP_H) - 20 (الحد الأدنى من IP_H) - 24 بايت (مصروفات عامة لخيارات TCP الخاصة ب IOS XR).R1 يرسل SYN، ACK مع MSS 1436 بايت. إرسال أقل [MSS المستلمة؛ MSS المحلي الأولي].تم إستالم MSS 1436 بايت، MSS المحلي الأولي 1460 بايت.تم إستخدام أقل قيمة MSS على الك الأقران.

TCP SYN المصدر من R4:

```
! – TCP SYN sourced from R4

2408   5.695076       192.168.0.4 192.168.0.1 TCP    82     59050  179 [SYN] Seq=0 Win=16384
Len=0 MSS=1436 WS=1

Frame 2408: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:d7:7e:f6 (fa:16:3e:d7:7e:f6), Dst: fa:16:3e:8f:8f:54
(fa:16:3e:8f:8f:54)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.4, Dst: 192.168.0.1
Transmission Control Protocol, Src Port: 59050, Dst Port: 179, Seq: 0, Len: 0
   Source Port: 59050
   Destination Port: 179
   [Stream index: 8]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 0
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x002 (SYN)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0x20d7 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1436 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
            MSS Value: 1436
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

TCP SYN، ACK المصدر من R1:

```
! – TCP SYN,ACK sourced from R1

2409   0.004352       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    82     179  59050 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1
Win=16384 Len=0 MSS=1436 WS=1

Frame 2409: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface 0
```

```
Ethernet II, Src: fa:16:3e:8f:8f:54 (fa:16:3e:8f:8f:54), Dst: fa:16:3e:d7:7e:f6
(fa:16:3e:d7:7e:f6)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 59050, Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
   Source Port: 179
   Destination Port: 59050
   [Stream index: 8]
   [TCP Segment Len: 0]
   Sequence number: 0    (relative sequence number)
   Acknowledgment number: 1    (relative ack number)
   Header Length: 48 bytes
   Flags: 0x012 (SYN, ACK)
   Window size value: 16384
   [Calculated window size: 16384]
   Checksum: 0xcbf8 [unverified]
   [Checksum Status: Unverified]
   Urgent pointer: 0
   Options: (28 bytes), Maximum segment size, Window scale, No-Operation (NOP), TCP MD5
signature, End of Option List (EOL)
       Maximum segment size: 1436 bytes
           Kind: Maximum Segment Size (2)
           Length: 4
           MSS Value: 1436
       Window scale: 0 (multiply by 1)
       No-Operation (NOP)
       TCP MD5 signature
       End of Option List (EOL)
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R4 - نشطة:

```
! – as seen from R4 - Active

RP/0/0/CPU0:R4#show tcp detail pcb 0x121542c0
Tue Jan 12 13:27:23.526 UTC
==============================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Tue Jan 12 13:25:41 2021

PCB 0x121542c0, SO 0x1213c0e4, TCPCB 0x12156010, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 359
Local host: 192.168.0.4, Local port: 59050 (Local App PID: 1052958)
Foreign host: 192.168.0.1, Foreign port: 179

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             6          1                 0
SendWnd             0          0                 0
TimeWait            0          0                 0
AckHold             3          2                 0
KeepAlive           1          0                 0
PmtuAger            0          0                 0
GiveUp              0          0                 0
Throttle            0          0                 0

  iss: 3299472269  snduna: 3299473445  sndnxt: 3299473445
sndmax: 3299473445  sndwnd: 31646       sndcwnd: 4308
  irs: 3225544359  rcvnxt: 3225545535  rcvwnd: 31665   rcvadv: 3225577200

SRTT: 89 ms,  RTTO: 530 ms,  RTV: 441 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 19 ms,  maxRTT: 239 ms
```

```
ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 30, connect retry interval: 30 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1436, peer MSS 1436, min MSS 1436, max MSS 1436

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R4#
```

تفاصيل جلسة عمل TCP كما تظهر على R1 - الخامل:

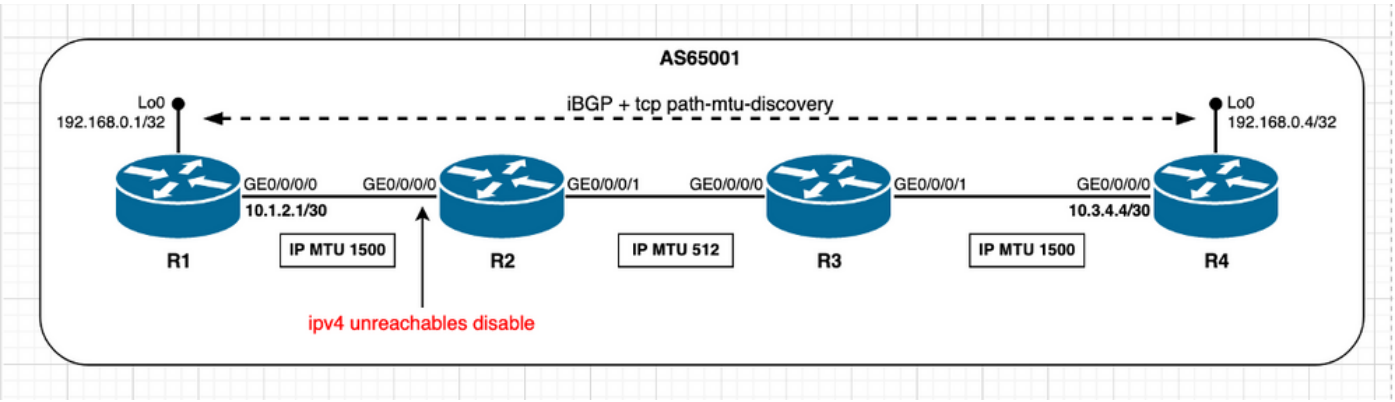
```
! – as seen from R1 – Passive

RP/0/0/CPU0:R1#show tcp detail pcb 0x121560ec
Tue Jan 12 13:25:59.310 UTC
================================================================
Connection state is ESTAB, I/O status: 0, socket status: 0
Established at Tue Jan 12 13:25:31 2021

PCB 0x121560ec, SO 0x121556d4, TCPCB 0x121575bc, vrfid 0x60000000,
Pak Prio: Medium, TOS: 192, TTL: 255, Hash index: 359
Local host: 192.168.0.1, Local port: 179 (Local App PID: 983326)
Foreign host: 192.168.0.4, Foreign port: 59050

Current send queue size in bytes: 0 (max 24576)
Current receive queue size in bytes: 0 (max 32768)  mis-ordered: 0 bytes
Current receive queue size in packets: 0 (max 0)

Timer          Starts    Wakeups         Next(msec)
Retrans             3          0                0
SendWnd             0          0                0
TimeWait            0          0                0
AckHold             3          2                0
KeepAlive           1          0                0
PmtuAger            0          0                0
GiveUp              0          0                0
Throttle            0          0                0

  iss: 3225544359  snduna: 3225545516  sndnxt: 3225545516
sndmax: 3225545516  sndwnd: 31684       sndcwnd: 4308
  irs: 3299472269  rcvnxt: 3299473426  rcvwnd: 31665   rcvadv: 3299505091
```

```
SRTT: 37 ms,  RTTO: 300 ms,  RTV: 244 ms,  KRTT: 0 ms
minRTT: 9 ms,  maxRTT: 239 ms

ACK hold time: 200 ms, Keepalive time: 0 sec, SYN waittime: 30 sec
Giveup time: 0 ms, Retransmission retries: 0, Retransmit forever: FALSE
Connect retries remaining: 0, connect retry interval: 0 secs

State flags: none
Feature flags: MD5, Win Scale, Nagle, Path MTU
Request flags: Win Scale

Datagrams (in bytes): MSS 1436, peer MSS 1436, min MSS 1460, max MSS 1460

Window scales: rcv 0, snd 0, request rcv 0, request snd 0
Timestamp option: recent 0, recent age 0, last ACK sent 0
Sack blocks {start, end}: none
Sack holes {start, end, dups, rxmit}: none

Socket options: SO_REUSEADDR, SO_REUSEPORT, SO_NBIO
Socket states: SS_ISCONNECTED, SS_PRIV
Socket receive buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket send buffer states: SB_DEL_WAKEUP
Socket receive buffer: Low/High watermark 1/32768
Socket send buffer   : Low/High watermark 2048/24576, Notify threshold 0

PDU information:
 #PDU's in buffer: 0
FIB Lookup Cache:  IFH: 0x40  PD ctx: size: 0  data:
 Num Labels: 0  Label Stack:

RP/0/0/CPU0:R1#
```

PMTUD - اكتشاف الثقب الأسود

كما هو موضح مسبقا في القسم **PMTUD - يحتوي مقطع المسار على وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لبروتوكول IP** أقل، يتم تشغيل TCP PMTUD عند تمكينه عن طريق إستقبال رسالة ICMP (الوجهة التي يتعذر الوصول إليها - النوع 3؛ التجزئة المطلوبة - الرمز 4). قد تكون هذه الرسائل غير مستلمة لسبب ما وهي النتائج التي لم يتم تشغيل PMTUD بها. في هذه الحالة، الـ يتم تعلم أقل وحدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لبروتوكول IP للمسار بين نظراء TCP. مثل هذا السيناريو قد يحدث فجوة سوداء محتملة إذا كان لحزم IP المجموعة بت DF وإذا كان لها حجم أعلى من أدنى مقطع مسار IP MTU. يتم إسقاط هذه الحزم بصمت.

يهدف هذا القسم إلى تسليط الضوء على كيفية قيام Cisco IOS XR باكتشاف سيناريو هذه الثغرة المحتملة والعمل عليه. لهذا الغرض، يتم تعطيل ميزة وجهات IPv4 التي يتعذر الوصول إليها في واجهة R2 GE0/0/0 كما هو موضح في الصورة التالية ومخرج واجهة سطر الأوامر (CLI).



الصورة 3.5 - تم تمكين PMTUD على R1/R4 و R2 IPv4 غير القابل للوصول معطل.

تم تعطيل بروتوكولات IPv4 التي تتعذر الوصول إليها في R2:

```
!- R2 - IP unreachables is disabled

RP/0/0/CPU0:R2#show run interface gigabitEthernet 0/0/0/0
Thu May 13 12:09:45.483 UTC
interface GigabitEthernet0/0/0/0
 ipv4 address 10.1.2.2 255.255.255.252
ipv4 unreachables disable
!

RP/0/0/CPU0:R2#show ipv4 interface gigabitEthernet 0/0/0/0
Thu May 13 12:10:04.112 UTC
GigabitEthernet0/0/0/0 is Up, ipv4 protocol is Up
 Vrf is default (vrfid 0x60000000)
 Internet address is 10.1.2.2/30
 MTU is 1514 (1500 is available to IP)
 Helper address is not set
 Multicast reserved groups joined: 224.0.0.2 224.0.0.1 224.0.0.5
     224.0.0.6
 Directed broadcast forwarding is disabled
 Outgoing access list is not set
 Inbound  common access list is not set, access list is not set
 Proxy ARP is disabled
 ICMP redirects are never sent
 ICMP unreachables are never sent
 ICMP mask replies are never sent
 Table Id is 0xe0000000
```

تتمثل الطريقة التي يتعامل بها Cisco IOS XR مع سيناريو القبض الأسود هذه في إعادة إرسال الحزمة نفسها مرتين، وفي حال إستمرار الفشل، فهذا يعني أنه لم يتم تلقي TCP ACK المتوقع، ثم أدع المحاولة ولكن أستخدم قيمة المحطة الأقل تحديد تحديد تحديد جيد (ارجع إلى كتاب دليل مسار الحد الأقصى لوحدة النقل (MTU) الموجود في الملف التالي وه امك **PMTUD - يحتوي مقطع المسار على حدة الحد الأقصى للنقل (MTU) لبروتوكول IP** القسم **الأقل** لقائمة الوحدات). بافتراض، أن Cisco IOS XR هي التي تمكن أن تكون الحالة التي تم حجمها وجاولها في إسقاط الحزمة في المكان المناسب إلى الوجهة الخاصة بها بسبب الحاجة إلى تجزئة الحزمة. التقاط المثال التالي من السلوك مع الحظة هذه العقدة R1 والمخرجات من debug tcp pmtud في واجهة الحزمة المأخوذة في R1.

الكشاف القبض IOS-XR في R1:

```
! – at R1
! – Original BGP Update message is sent
! – Note IP Total Length of 1116 bytes and TCP Segment Length of 1076 bytes
! – R2 filters such packet and send and ICMP error message towards R1 which triggers PMTUD
! – But because IPv4 unreachables are disabled at R2 GE0/0/0/0 ICMP message is not sent
! – Hence BGP message is silently filtered at R2

562    7.638774       192.168.0.1 192.168.0.4 BGP    1130   UPDATE Message, KEEPALIVE Message

Frame 562: 1130 bytes on wire (9040 bits), 1130 bytes captured (9040 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: fa:16:3e:42:18:05 (fa:16:3e:42:18:05), Dst: fa:16:3e:5c:f1:80
(fa:16:3e:5c:f1:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.4
   0100 .... = Version: 4
   .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
   Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)
```

```
   Total Length: 1116
   Identification: 0x4a37 (18999)
   Flags: 0x02 (Don't Fragment)
       0... .... = Reserved bit: Not set
       .1.. .... = Don't fragment: Set
       ..0. .... = More fragments: Not set
   Fragment offset: 0
   Time to live: 255
   Protocol: TCP (6)
   Header checksum: 0x229b [validation disabled]
   [Header checksum status: Unverified]
   Source: 192.168.0.1
   Destination: 192.168.0.4
   [Source GeoIP: Unknown]
   [Destination GeoIP: Unknown]
Transmission Control Protocol, Src Port: 179, Dst Port: 57082, Seq: 318, Ack: 251, Len: 1076
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
Border Gateway Protocol - KEEPALIVE Message
<snip>

! – at R1
! – No TCP ACK is received
! – Packet retransmission is attempted (2 attempts)
! – Note initial MSS value is of 1460 bytes

563    0.560058       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1130   [TCP Retransmission] 179  57082
[PSH, ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=1076
564    1.101367       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1130   [TCP Retransmission] 179  57082
[PSH, ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=1076

! – at R1
! – Still no TCP ACK received; previous retransmissions failed
! – Next lower plateau value is attempted – 1492 bytes
! – Packet retransmission is attempted (2 attempts)

RP/0/0/CPU0:May 13 10:20:44.251 UTC: tcp[399]: [t1] PCB 0x15392224: Trying next lower MTU: 1452

567    1.850294       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1130   [TCP Retransmission] 179  57082
[PSH, ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=1076
568    1.111361       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1130   [TCP Retransmission] 179  57082
[PSH, ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=1076

! – at R1
! – Still no TCP ACK received; previous retransmissions failed
! – Next lower plateau value is attempted – 1006 bytes
! – Packet retransmission is attempted (2 attempts)

RP/0/0/CPU0:May 13 10:20:47.560 UTC: tcp[399]: [t1] PCB 0x15392224: Trying next lower MTU: 966

569    2.198327       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1020   [TCP Retransmission] 179  57082
[ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=966
570    1.109602       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    1020   [TCP Retransmission] 179  57082
[ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 Len=966

! – at R1
! – Still no TCP ACK received; previous retransmissions failed
! – Next lower plateau value is attempted – 508 bytes
! – Original information (TCP Length of 1076 bytes) is split in three distinct packets
! – TCP Segment Lengths 468 + 468 + 140 = 1076
! – TCP ACK is received from peer R4

RP/0/0/CPU0:May 13 10:20:50.870 UTC: tcp[399]: [t1] PCB 0x15392224: Trying next lower MTU: 468

571    2.205552       192.168.0.1 192.168.0.4 TCP    522    [TCP Retransmission] 179  57082
```

[ACK] Seq=318 Ack=251 Win=32593 **Len=468**
573 0.004254 192.168.0.1 192.168.0.4 TCP 522 [TCP Retransmission] 179 57082
[ACK] Seq=786 Ack=251 Win=32593 **Len=468**
574 0.002724 192.168.0.1 192.168.0.4 TCP 194 [TCP Retransmission] 179 57082
[PSH, ACK] Seq=1254 Ack=251 Win=32593 **Len=140**

! – Peer R4 TCP ACK is received

575 0.223172 192.168.0.4 192.168.0.1 TCP 54 57082 179 [ACK] Seq=251 Ack=1394 Win=31469 Len=0

حول هذه الترجمة
ترجمت Cisco هذا المستند باستخدام مجموعة من التقنيات الآلية والبشرية لتقديم محتوى دعم للمستخدمين في جميع أنحاء العالم بلغتهم الخاصة. يُرجى ملاحظة أن أفضل ترجمة آلية لن تكون دقيقة كما هو الحال مع الترجمة الاحترافية التي يقدمها مترجم محترف. تخلي Cisco Systems مسئوليتها عن دقة هذه الترجمات وتُوصي بالرجوع دائمًا إلى المستند الإنجليزي الأصلي (الرابط متوفر).