(19)   **(KR)**
(12)   **(B1)**

(73)
      416

(72)
      3   2   102 504

      3   528 103

      1304   3   3   331-1602

      3   2 1101

(74)

:

(54)

IP   (node)   PMTU (path maximum transmission unit)   , (a)
MTU (maximum transmission unit)   ; (b)   MTU
      MTU
      PMTU .

5

1   MT U
2   IPv6
3(a)   ICMPv6
3(b)   ICMP- Packet T oo Big
4(a)   ICMP- Packet T oo Big
4(b)   ICMP- PMT U D
5   PMT U
6
7(a)   PMT U   PMT U
7(b)   PMT U   PMT U

(maximum transmission unit: MT U)   (discovery)
.
IPv4(internet protocol version 4)   32
(internet protocol: IP)   .   , 128
IPv6(internet protocol version
6)   .
IPv4   MT U   (fregmentation
)   .   , IPv6   IPv4   (source node)
,   MT U   ,   MT U
,   IPv6   .
,   IPv6   ,   (source node)   (destination node)
                        MT U   ,
        MT U ,   MT U (path MT U: PMT U) (, 'PMT U'   )   .
        PMT U   ,   ,   MT
U   .
                                        MT U   ,   (disca
rd),   MT U   ICMP- Packet T oo Big   .
        ICMP- Packet T oo Big   MT U   (refregmentation)
.   .

1   (110)   (150)   MT U   6, 5, 4, 3
PMT U   PMT U   .
            , 1   PMT U   PMT U   .
        ,   (110)   1   (120)   MT U   6   (MT U =6)   1   (1
20)   .
1   (120)   (MT U =6)   MT U   , 5   , (
MT U =6)   ,   MT U   ,   MT U = 5   ICMP   ,   ICMP Packet T oo b
ig   (MT U =5)   ,   (110)   .
        (110)   1   (120)   ICMP   (MT U =5)   A (120)
    MT U   ,   MT U = 5   ,   ,   (MT U =5)   (150)
.
2   (130)   (MT U =5)   MT U   ,   MT U = 4   ,
            (MT U =5)   ,   MT U   ICMP   (MT U =4)
    ,   (110)   ,   (110)   MT U =4
    ,   (MT U =4)   (150)   .
    ,   3   (140)   1   B   (MT U =4)   MT U   ,
MT U = 3   ,   (MT U =4)   ,   MT U   ICMP
        (MT U =3)   ,   (110)   ,   (110)
    MT U   ,   (MT U =3)   (150)   .

, PMT U PMT U
, .

, PMT U
.

, IP PMT U (path maximum trans
mission unit) (a) MT U (maximum transmission unit)
; (b) MT U , ,
, MT U ,
.
, PMT U IPv6
(internet control management protocol: ICMP) , 'T YPE' O 12
7 ICMP , IPv6 ICMP , 'T YPE' 128
255 ICMP .
, PMT U (b)
MT U , (b)
.
, PMT U (c)
MT U , , ,
(c)
.
, PMT U (d) (b)
MT U , ,
(c) MT U , ,
, , (b)
(discard) .
, IP PMT U
MT U ;
MT U ,
; MT U ,
.
, PMT U
MT U ,
.
, PMT U
, MT U , ,
.
, PMT U
MT U , ,
MT U , , ,
(b) (discard)
.
, PMT U IPv6
, (bridge), .
,
(node): IPv6
(router): (explicitly) IPv6 (forwarding)
(host):
(upper layer):IPv6 . T CP U DP ICMP

PMT U D(path maximum transmission unit discovery) Minimizing Packet: ICMP
(link): (communication facility) (medium)
(packet): IPv6 (payload)
MT U (link MT U):

(path):

PMTU(path MTU):   MTU
,   .

2   IPv6   .
IPv6   40   , 2 'Version' IP   , 'Payl
oad Length' IP   . , 'Next Header' IP
, 'Hop Limit' IP   (hop)   . , 'So
urce Address' 'Destination Address'
, 128   .

3(a)   ICMPv6   .
ICMPv6   'TYPE'   O ~ 127   , 128 ~ 255
. PMTU   ICMP-Packet Too Big
'TYPE'   2   .

3(b)   ICMPv6   'TYPE'   2   ICMP-Packet Too Big
.
ICMPv6   'TYPE'   2   , 'Code'   (sender)   O   ,
(reciever)   . , 'MTU'   (next-hop link) MTU   .
ICMP-Packet Too Big   IP   .

4(a)   PMTU   ICMP-Packet Too Big
. 4(a)   ICMP-Packet Too Big   'Code'   'O'   '1'
3(b)   ICMP-Packet Too Big   .
ICMP-Packet Too Big   'Code'   'O
'   ,   'TYPE'   143   PMTUD   (PMTUD Minimizing Packet)
ICMP-Packet Too Big   'Code'   '1'   .
PMTU   'Code'   'O'   '1'   ,
'Code'   'O'   3(b)   ICMP-Packet Too Big   ,
PMTU   .

4(b)   PMTU   ICMP   , ICMP-PMTUD
.   ICMP   128   ~ 255   , 142
.
ICMP   'TYPE'   143
ICMP   ,   . ,   'TYPE'   143
'TYPE'   PMTU   .

4(b)   ICMP   'TYPE'   PMTUD
143   , 'Code'   'O'   .
, 'MTU'   MTU   ,
,   ICMP   , PMTUD   ICMP Packet Too Big
,   MTU   (dummy data)
.
PMTU   4(a)   ICMP Packet Too Big   4(b)   ICM
P   ICMP-PMTUD   .
PMTU   ,   MTU
,   MTU   4(a)
ICMP-Packet Too Big   , ICMP-Packet Too Big
,   MTU   4(b)   ICMP-PMTUD   .
,ICMP-PMTUD   MTU
,   ICMP-PMTUD   ,   MTU
ICMP-Packet Too Big   . , ICMP-Packet Too Big   'Code'
1   .   ,   MTU   ICMP-PMTUD
.
,   'Code'   O ICMP Packet Too Big   , ICMP Packet Too Big
MTU   ,   .
,   ICMP Packet Too Big   MTU
, 'Code'   1 ICMP Packet Too Big   , ICMP Packet Too Big
MTU   .
,   'Code'   O ICMP Packet Too Big   , ICMP Packet Too Big
MTU   , 'Code'   1 ICMP Packet Too Big
,   , 'Code'   1 ICMP Packet Too Big

MTU　　　　　　.
　　　　　'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big　　　　　　　　, 'Code'　　　0　ICMP Pa
cket Too Big　　　　MTU　　　　　,　　　　　　　　　　　　　　　　　　　,
　　　　　　　　　　　　　　'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big
　　　　　　　　　.

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　.
'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big　　　　　　　,　　　　　　　　　　　　　　　　IC
MP-PMTUD　　　　　　　　　　,　　　　　,　PMTU　　6
　　　　　　,　　　.　　　　　　　　　　　,
　　　　,　　PMTU　　　　　　　　　　　　　　,
.

　PMTU　　　　　　　　　　　　　,　　　　'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big
　　　　　　,　　　　　　　'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big
　　　　　ICMP-Packet Too Big　　　　　　　　　　　,'
Code'　　　0　ICMP Packet Too Big　　　　　.
,'Code'　　　1　ICMP Packet Too Big　　　　　　　　　　　,
ICMP Packet Too Big　　　　　　　　　　　ICMP
Packet Too Big　　　　　　　,
.
,　　　　PMTU　　　　　,　　　　　　　
PMTU　　　　　　　　PMTU
.
5　　　(510)　　　(550)　　　MTU　6, 5, 4, 3
PMTU　　　　　　PMTU　　　　　　　.
,　5　　　,　　　4(a)　　ICMP Packet Too Big　　4(b)
ICMP　　　　ICMP PMTUD　　　PMTU　　　.
5　　　　　　(510)　ICMP Packet Too Big　'Code'　0　1
,　　　　　　PMTU　　　,
.
, 1　(520), 2　(530), 3　(540)　　　　ICMP Packet Too Big
'Code'　0　1　,　4(a)　ICMP Packet Too Big　4(b)
ICMP　　　ICMP-PMTUD　　　　　.　,　　ICM
P-PMTUD　　　,　ICMP-PMTUD　　　　　,
,　PMTU　　　　,　6　　　　,　(
)　.
(510)　　　MTU　,　MTU = 6　　　　(550)　.
1　(520)　　　　MTU　,5　　　　MTU
,　MTU = 5　ICMP Packet Too Big　(510)　.　,
ICMP　'Code'　0
.　,1　(520)　MTU=5　4(b)　ICMP-PMTUD
(550)　.
2　(530)　1　(520)　ICMP-PMTUD　　MTU
= 4　,　　MTU　,　MTU = 4　ICMP Packet Too Big
(510)　.　,　ICMP-PMTUD　'Code'
1　.　,2　(530)　ICMP-PMTUD　,1　(520)　ICM
P-PMTUD　'MTU','Source Address', 'Destination Address'　,
6　.　,2　(530)　MTU=4
ICMP-PMTUD　(550)　.
3　(540)　2　(530)　ICMP-PMTUD　MTU
= 3　,　　MTU　,　MTU = 3　ICMP Packet Too Big
(510)　.　,　ICMP-PMTUD　'Code'
1　.　,3　(540)　ICMP-PMTUD　,2　(530)　IC
MP-PMTUD　'MTU','Source Address', 'Destination Address'
,　MTU=3　ICMP-PMTUD　(550)
.
,　(510)　1　(520)　'Code'　0　ICMP Packet Too Big　,
MTU　,　MTU = 5　　,　.

, 1 (520) 'Code' 0 ICMP Packet Too Big MTU ,
MTU = 5 , 2 (530) 'Code' 1 ICMP Pack
et Too Big , ICMP Packet Too Big , 'C
ode' 1 ICMP Packet Too Big MTU , MTU = 4
.

, (510) 'Code' 1 ICMP Packet Too Big , 'Code' 0 IC
MP Packet Too Big MTU , MTU=5 , MTU=5
2 (530) , 2 (530) MTU 4 , 2 (530)
.

, 2 (530) 1 (520) ICMP-PMTUD 'MTU', 'Source Address',
'Destination Address' ,
, ICMP . ,
.

4(a) ICMP Packet Too Big 4(b) ICMP ICMP-PMTUD
. ,
PMTU , PMTU .
7 (a) (b) MTU PMTU
PMTU PMTU (time fl
ow) .
7 (a) (b) PMTU , PMTU
PMTU , .
, .
.

. ROM, RAM, CD-ROM, , , ,
, , ( )
. ,
.

, PMTU , PMTU
PMTU ,
.

(57)

1.
IP (node) PMTU(path maximum transmission unit)
,
(a) MTU(maximum transmission unit) ;
(b) MTU , ,
, MTU ,
.

2.
1 , IPv6(internet protocol version 6) (internet co
ntrol management protocol: ICMP) , 'TYPE' 0 127 ICMP
.

3.
1 , IPv6 ICMP-Packet Too Big .

4.
1 , (b) MTU
.

5.
1 , IPv6 ICMP , 'TYPE' 128 255 I
CMP .

6.

1   (b)
.

7.
1   (c)   ,
MTU   ,   ,
.

8.
7   (d)   (b)
MTU   ,   ,   (c)   MTU   ,
,   ,   (
b)   (discard)
.

9.
IP   PMTU   ,
MTU   ;
MTU   ,
;
MTU   ,
.

10.
9   ,   IPv6   ICMP   , 'TYPE'   0   127   ICMP
.

11.
9   ,   IPv6   ICMP- Packet Too Big   .

12.
9   ,   MTU   .

13.
9   ,   IPv6   ICMP   , 'TYPE'   128   255   I
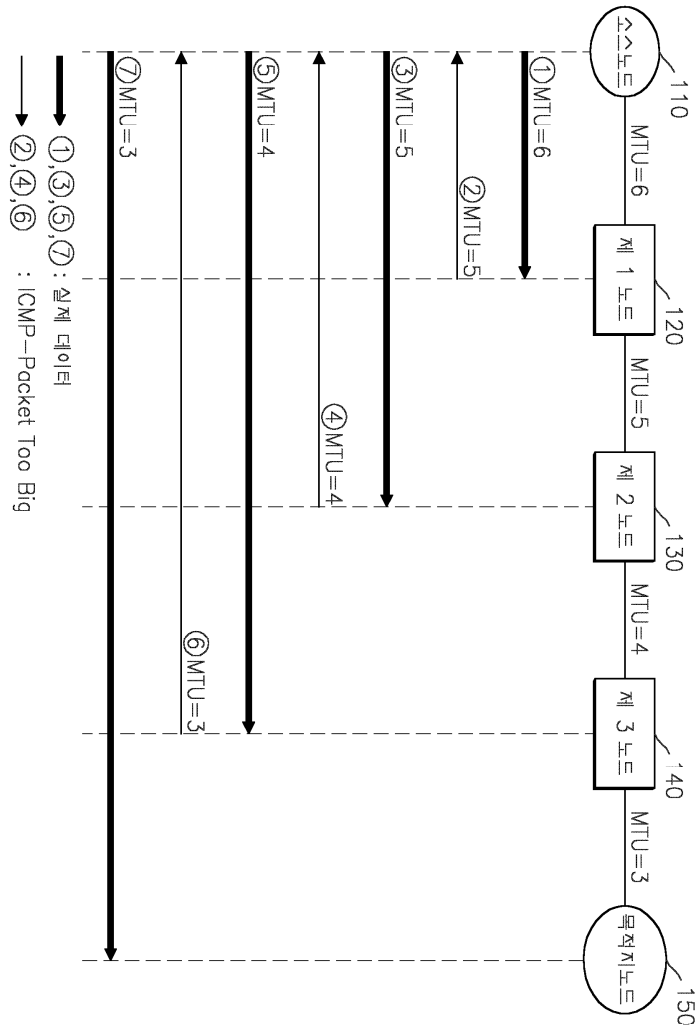CMP   .

14.
9   ,
.

15.
9   ,   ,
MTU   ,   ,   .

16.
15   ,   MTU   ,
,   MTU   ,   (b)   ,   ,
,   (b)
.

17.
9 ,   10 ,   11 ,   12   IPv6   .

1

소스노드 /110

MTU=6

①MTU=6

②MTU=5

제 1 노드 /120

MTU=5

③MTU=5

④MTU=4

제 2 노드 /130

MTU=4

⑤MTU=4

⑥MTU=3

제 3 노드 /140

MTU=3

⑦MTU=3

목적지노드 /150

①,③,⑤,⑦ : 실제 데이터
②,④,⑥ : ICMP-Packet Too Big

2

Version	Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

3a

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|      Type       |      Code       |           Checksum          |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                                                               |
+                        Message Body                           +
|                                                               |
```

3b

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Type(=2)     |    Code(=0)     |           Checksum          |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                              MTU                              |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                   As much of invoking packet                  |
+              as will fit without the ICMPv6 packet            +
|            exceeding the minimum IPv6 MTU [IPv6]              |
```

4a

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Type(=2)     |  Code(=0 or 1)  |           Checksum          |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                              MTU                              |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                   As much of invoking packet                  |
+              as will fit without the ICMPv6 packet            +
|            exceeding the minimum IPv6 MTU [IPv6]              |
```

4b

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|    Type(=143)   |    Code(=0)     |           Checksum          |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                              MTU                              |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                                                               |
+                        Message Body                           +
|                                                               |
```

도 5

소스노드 510 — MTU=6 — 제 1 노드 520 — MTU=5 — 제 2 노드 530 — MTU=4 — 제 3 노드 540 — MTU=3 — 목적지노드 550

①MTU=6
②MTU=5 ③MTU=5
④MTU=4 ⑤MTU=4
⑥MTU=3 ⑦MTU=3
⑧MTU=3

①,⑧ : 실제 데이터
②,④,⑥ : ICMP-Packet Too Big
③,⑤,⑦ : ICMP-PMTUD 최소화 패킷

도 6

소스노드	목적지노드	MTU
A	B	C
D	E	F
⋮	⋮	⋮

7a

시간

소스노드(6)　제 1 노드(5)　제 2 노드(4)　제 3 노드(3)　목적지노드

0　데이터

1　ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 5

2　데이터

3　ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 4

4　데이터

5　ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 3

6　데이터

: 실제 데이터

: ICMP-Packet Too Big(Code0, Code1)

7b

시간

소스노드(6)   제 1 노드(5)   제 2 노드(4)   제 3 노드(3)   목적지노드

0 ────────── 데이터

ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 5
ICMP-PMTUD 최소화패킷 다음 링크 MTU = 5

1

ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 4

2

ICMP-PMTUD 최소화패킷 다음 링크 MTU = 4

ICMP-Packet Too Big 다음 링크 MTU = 3

3

ICMP-PMTUD 최소화패킷 다음 링크 MTU = 3

4 ────── 데이터

: 실제 데이터
: ICMP-Packet Too Big(Code0, Code1)
: ICMP-PMTUD 최소화 패킷