LISP tutorial

Damien Saucez
Olivier Bonaventure

Agenda

- Introduction
- Locator/Identifier Separation Protocol (LISP)
  - LISP in a nutshell
  - LISP data-plane
  - LISP control-plane
  - The reachability problem
  - Evaluation
- Conclusion

Introduction

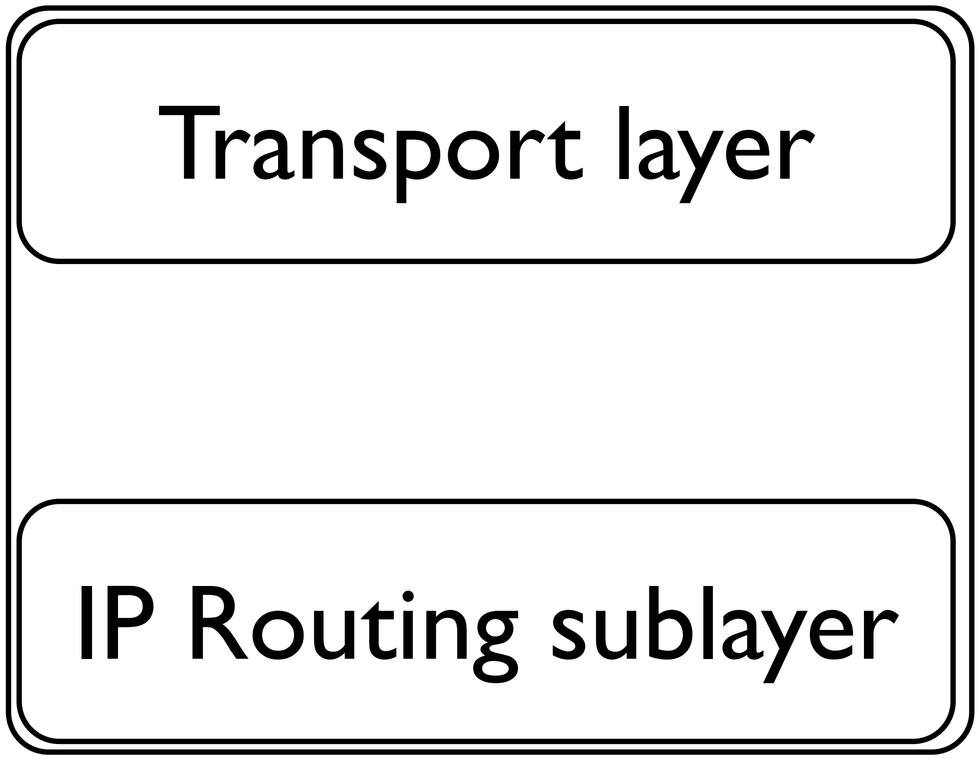
The complementary roles of IP addresses

- The IP addresses currently used by endhosts play two complementary roles
  - Identifier role: the IP address identifies (with port) the endpoint of transport flows
  - Locator role: the IP address indicates the paths used to reach the endhost
    - these paths are updated by routing protocols after each topology change

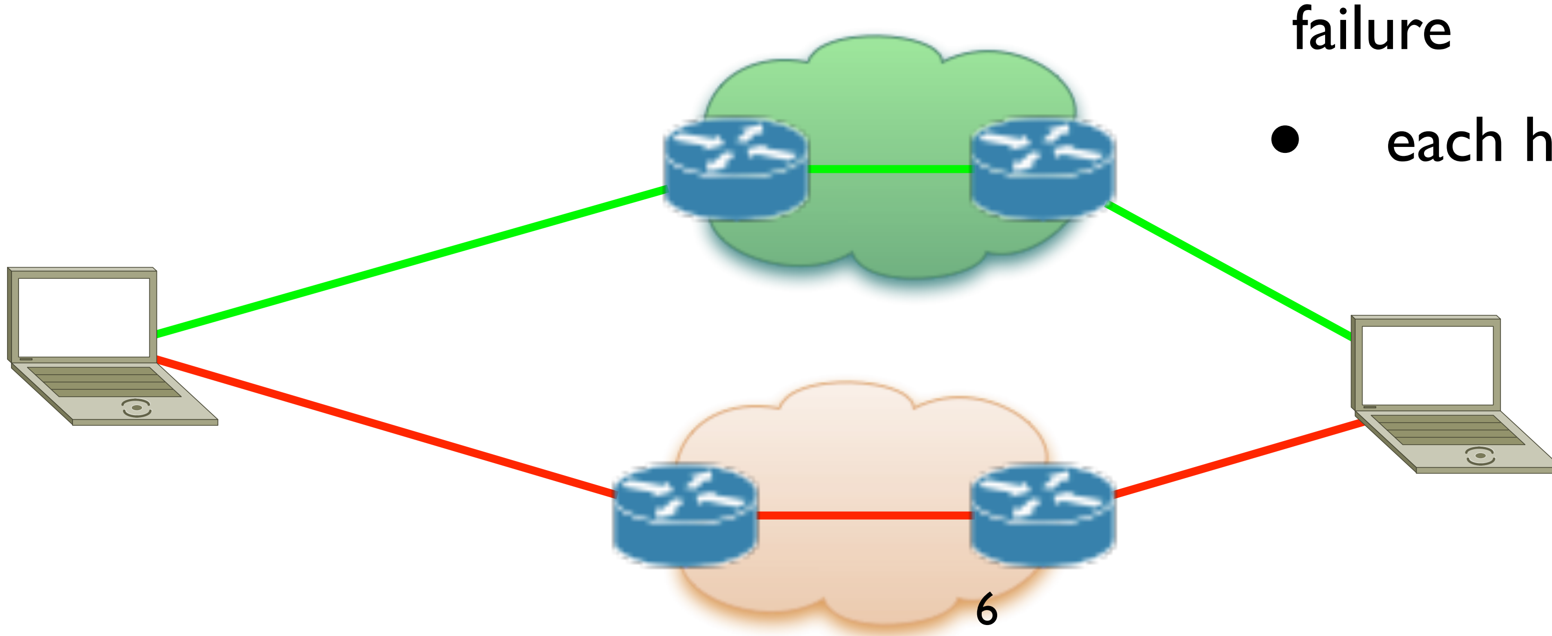
The Locator/Identifier Separation

- Today, changing the locator means changing the identifier, breaking the pending flows
- Separating the locator and the identifier roles to avoid breaking the flows
  - Host-based approach
  - Network-based approach

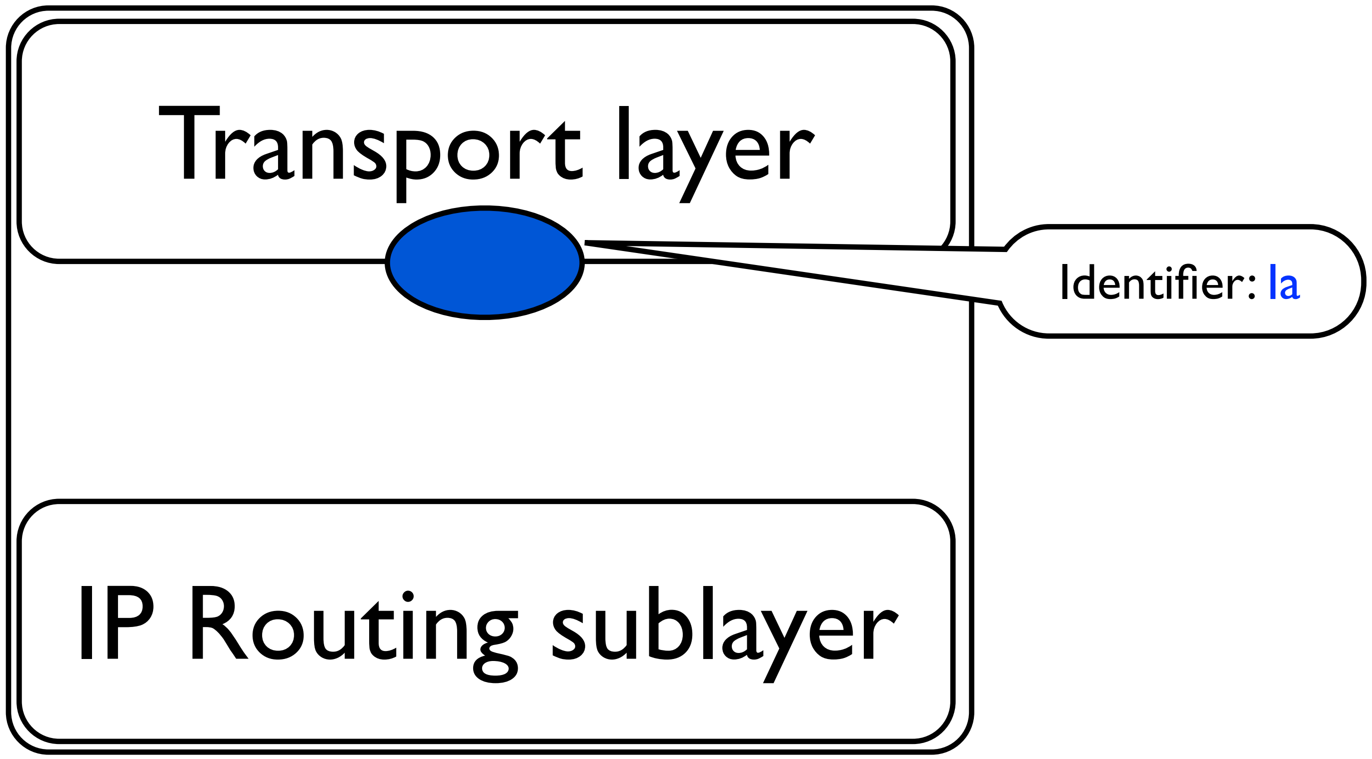
Host-based Loc/ID split



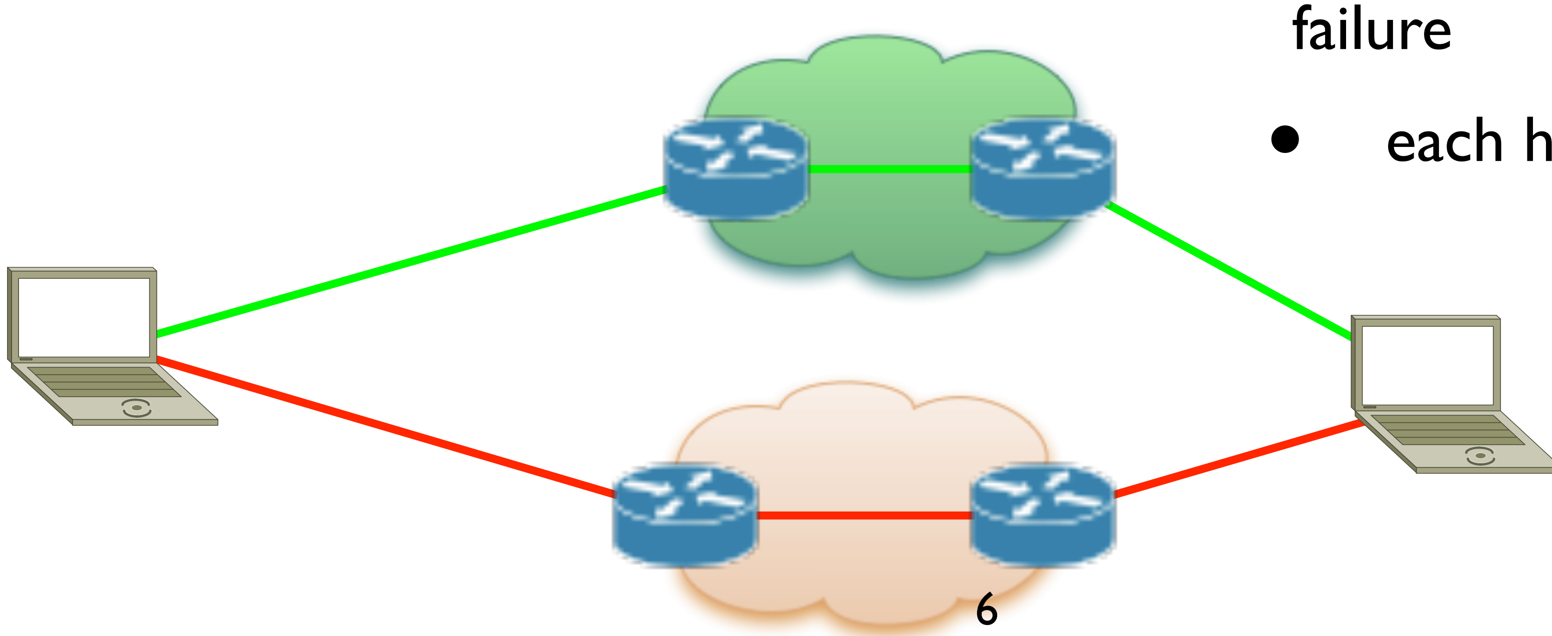
- Roles
  - Translates the packets so that
    - Transport layer always sees only the host identifier
    - IP Routing sublayer sees only locators
  - Manages the set of locators
  - Securely switches from one locator to another upon move or after link failure
    - each host maintains some state



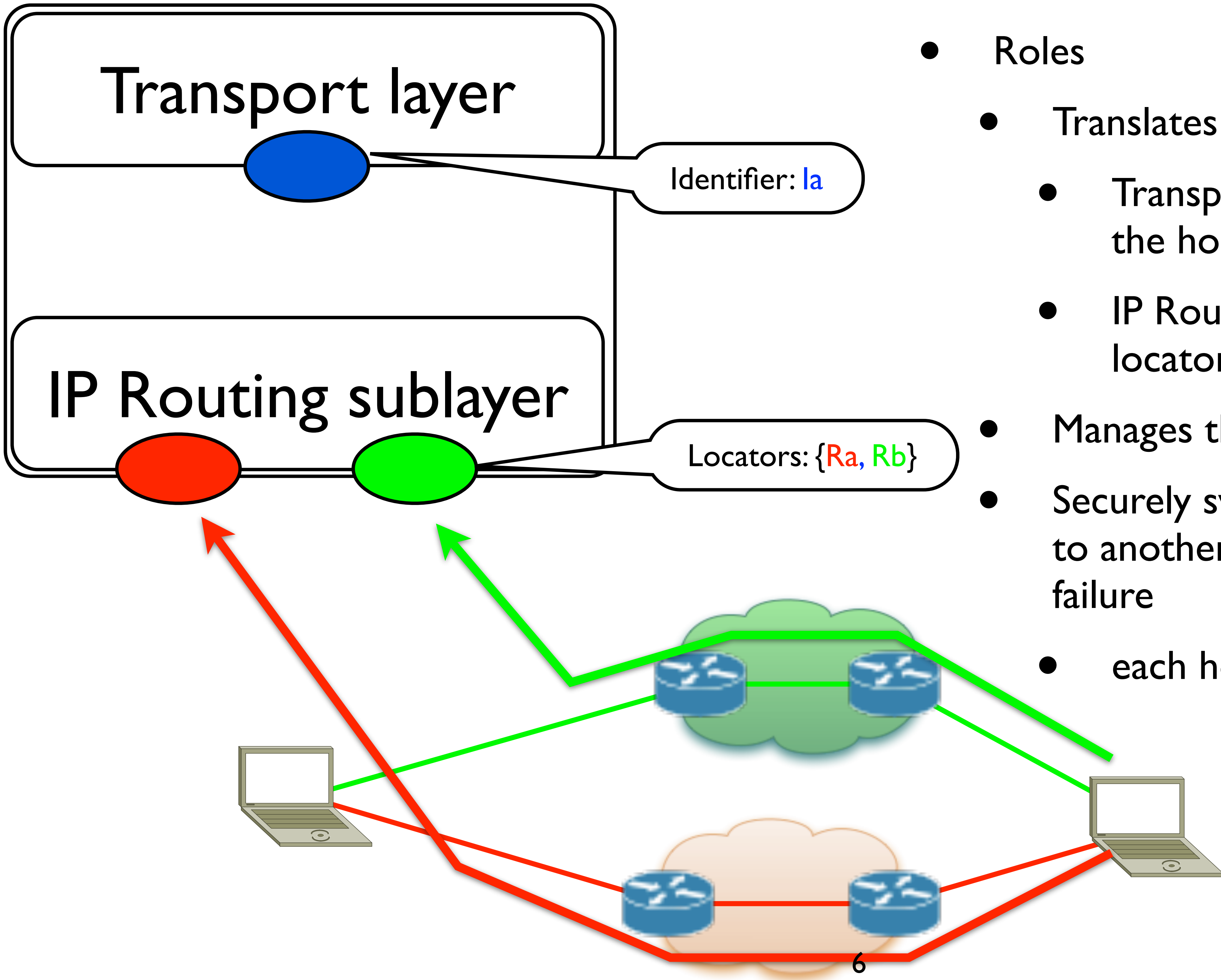
Host-based Loc/ID split



- Roles
  - Translates the packets so that
    - Transport layer always sees only the host identifier
    - IP Routing sublayer sees only locators
  - Manages the set of locators
  - Securely switches from one locator to another upon move or after link failure
    - each host maintains some state

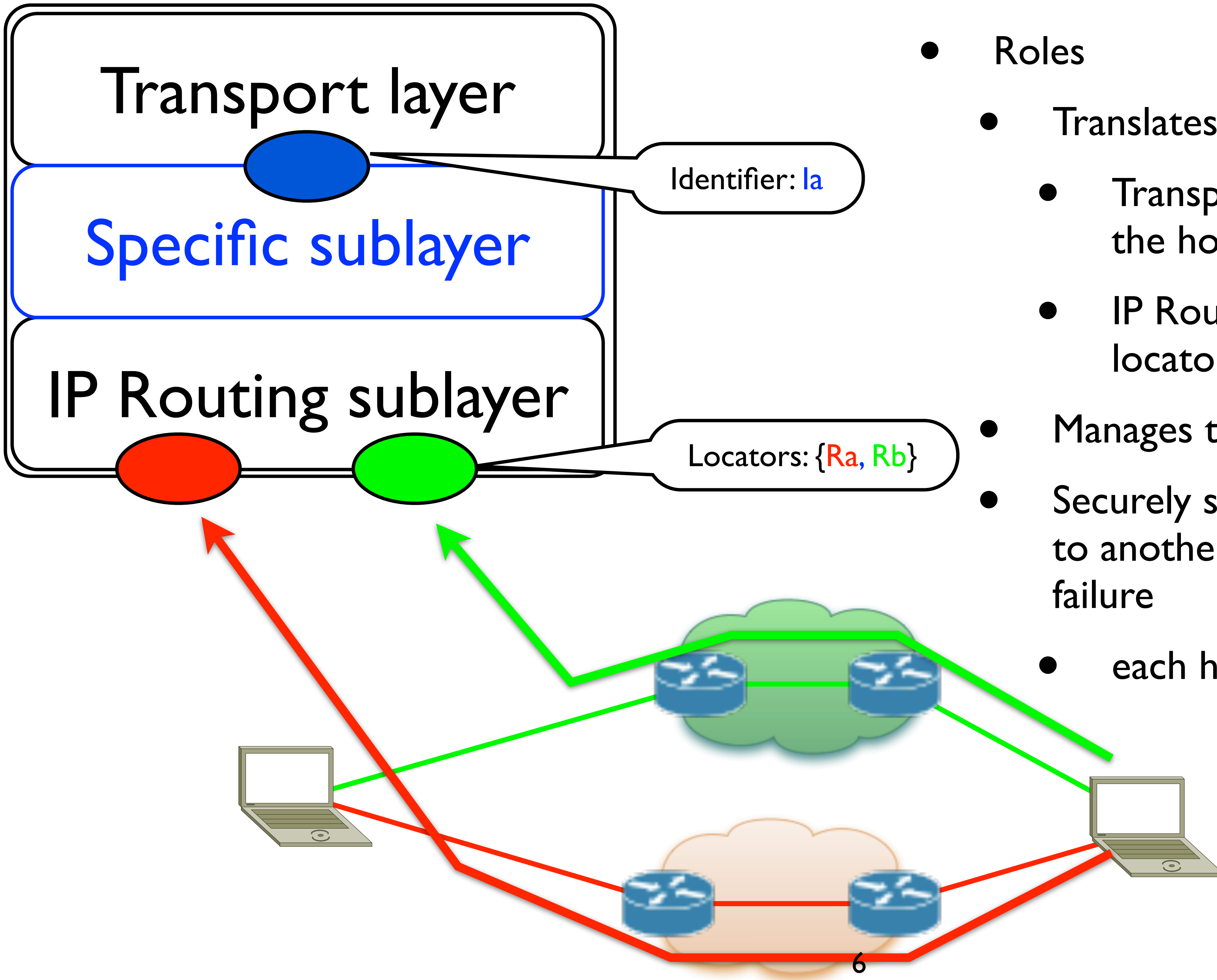


Host-based Loc/ID split



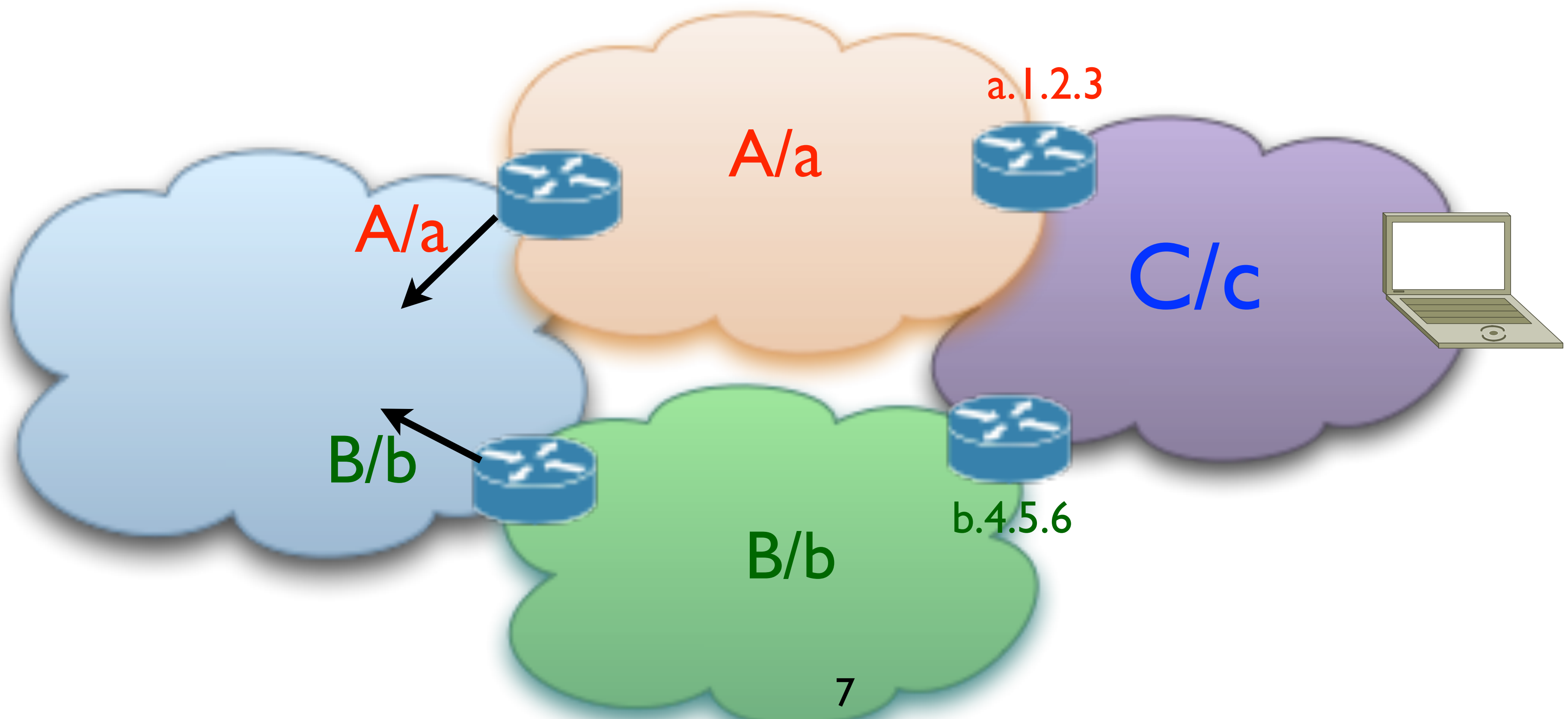
- Roles
  - Translates the packets so that
    - Transport layer always sees only the host identifier
    - IP Routing sublayer sees only locators
  - Manages the set of locators
  - Securely switches from one locator to another upon move or after link failure
    - each host maintains some state

Host-based Loc/ID split



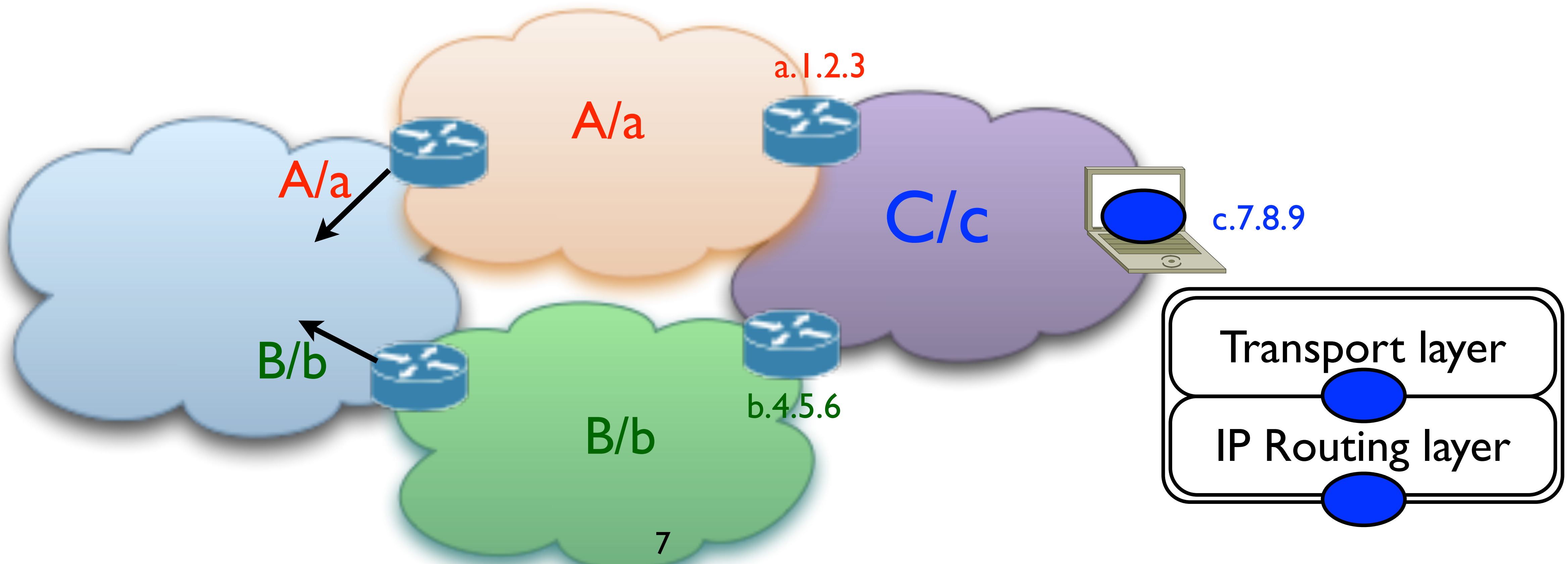
- Roles
  - Translates the packets so that
    - Transport layer always sees only the host identifier
    - IP Routing sublayer sees only locators
  - Manages the set of locators
  - Securely switches from one locator to another upon move or after link failure
    - each host maintains some state

Network-based Loc/ID split



Network-based Loc/ID split

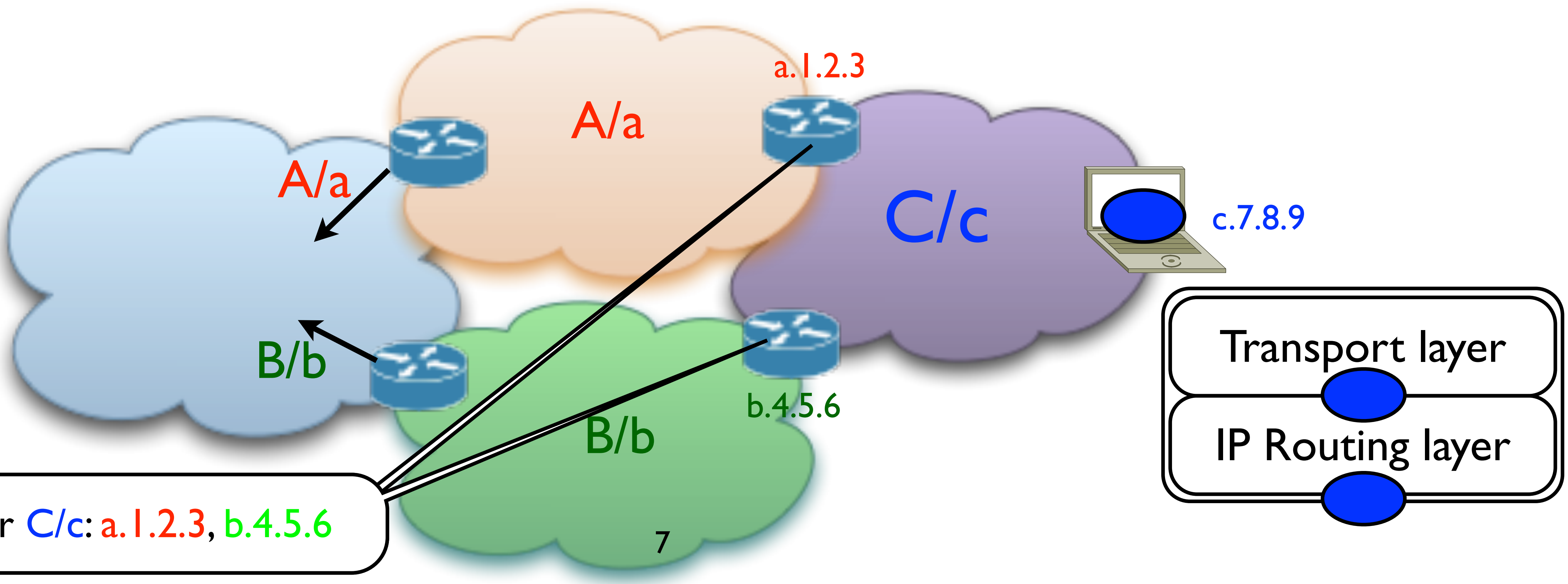
- Host's IP stack unchanged
  - Each host has one stable IP address
  - used as identifier
  - **not globally routable**



Network-based Loc/ID split

- Each edge router owns
  - globally routed addresses used as locators
- **Mapping mechanism** is used to find locators associated to one identifier
- Packets from hosts are modified before being sent on Internet

- Host's IP stack unchanged
  - Each host has one stable IP address
  - used as identifier
  - **not globally routable**



Locators for C/c: a.1.2.3, b.4.5.6

Locator/Identifier Separation Protocol (LISP)

LISP in a nutshell

LISP Main Design Goals

- Minimize required changes to Internet
- No end-systems (hosts) changes
- Be incrementally deployable
- No router hardware changes
- Minimize router software changes

Alternative deployments?

- LISP's first intention is to improve the global Internet
- What about using LISP in:
  - enterprises environments (VPNs)
  - datacenter

The Locator Identifier Separation Protocol (1/2)

- Define a router-based solution where current IP addresses are separated in two different spaces:
  - **EndPoint Identifiers (EID)**
    - identify end-hosts
    - non-globally routable
    - hosts in a given site are expected to use EIDs in the same prefix
  - **Routing Locators (RLOC)**
    - attached to routers (router interfaces)
    - globally routable

The Locator Identifier Separation Protocol (2/2)

- Follows the Map-and-Encap principle
  - A **mapping system** maps EID prefixes onto site routers RLOCs
  - Routers **encapsulate** the packets received from hosts before sending them towards the destination RLOC
  - Routers **decapsulate** the packets received from the Internet before sending them towards the destination hosts

Terminology

- **Ingress Tunnel Router (*ITR*)**: a router which accepts a packet containing a single IP header. The router maps the destination address of the packet to an RLOC and prepends a LISP header before forwarding the encapsulated packet.
- **Egress Tunnel Router (*ETR*)**: a router which accepts a LISP encapsulated packet. The router strips the LISP header and forwards the packet based on the next header

Terminology

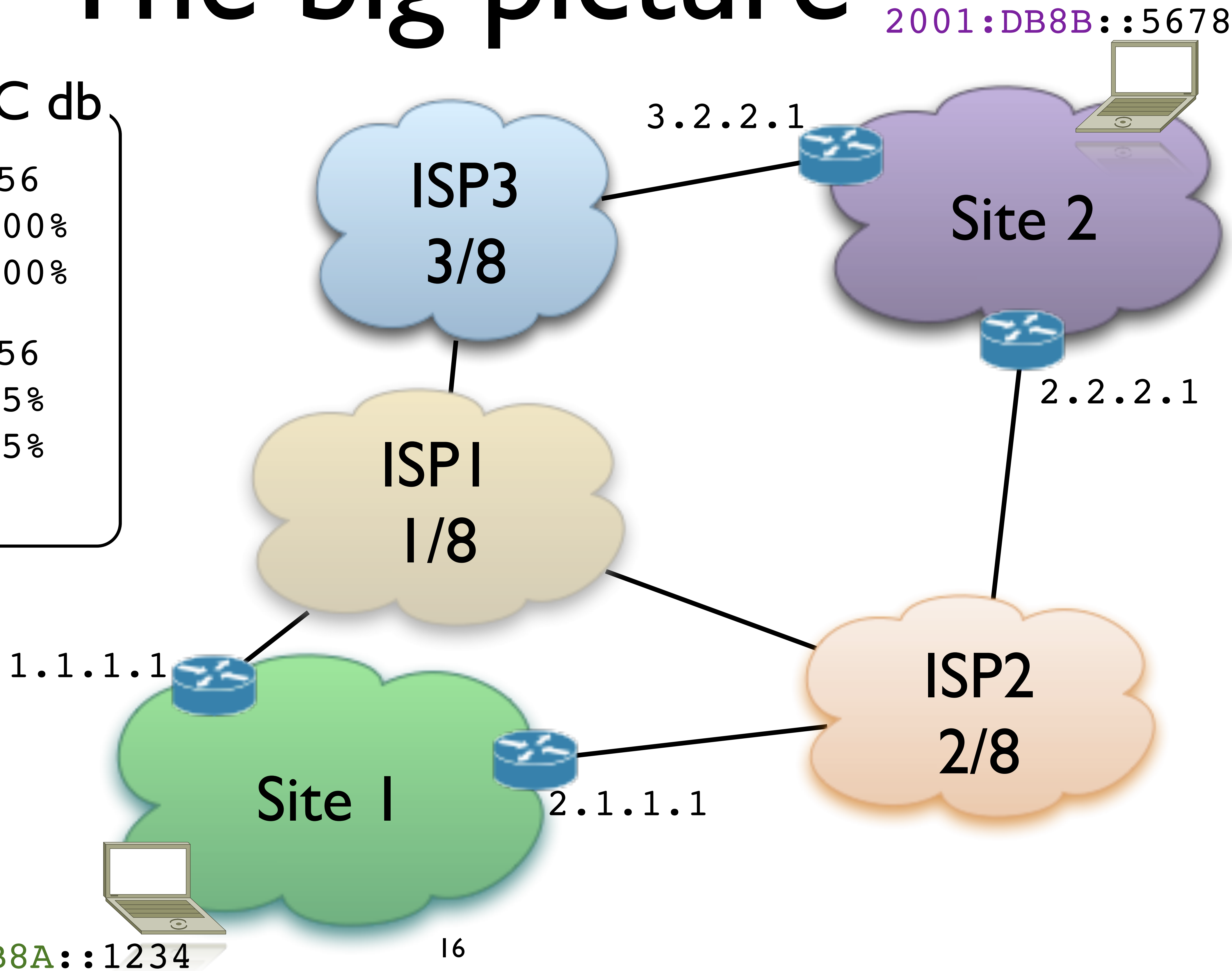
- **EID-to-RLOC Database**: a globally distributed database that contains all know EID-prefix to RLOC mappings
- **LISP Cache**: EID-to-RLOC Database stored at the ITR
- **LISP Database**: EID-to-RLOC Database stored at the ETR

The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

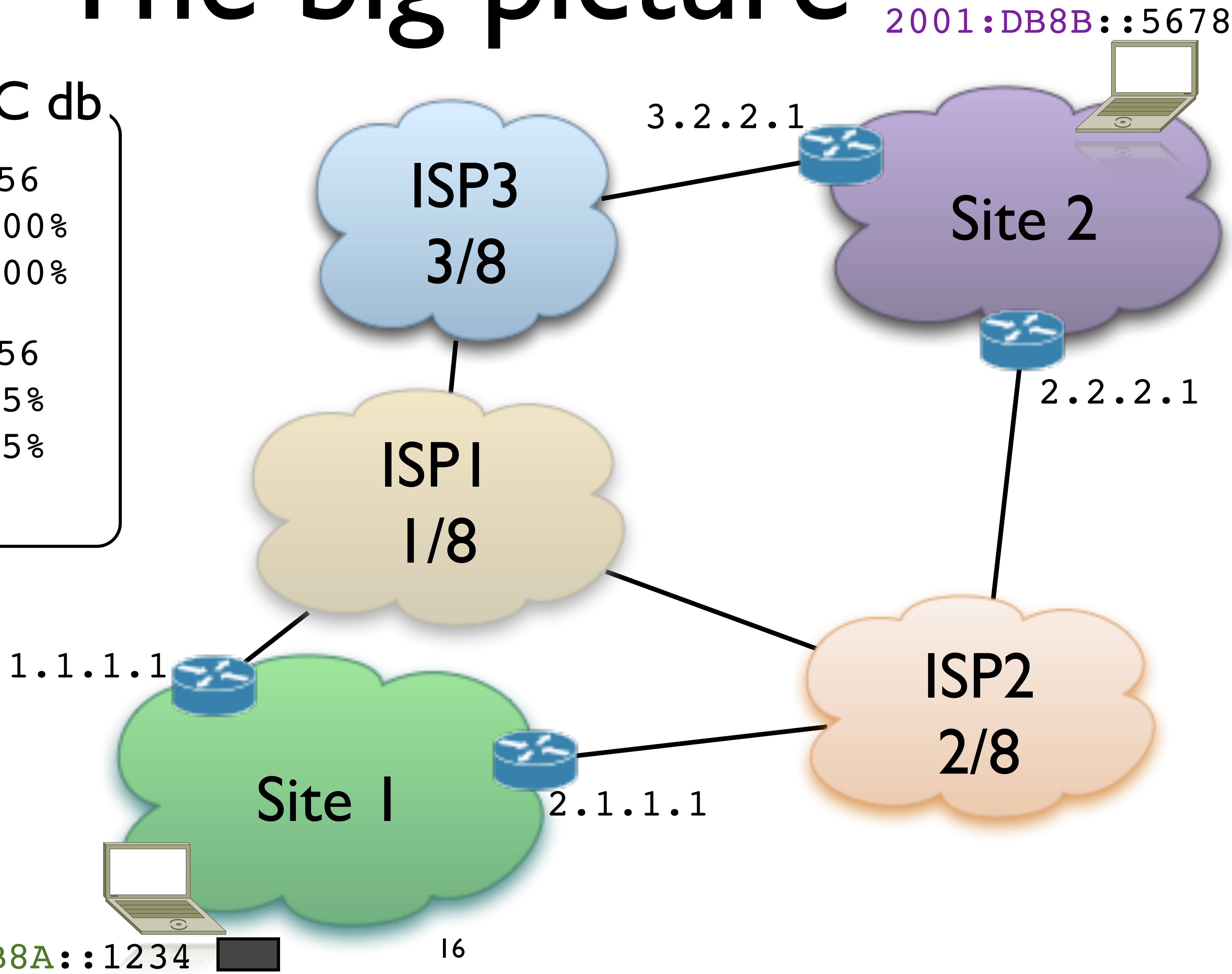


The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

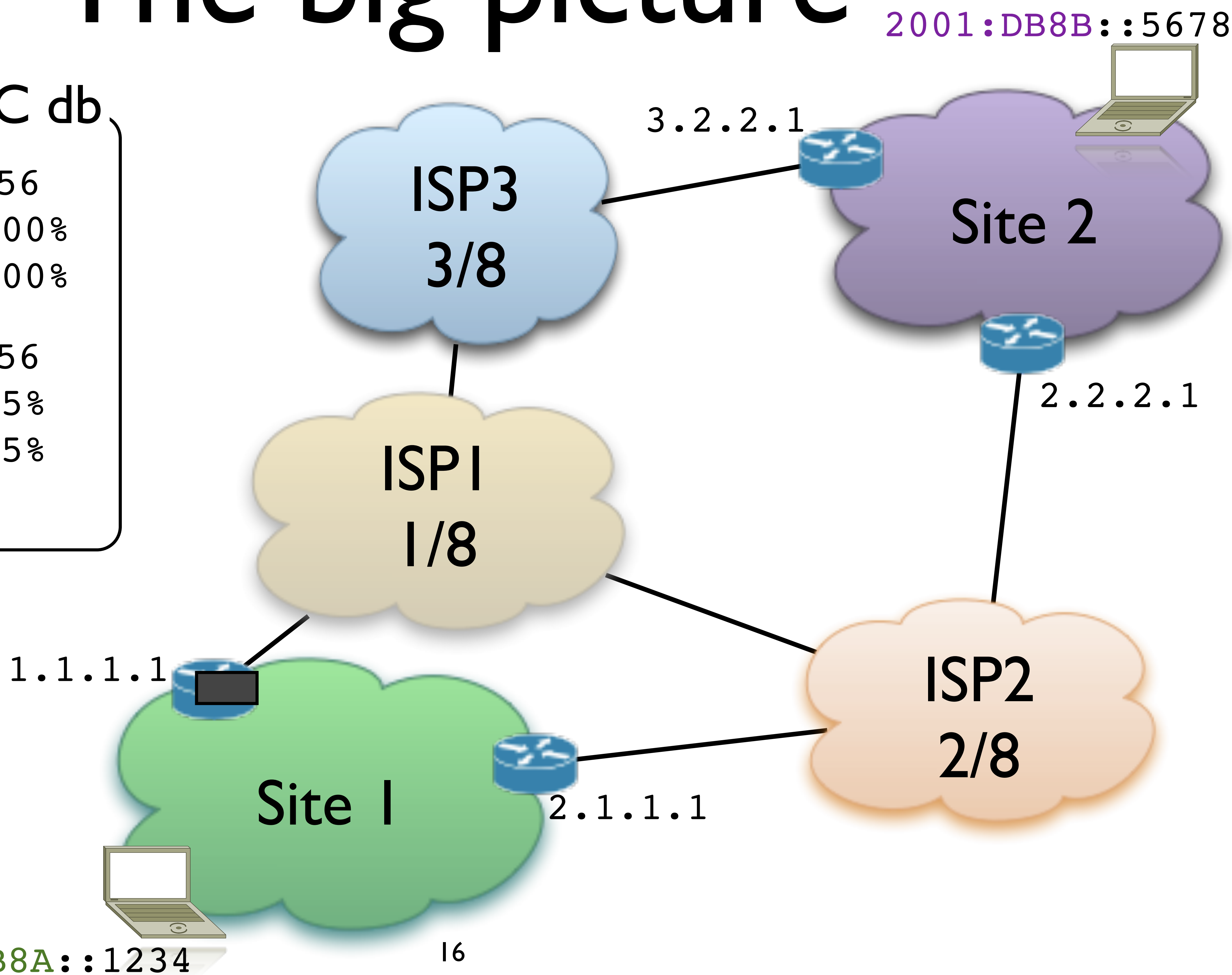


The big picture

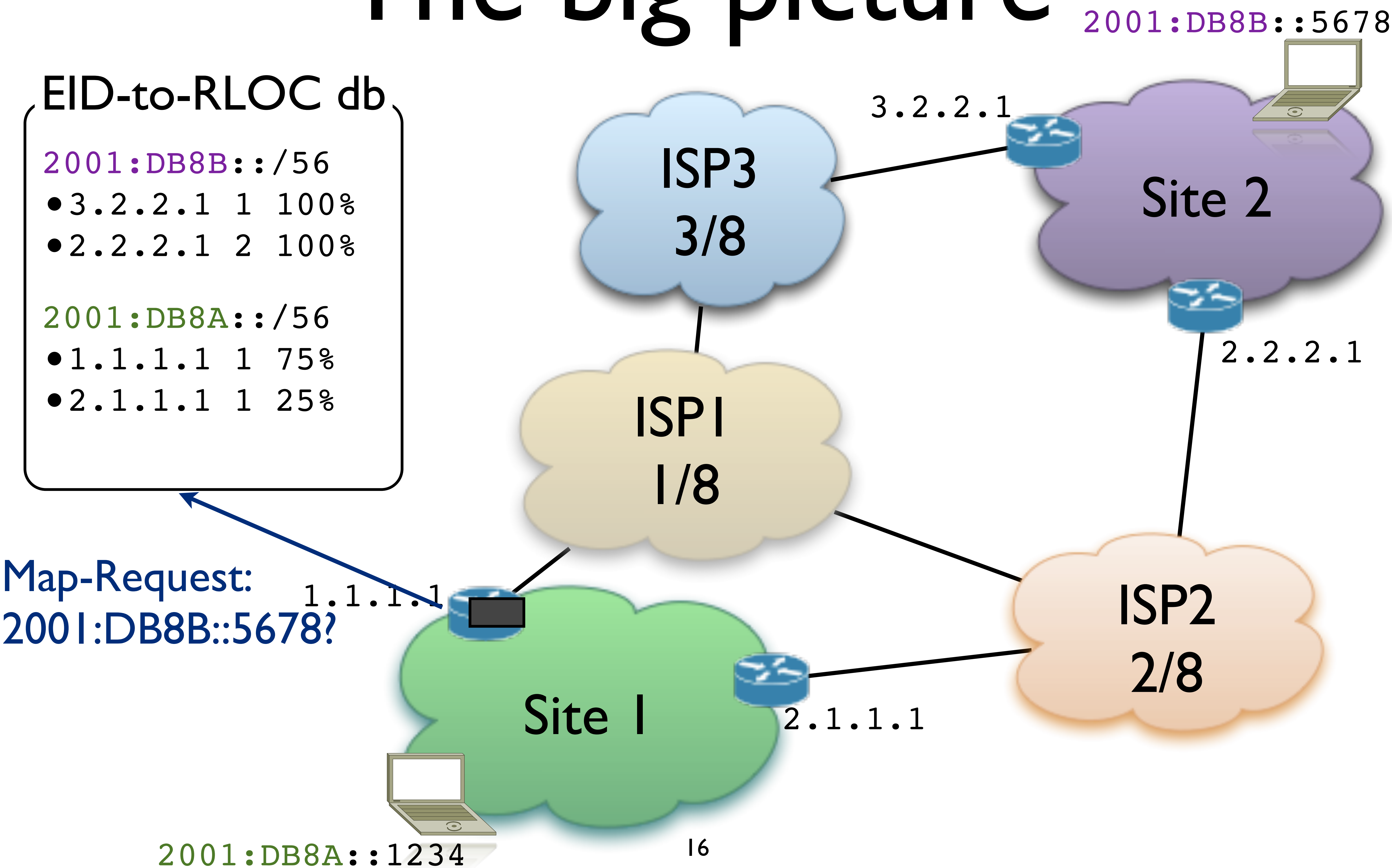
EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%



The big picture



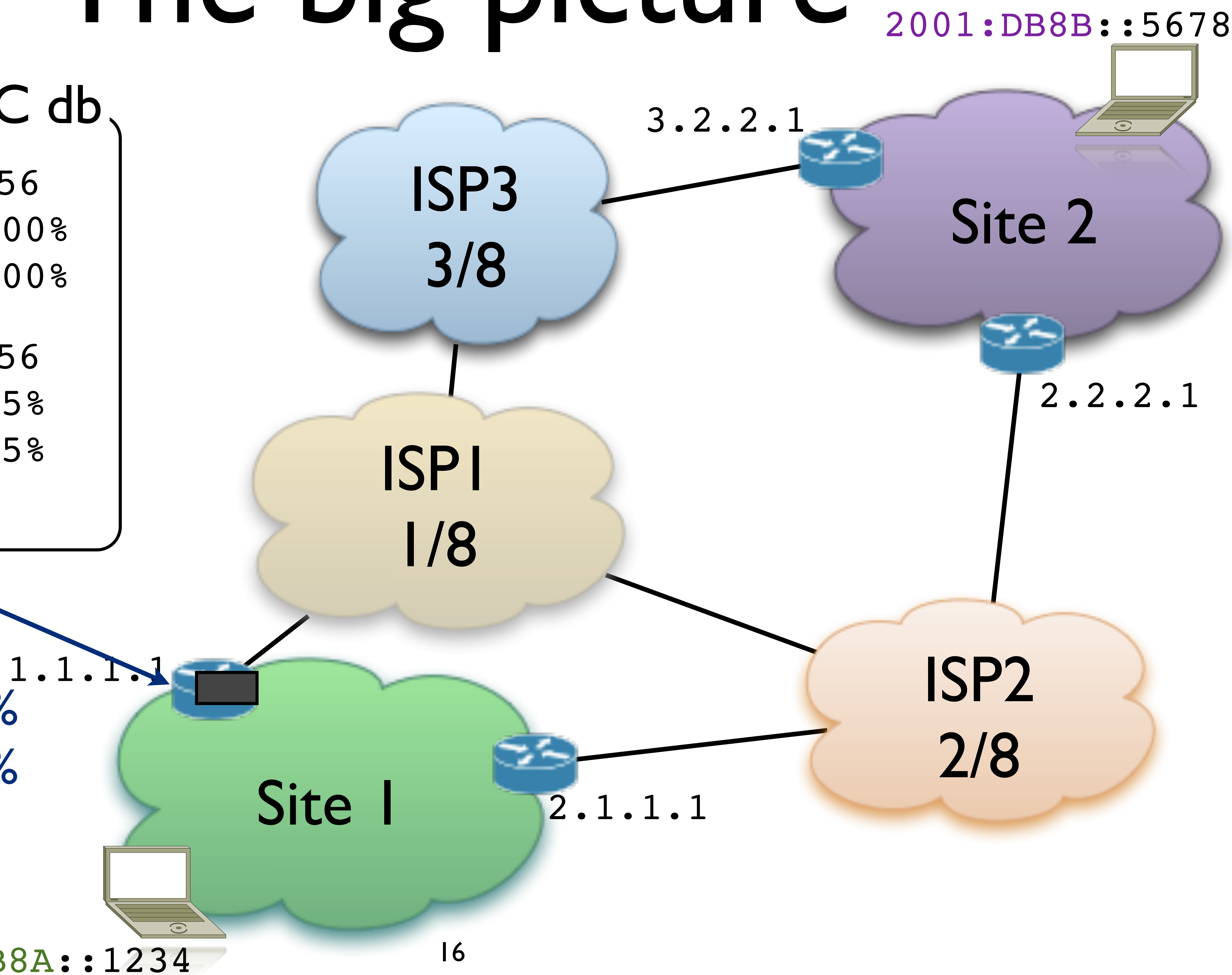
The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

Map-Reply:
2001:DB8B::/56
3.2.2.1 1 100%
2.2.2.1 2 100%

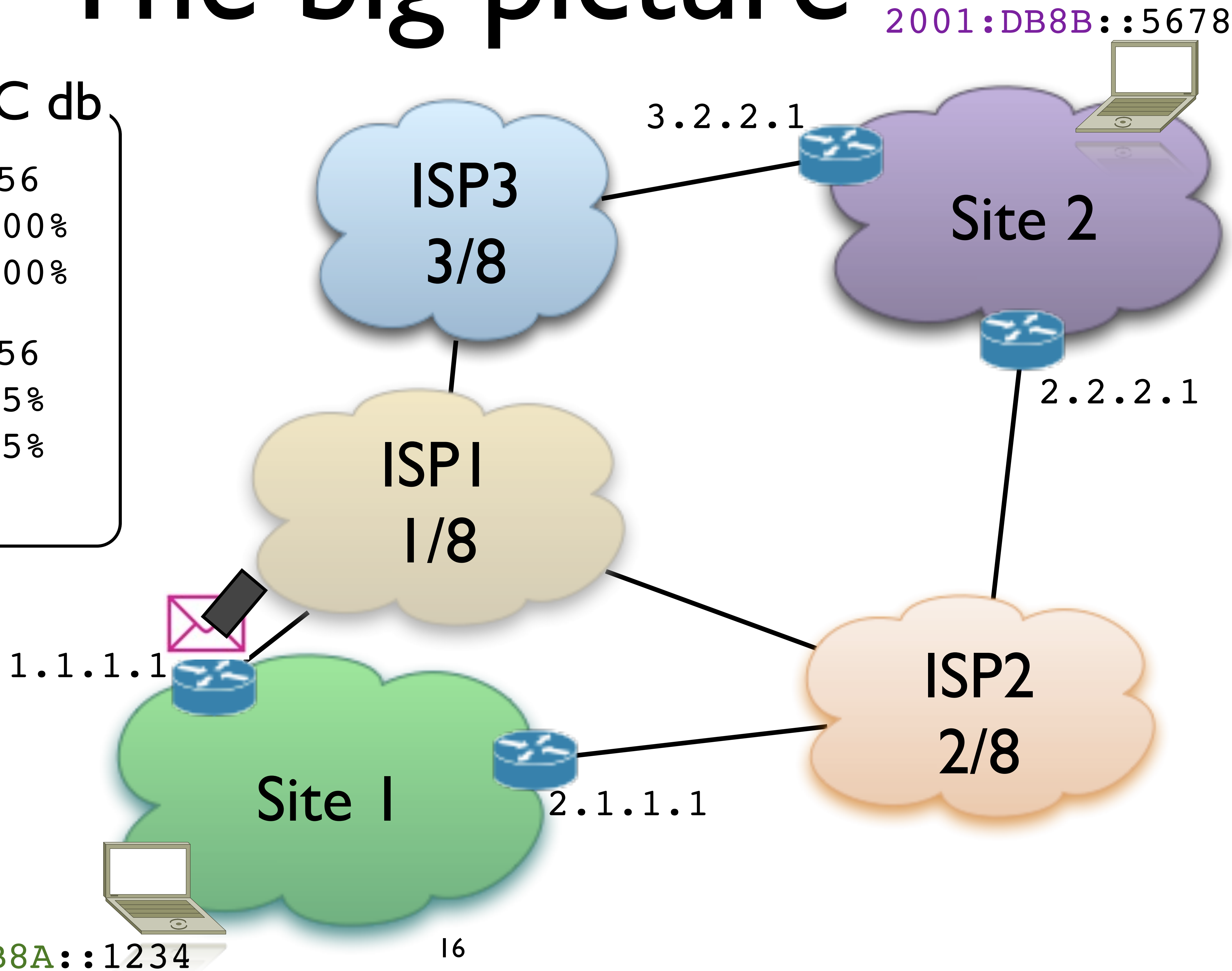


The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

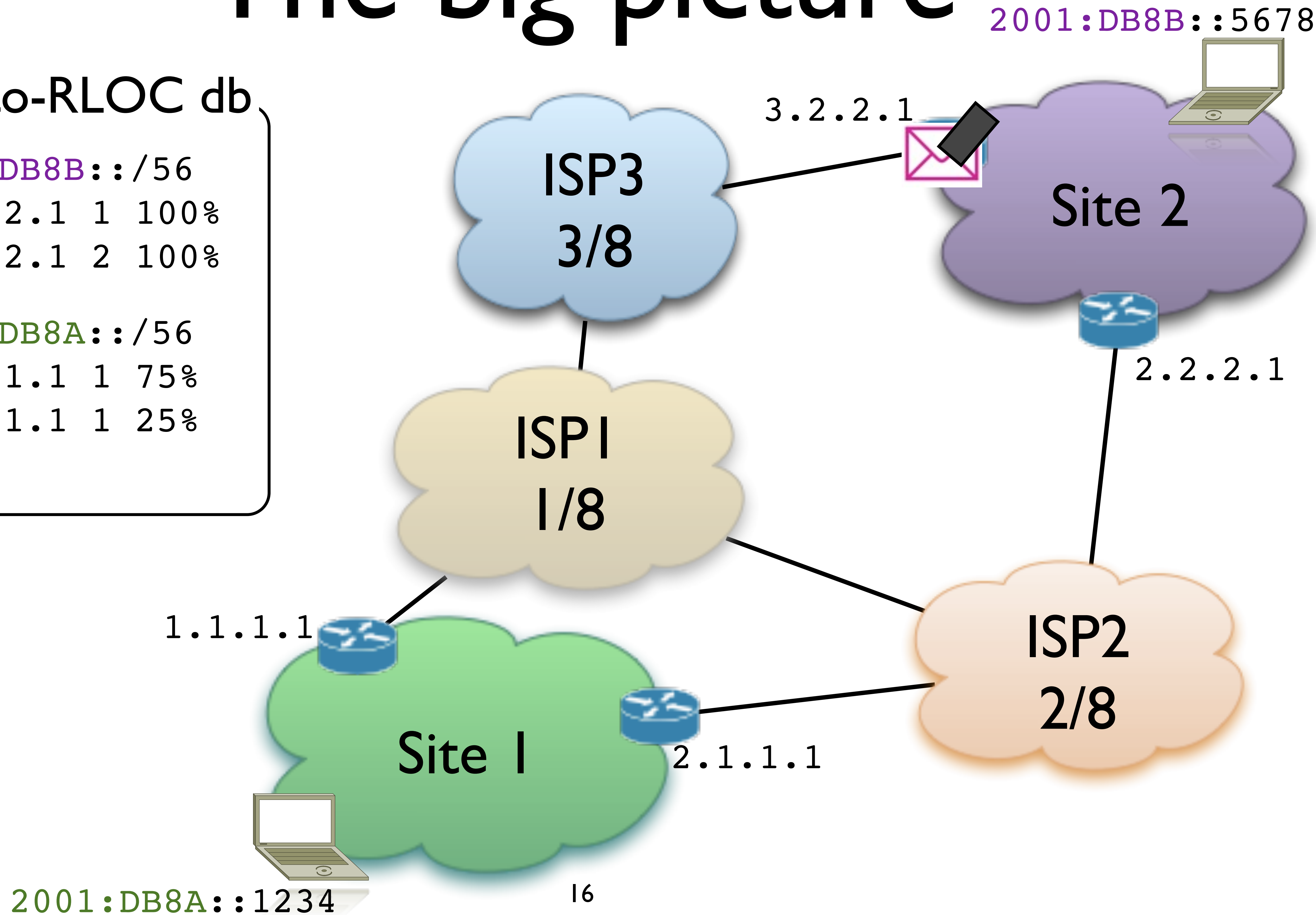


The big picture

EID-to-RLOC db

`2001:DB8B::/56`
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

`2001:DB8A::/56`
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

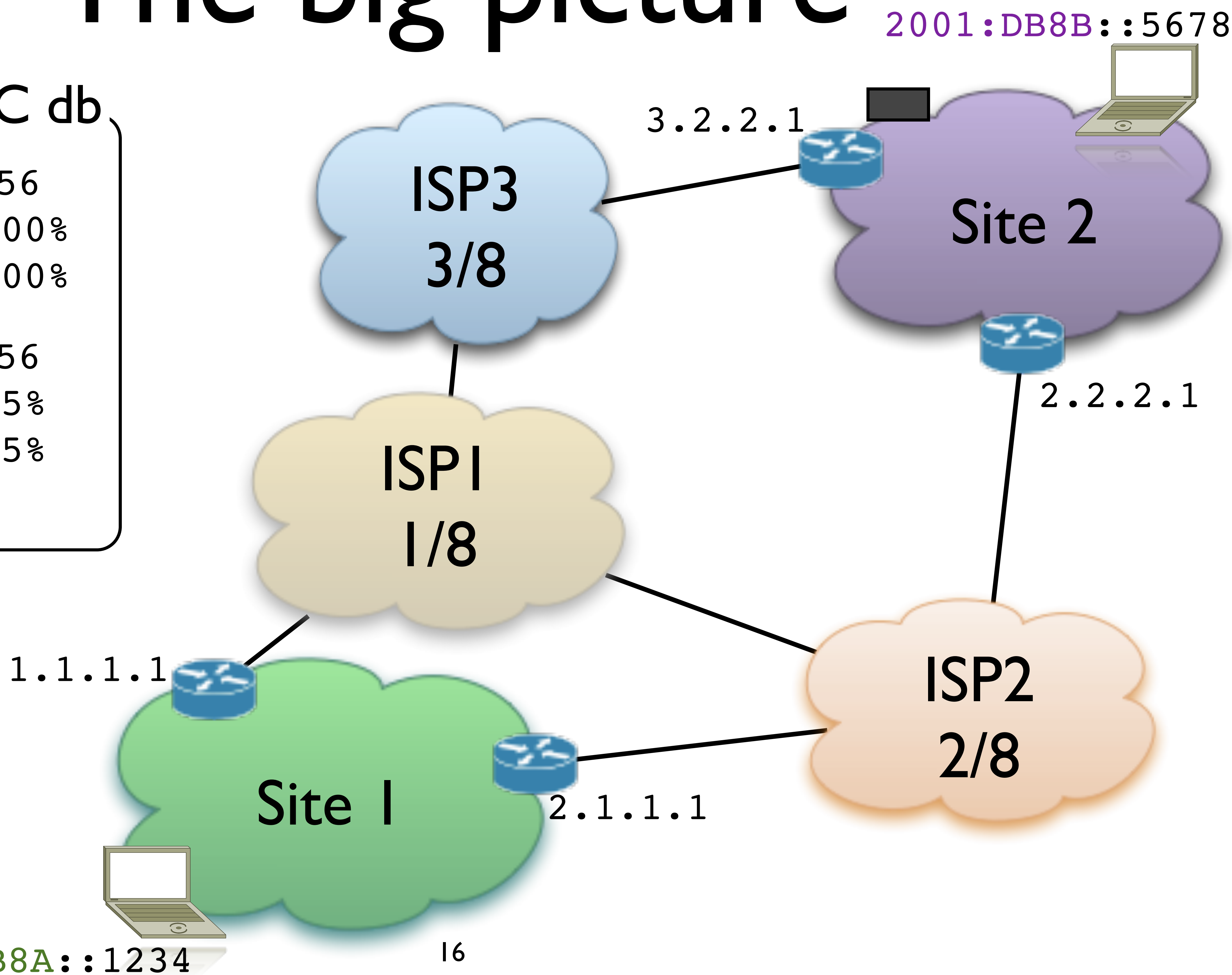


The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%

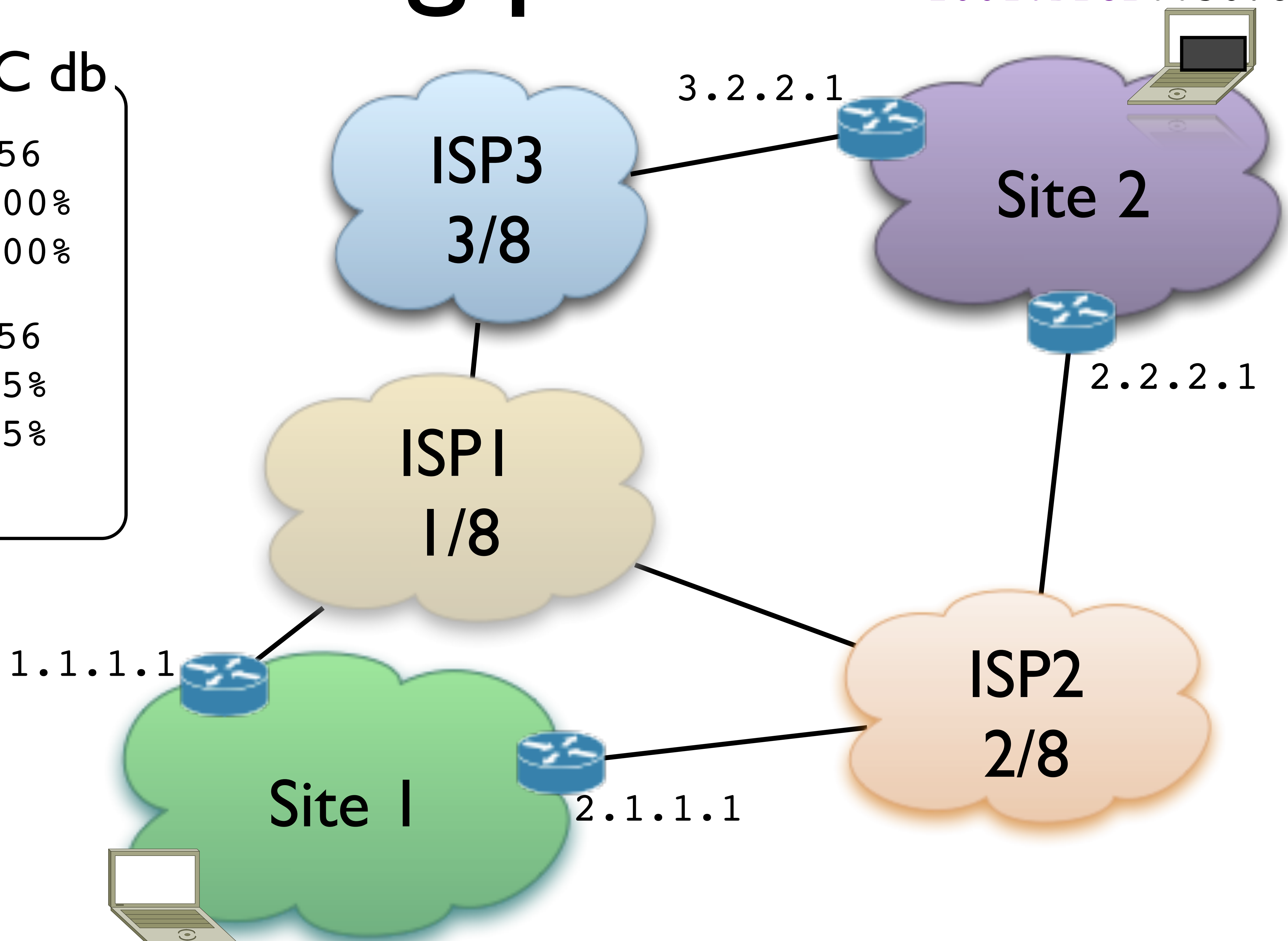


The big picture

EID-to-RLOC db

2001:DB8B::/56
- 3.2.2.1 1 100%
- 2.2.2.1 2 100%

2001:DB8A::/56
- 1.1.1.1 1 75%
- 2.1.1.1 1 25%



LISP Data-plane

Data-plane packets

```
            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
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
        /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     OH    |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |                    Source Routing Locator                     |
        \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |                 Destination Routing Locator                   |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
       UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       L   |N|L|E|   rflags  |                 Nonce                       |
       I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       S / |                     Locator Status Bits                       |
       P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
        /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     IH    |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |                           Source EID                          |
        \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |                         Destination EID                       |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Locator part

Presentation

Control Flags

Identifier Part

Payload

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
         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
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
     /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |                    Source Routing Locator                     |
     \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |                 Destination Routing Locator                   |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
    UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
    I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    S / |                     Locator Status Bits                       |
    P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
     /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |                           Source EID                          |
     \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |                         Destination EID                       |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
        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
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                    Source Routing Locator                     |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                 Destination Routing Locator                   |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
   UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
   I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   S / |                     Locator Status Bits                       |
   P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                           Source EID                          |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                         Destination EID                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Source/Destination Locators

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

Source/Destination Locators

Random Source Port

```
            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
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
        /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |                    Source Routing Locator                     |
        \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |                 Destination Routing Locator                   |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
       UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
       I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       S / |                     Locator Status Bits                       |
       P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
        /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
       |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |   |                           Source EID                          |
        \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
         \ |                         Destination EID                       |
           +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
        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
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                    Source Routing Locator                     |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                 Destination Routing Locator                   |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
   UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
   I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   S / |                     Locator Status Bits                       |
   P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                           Source EID                          |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                         Destination EID                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Source/Destination Locators

Random Source Port

Fixed Destination port

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

Source/Destination Locators

Random Source Port

Fixed Destination port

Encap data integrity check

```
        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
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                    Source Routing Locator                     |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                 Destination Routing Locator                   |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
   UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
   I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   S / |                 Locator Status Bits                           |
   P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                           Source EID                          |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                         Destination EID                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
        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
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                    Source Routing Locator                     |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                 Destination Routing Locator                   |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
   UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
   I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   S / |                     Locator Status Bits                       |
   P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
    /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                           Source EID                          |
    \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                         Destination EID                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Source/Destination Locators

Fixed Destination port

Random Source Port

Encap data integrity check

N: Nonce present bit
L: Locator Status Bits present bit
E: Echo-Nonce request bit

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

Source/Destination Locators

Random Source Port

N: Nonce present bit
L: Locator Status Bits present bit
E: Echo-Nonce request bit

Fixed Destination port

Encap data integrity check

Packet unique identifier

```
         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
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
     /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |                    Source Routing Locator                     |
     \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |                 Destination Routing Locator                   |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
    UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    L   |N|L|E|  rflags |                  Nonce                        |
    I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    S / |                     Locator Status Bits                       |
    P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
     /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |                           Source EID                          |
     \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      \ |                        Destination EID                        |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
                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
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
            /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
           |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           OH  |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
           |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           |   |                    Source Routing Locator                     |
            \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             \ |                 Destination Routing Locator                   |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
           UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           L   |N|L|E|  rflags |                 Nonce                         |
           I \ +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           S / |                     Locator Status Bits                       |
           P   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             / |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
            /  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           |   |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
           |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           IH  |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
           |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
           |   |                           Source EID                          |
            \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
             \ |                         Destination EID                       |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Source/Destination Locators

Random Source Port

N: Nonce present bit
L: Locator Status Bits present bit
E: Echo-Nonce request bit

Fixed Destination port

Encap data integrity check

Packet unique identifier

Source locator reachability

Header details

(IP(UDP(LISP(IP))))

```
                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
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            /  |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
           /   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          |    |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
          |    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          OH   |  Time to Live | Protocol = 17 |         Header Checksum       |
          |    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          |    |                    Source Routing Locator                     |
           \   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            \  |                 Destination Routing Locator                   |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            /  |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4341        |
          UDP  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            \  |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          L    |N|L|E|   rflags    |                  Nonce                    |
          I \  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          S /  |                     Locator Status Bits                       |
          P    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            /  |Version|  IHL  |Type of Service|          Total Length         |
           /   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          |    |         Identification        |Flags|      Fragment Offset    |
          |    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          IH   |  Time to Live |    Protocol   |         Header Checksum       |
          |    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
          |    |                           Source EID                          |
           \   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
            \  |                         Destination EID                       |
               +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Source/Destination Locators

Random Source Port

N: Nonce present bit
L: Locator Status Bits present bit
E: Echo-Nonce request bit

Fixed Destination port

Encap data integrity check

Packet unique identifier

Source locator reachability

Source/Destination Identifiers

Src/Dst Locators

- Source locator: IP address of the ITR that performed the encapsulation
- Destination locator: IP address of one ETR responsible for the destination EID's prefix
- Locators can be in IPv4 or IPv6

Src/Dst EID

- Source EID: IP address of the source end-host
- Destination EID: IP address of destination end-hosts
- EIDs can be in IPv4 or IPv6
- AFI(RLOC) can be different AFI(EID)
  - LISP can be an IPv4/IPv6 transition mechanism (but does not support XAFI)

LISP is over UDP

- UDP to traverse firewalls/NAT, limit the impact of ECMP hashing on reordering...
- Source port is random
  - but per-flow source port is recommended
- Destination port is fixed to 4341
- Checksum is important if IPv6 RLOCs

Nonce

- Uniquely identify a packet by setting a nonce while encapsulating (at the ITR)
  - nonce is optional, N=1 if present
- Used as passive reachability test when E=1
  - ITR asks the ETR to start the Echo-Nonce algorithm

Echo-Nonce Algorithm

- xTR *I* wants to know if the RLOC it uses to reach ETR *E* is reachable:
  - generate a nonce *n* when encap to *E*
  - set E=1
- Next time the *E* sends a packet to I, is set the nonce to *n*
- If *I* receives the nonce within a given time, it considers the RLOC reachable, otherwise *E* is considered unreachable

Locator Status Bits

- A vector of 32 bits (L bit set to 1 if present)
- Each **source** locator is mapped to one position in the vector

```
if locator_status_bit(i) = 1
    RLOC i is reachable
else
    RLOC i is not reachable
```

- How to determine the position in the vector?
    - Explicit Position (each RLOC has an explicit position in the locator status bits)
    - Locator Status Bits = non-reachability bloom filter
- How to set the bit? What is its meaning?

LISP Control-plane

LISP mapping

- Possible models for the mapping mechanism
  - Push model
    - LISP ETR routers receive from a protocol to be designed the mapping tables that they need to use to map EIDs onto RLOCs
  - Pull model
    - LISP ETR routers refresh their mapping table by querying the mapping mechanism each time they receive a packet whose mapping is unknown
  - Hybrid models
    - Push is used to place "popular" or "important" mappings on LISP ETR routers and they query for the less important mappings

LISP Mapping messages

- Map-Request
  - request for a mapping
- Map-Reply
  - provides the mapping requested by a Map-Request
- Map-Register
  - an ETR informs the mapping system that it is responsible for an EID prefix
    - provides the RLOCs where the mapping can be found

```
        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
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                       IPv4 or IPv6 Header                     |
       |                     (uses RLOC addresses)                     |
       |                                                               |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |       Source Port = xxxx      |       Dest Port = 4342        |
   UDP +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |           UDP Length          |        UDP Checksum           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   LCM |                      LISP Control Message                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Request

```
     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=1 |0|M|P|S|            Reserved               | Record Count |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         Nonce . . .                           |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         . . . Nonce                           |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                   Source EID Address  ...                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                Originating ITR RLOC Address ...               |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  \ |                       EID-prefix  ...                         |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                   Map-Reply Record  ...                       |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                     Mapping Protocol Data                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Request

```
        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=1 |0|M|P|S|          Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Source EID Address  ...                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                Originating ITR RLOC Address ...               |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
   Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                       EID-prefix  ...                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Map-Reply Record  ...                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Map-Request

```
 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=1 |0|M|P|S|            Reserved             | Record Count  |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                         Nonce . . .                           |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                         . . . Nonce                           |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                   Source EID Address  ...                     |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                Originating ITR RLOC Address ...               |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
 / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
 \ |                       EID-prefix  ...                         |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                   Map-Reply Record  ...                       |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                     Mapping Protocol Data                     |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Number of records in the request

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Map-Request

```
     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=1 |0|M|P|S|             Reserved            | Record Count  |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         Nonce . . .                           |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         . . . Nonce                           |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                   Source EID Address  ...                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                Originating ITR RLOC Address ...               |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  \ |                       EID-prefix  ...                         |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                   Map-Reply Record  ...                       |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                     Mapping Protocol Data                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Number of records in the request

64-bits Nonce, uniquely identifying the request

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Map-Request

```
        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=1 |0|M|P|S|            Reserved           | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Source EID Address  ...                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                Originating ITR RLOC Address ...               |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |    Reserved   | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
   Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                       EID-prefix  ...                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Map-Reply Record  ...                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Number of records in the request

64-bits Nonce, uniquely identifying the request

EID of the source that generated the miss

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Map-Request

```
        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=1 |0|M|P|S|          Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Source EID Address  ...                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                Originating ITR RLOC Address ...               |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
   Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                       EID-prefix  ...                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Map-Reply Record  ...                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Number of records in the request

64-bits Nonce, uniquely identifying the request

EID of the source that generated the miss

RLOC of the ITR to reply to

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Map-Request

```
        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=1 |0|M|P|S|          Reserved             | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |         Source-EID-AFI        |            ITR-AFI            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Source EID Address  ...                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                Originating ITR RLOC Address ...               |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     / |   Reserved    | EID mask-len  |        EID-prefix-AFI         |
   Rec +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
     \ |                       EID-prefix  ...                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   Map-Reply Record  ...                       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

M: Map-Reply
P: probing bit
S: Solicitation bit

Number of records in the request

64-bits Nonce, uniquely identifying the request

EID of the source that generated the miss

RLOC of the ITR to reply to

EID prefix to retrieve a mapping for

Map-Reply

```
         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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
        |                         Nonce . . .                           |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
        |                         . . . Nonce                           |
    +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |   |                          Record  TTL                          |
    |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
    e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
    o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    r   |                          EID-prefix                           |
    d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
    | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    | o |           Unused Flags        |R|         Loc-AFI             |
    | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |  \|                             Locator                           |
    +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
        |                     Mapping Protocol Data                     |
        +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Reply

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

```
        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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                          Record  TTL                          |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
   e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
   o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   r   |                          EID-prefix                           |
   d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
   | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   | o |        Unused Flags       |R|         Loc-AFI               |
   | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  \|                             Locator                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Reply

Number of records in the request

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

```
        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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                          Record  TTL                          |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
   e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
   o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   r   |                          EID-prefix                           |
   d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
   | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   | o |        Unused Flags         |R|           Loc-AFI             |
   | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  \|                            Locator                            |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Reply

Number of records in the request

Copied from the Map-Request

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

```
        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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                          Record  TTL                          |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
   e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
   o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   r   |                          EID-prefix                           |
   d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
   | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   | o |        Unused Flags     |R|         Loc-AFI                   |
   | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  \|                             Locator                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Map-Reply

Number of records in the request

```
       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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                         Nonce . . .                           |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                         . . . Nonce                           |
  +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |   |                          Record  TTL                          |
  |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
  e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
  o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  r   |                          EID-prefix                           |
  d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
  | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  | o |        Unused Flags         |R|         Loc-AFI               |
  | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |  \|                             Locator                           |
  +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                     Mapping Protocol Data                     |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

Copied from the Map-Request

Lifetime of the record in min

Map-Reply

```
       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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                         Nonce . . .                           |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                         . . . Nonce                           |
  +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |   |                          Record  TTL                          |
  |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
  e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
  o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  r   |                          EID-prefix                           |
  d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
  | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  | o |        Unused Flags         |R|           Loc-AFI             |
  | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  |  \|                             Locator                           |
  +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
      |                     Mapping Protocol Data                     |
      +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Number of records in the request

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

Copied from the Map-Request

Lifetime of the record in min

Authoritative bit

Map-Reply

Number of records in the request

```
     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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         Nonce . . .                           |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                         . . . Nonce                           |
+-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|   |                          Record  TTL                          |
|   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
r   |                          EID-prefix                           |
d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
| L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
| o |        Unused Flags     |R|         Loc-AFI                 |
| c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  \|                            Locator                            |
+-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                     Mapping Protocol Data                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

Copied from the Map-Request

Lifetime of the record in min

Authoritative bit

Negative reply action

Map-Reply

Number of records in the request

```
        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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         Nonce . . .                           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         . . . Nonce                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |   |                          Record  TTL                          |
   |   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
   e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
   o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   r   |                          EID-prefix                           |
   d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
   | L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   | o |        Unused Flags     |R|           Loc-AFI             |
   | c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
   |  \|                             Locator                           |
   +-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     Mapping Protocol Data                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

Copied from the Map-Request

Lifetime of the record in min

Authoritative bit

Negative reply action

Priority : RLOCs with lower priority are preferred. If several have same priority, load balance among them
Weight : percentage of traffic to this RLOC when load balancing is active.
(M for multicast)

Map-Reply

Number of records in the request

```
 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 |P|E|            Reserved               | Record Count  |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                         Nonce . . .                           |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                         . . . Nonce                           |
+-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|   |                          Record  TTL                          |
|   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
R   | Locator Count | EID mask-len  | ACT |A|      Reserved         |
e   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
c   |           Reserved            |            EID-AFI            |
o   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
r   |                          EID-prefix                           |
d   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  /|    Priority   |    Weight     |  M Priority   |   M Weight    |
| L +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
| o |        Unused Flags         |R|           Loc-AFI             |
| c +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|  \|                            Locator                            |
+-> +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
    |                     Mapping Protocol Data                     |
    +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

P: probing bit
E: Echo-nonce capable

Copied from the Map-Request

Lifetime of the record in min

Authoritative bit

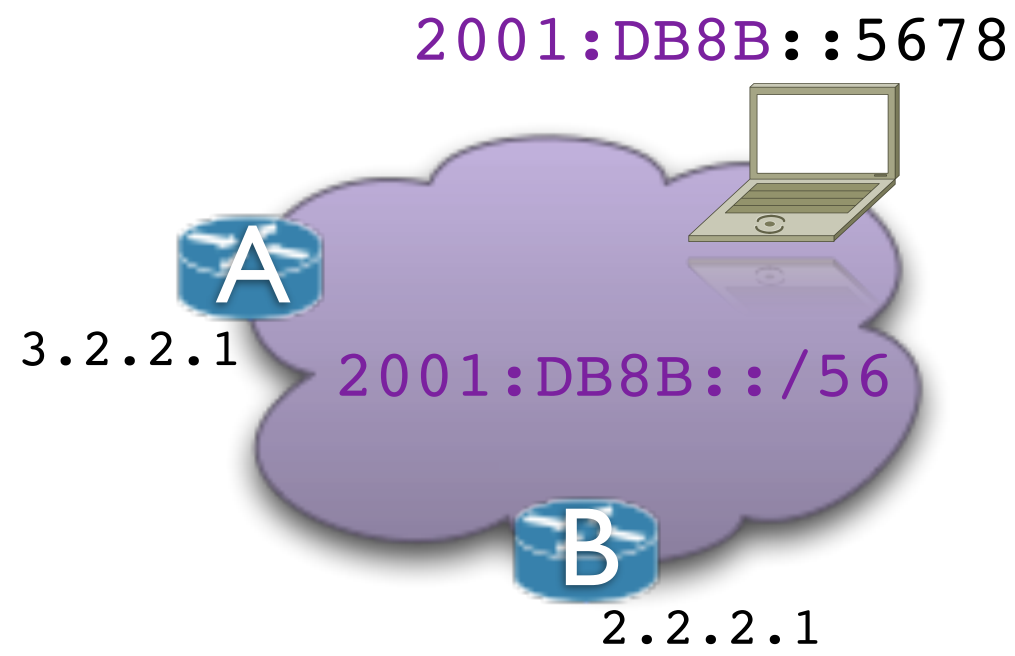
Negative reply action

Priority : RLOCs with lower priority are preferred. If several have same priority, load balance among them
Weight : percentage of traffic to this RLOC when load balancing is active.
(M for multicast)

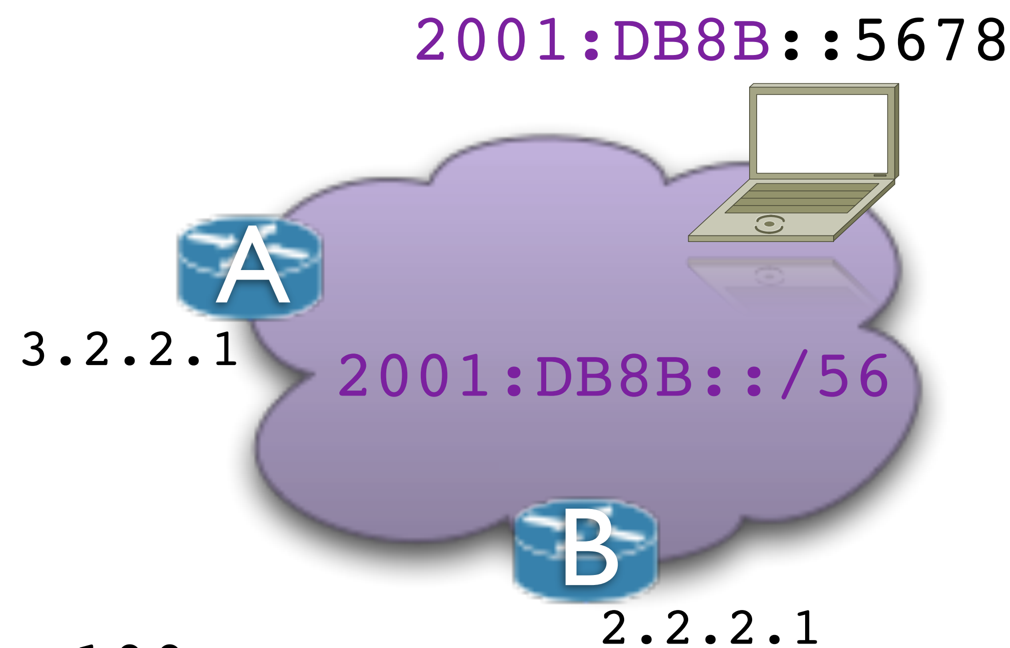
Is record is reachable from responder's viewpoint ?

How to control incoming traffic?

- LISP site can control incoming traffic with Weight and Priority



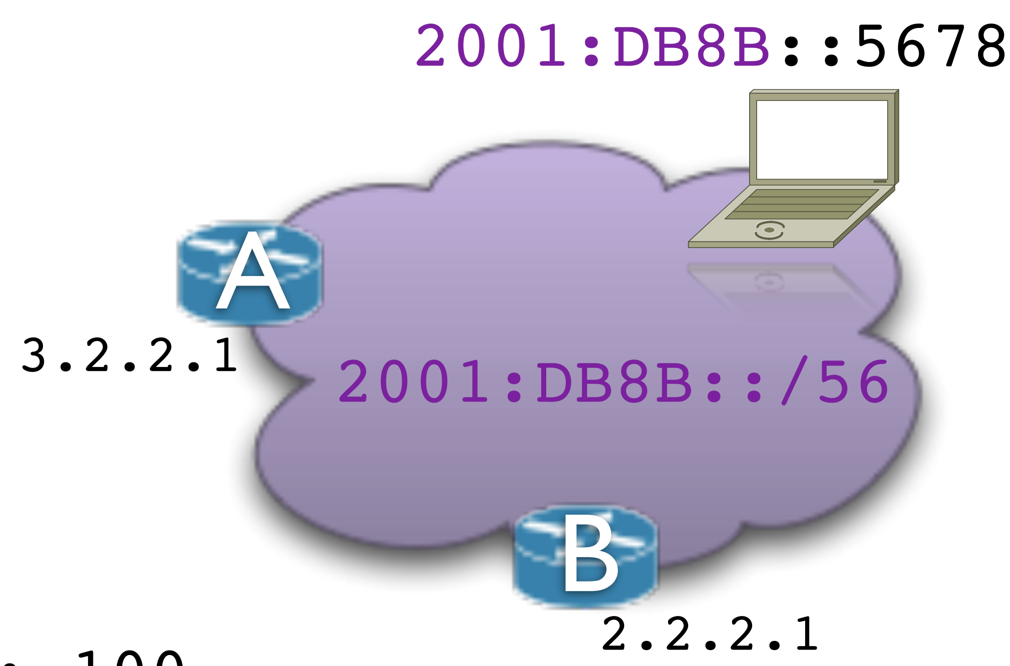
How to control incoming traffic?



- LISP site can control incoming traffic with Weight and Priority
- A Primary, B Backup

```
2001:DB8B::/56
•3.2.2.1, prio:  1, weight: 100
•2.2.2.1, prio: 99, weight: 100
```

How to control incoming traffic?



- LISP site can control incoming traffic with Weight and Priority

- A Primary, B Backup

  `2001:DB8B::/56`
  - `3.2.2.1, prio:  1, weight: 100`
  - `2.2.2.1, prio: 99, weight: 100`

- A 60%, B 40%

  `2001:DB8B::/56`
  - `3.2.2.1, prio:  1, weight:  60`
  - `2.2.2.1, prio:  1, weight:  40`

LISP ITR will load balance layer 4 flows by using hash as in ECMP

How to design the deployment?

- Should we allow more specific EID prefixes?
- How EID must be allocated?
  - Per interface? Per hosts? Per service? Per site?
- How to build the mappings?
  - 1 RLOC per EID? Several RLOC per EID?

Mapping Systems

NERD: A Not-so-novel EID to RLOC Database

NERD

- The only proposed push model
  - Composed of 4 parts
    - a network database format;
    - a change distribution format;
    - a database retrieval/bootstrapping method;
    - a change distribution method
- Principles
  - An authority computes the mapping database based on the stored registrations
  - The database signed by the authority is stored on servers
  - ITR poll regularly the database servers to update their own mapping database

LISP+ALT

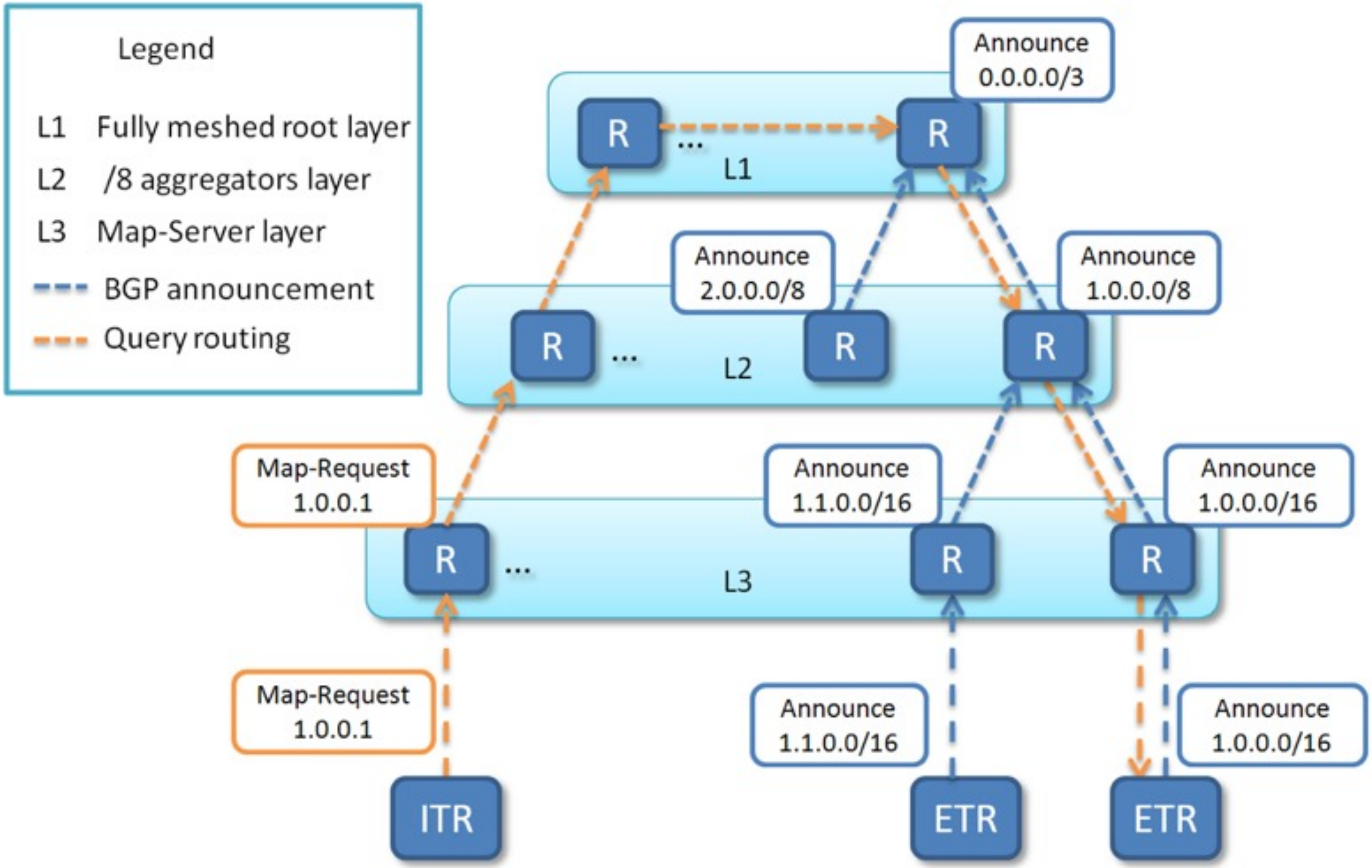
LISP+ALT

- An pull model mapping system
- A mapping mechanism that relies on an alternate topology to distribute mapping requests to mapping servers
  - LISP ITR routers sending mapping request messages to ALT routers
  - ALT routers forward those mapping messages between themselves on an overlay topology built by using GRE tunnels

LISP+ALT

- BGP announces **where** the mappings can be found
- Map-Requests are forwarded on the ALT
- Map-Replies are forwarded on the legacy Internet (directly sent to the ITRs' RLOC)
- ! BGP does not give the mappings !

LISP+ALT


Legend
L1 Fully meshed root layer
L2 /8 aggregators layer
L3 Map-Server layer
BGP announcement
Query routing
Announce 0.0.0.0/3
R
...
R
L1
Announce 2.0.0.0/8
Announce 1.0.0.0/8
R
...
R
R
L2
Map-Request 1.0.0.1
Announce 1.1.0.0/16
Announce 1.0.0.0/16
R
...
R
R
L3
Map-Request 1.0.0.1
Announce 1.1.0.0/16
Announce 1.0.0.0/16
ITR
ETR
ETR

LISP+ALT issues

- Complex system with tunnels, BGP protocol (no discussion about policies), ...
- Still relies on lots of error-prone manual configuration
- Scalability will depend on whether aggregation will be possible
- If mapping requests are lost due to congestion, difficult to diagnose the problem or send them via another path
- Security needs to be studied

LISP+ALT, big question

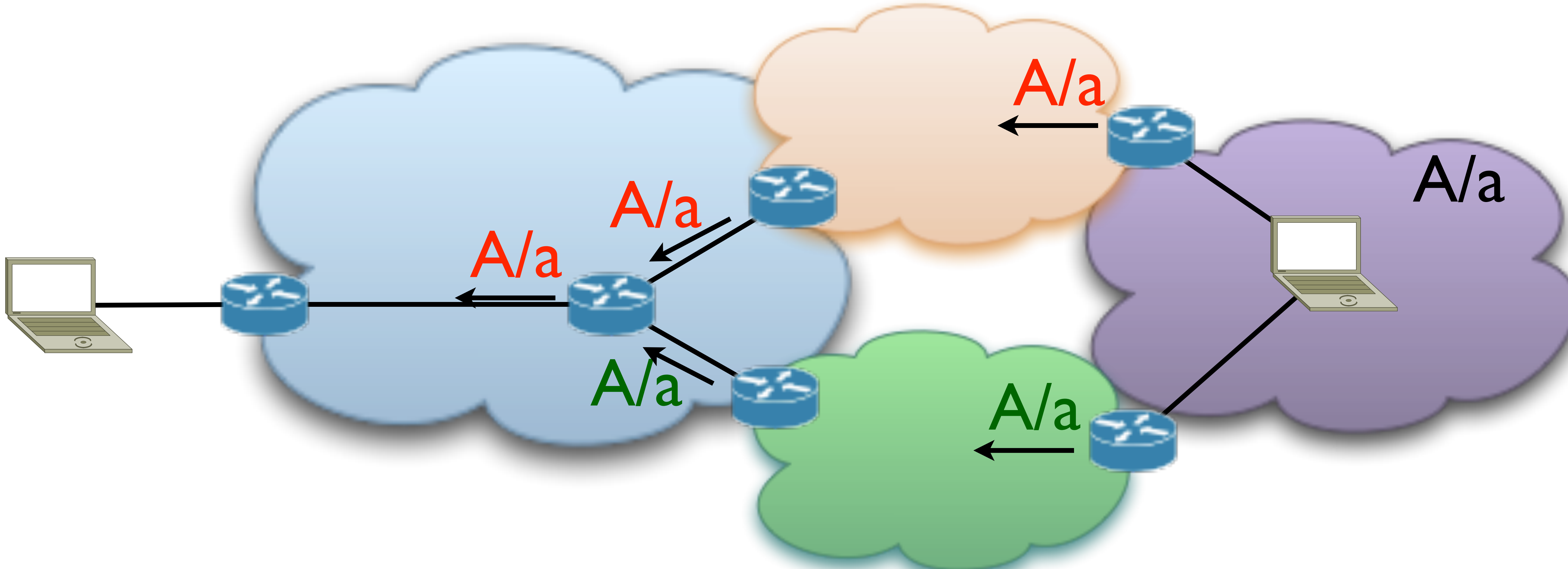
- How to deploy it?
  - aggregation vs recovery vs TE
  - how to cache the mappings?

The reachability problem

The reachability problem

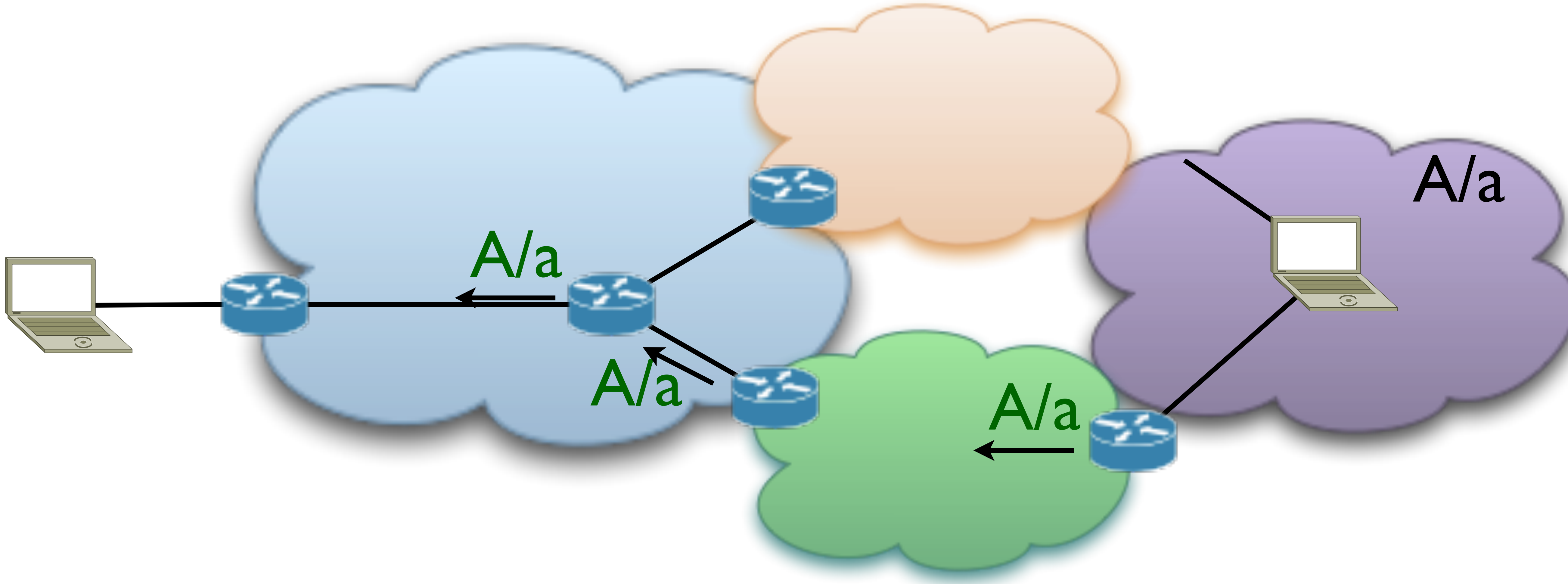
- Today, preserving the prefixes reachability is mainly performed locally
- In LISP, the legacy Internet is EID agnostic

The reachability problem in today's Internet



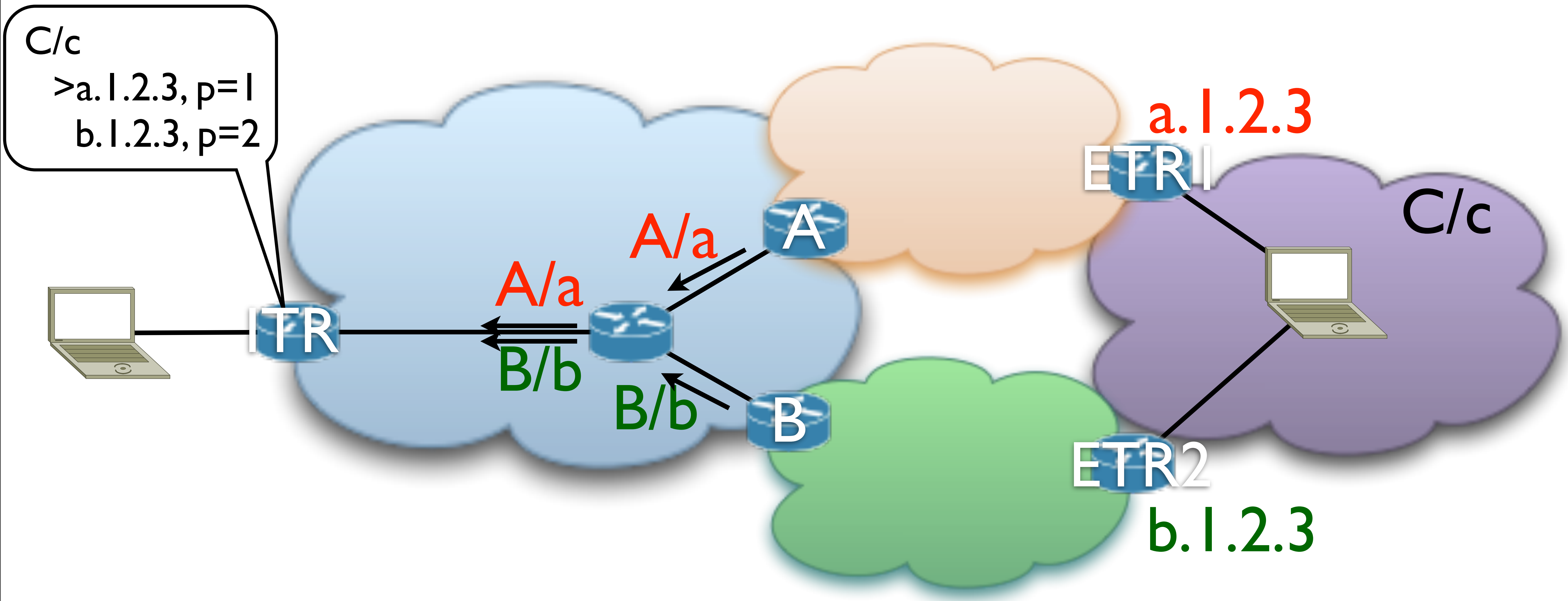
- In today's Internet, routing protocols converge after a link failure to ensure that multihomed prefixes such as *A/a* remain reachable

The reachability problem in today's Internet



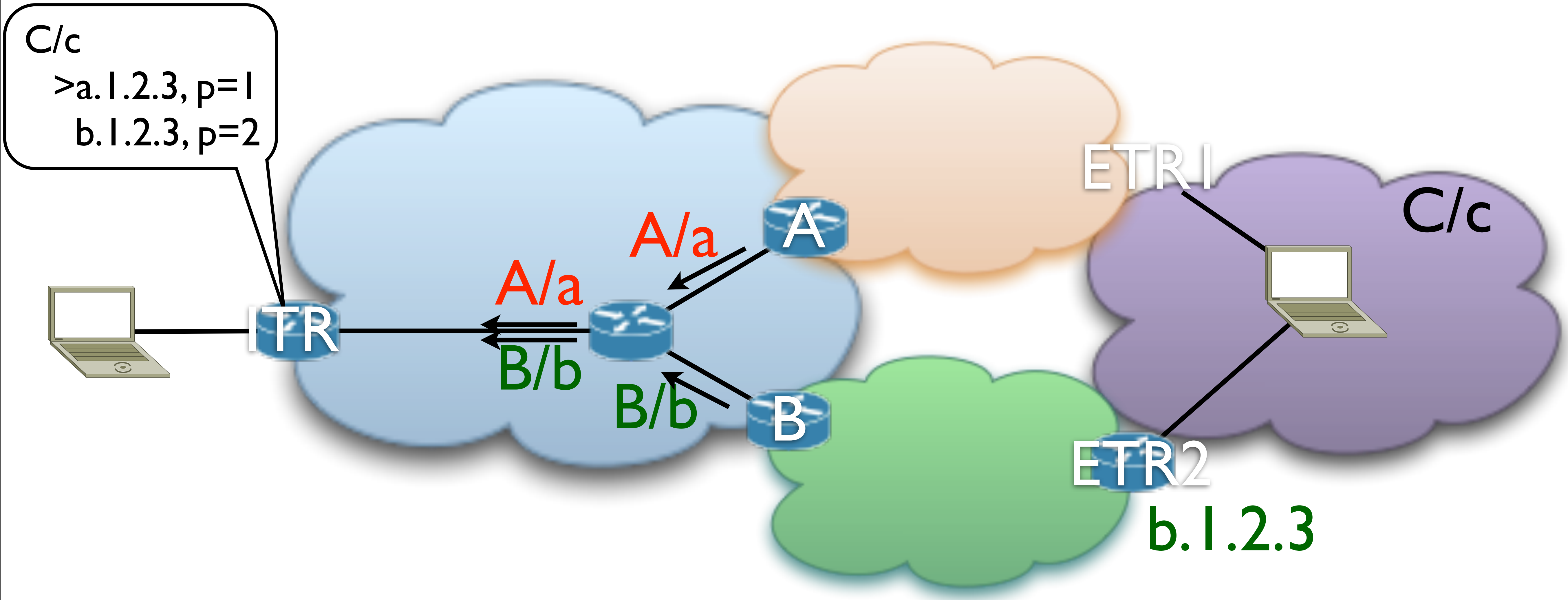
- In today's Internet, routing protocols converge after a link failure to ensure that multihomed prefixes such as *A/a* remain reachable

The reachability problem in a LISP-based Internet



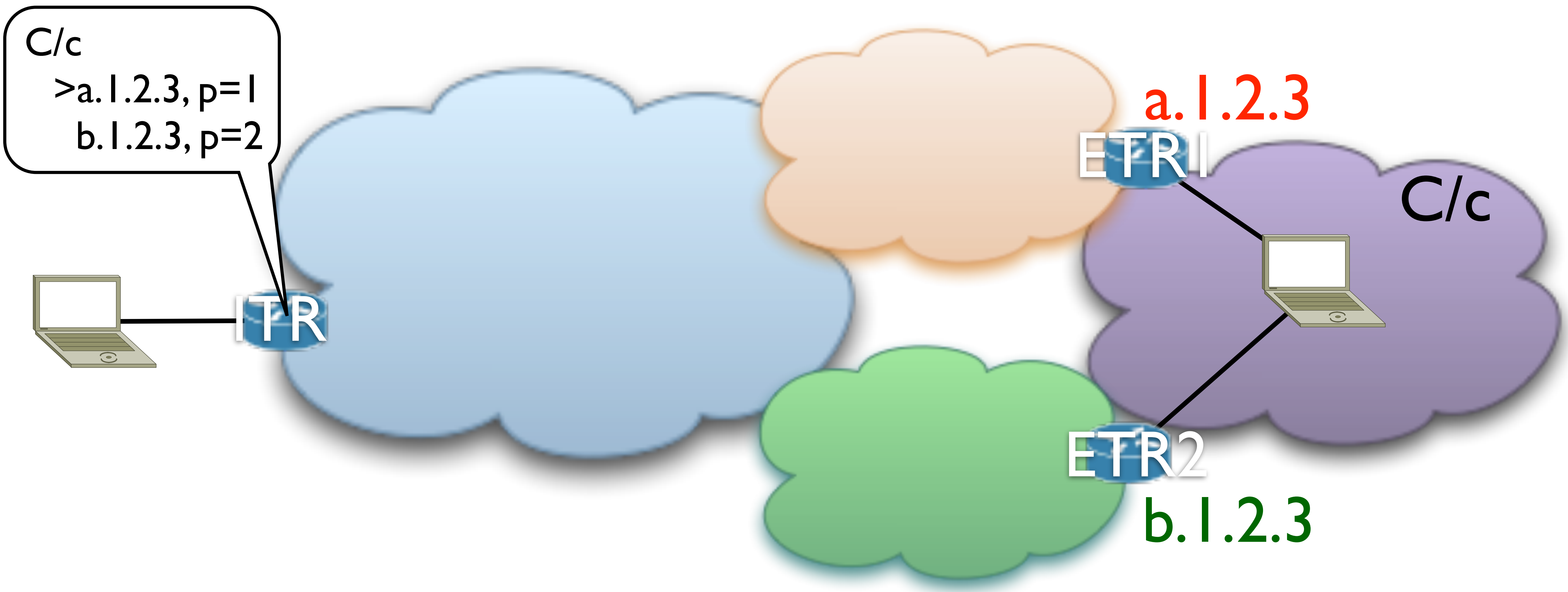
- Upon failure of ETR1, A continues to advertise A/a via BGP
- How can ITR notice that ETR1 failed and that ETR2 should be used instead?

The reachability problem in a LISP-based Internet



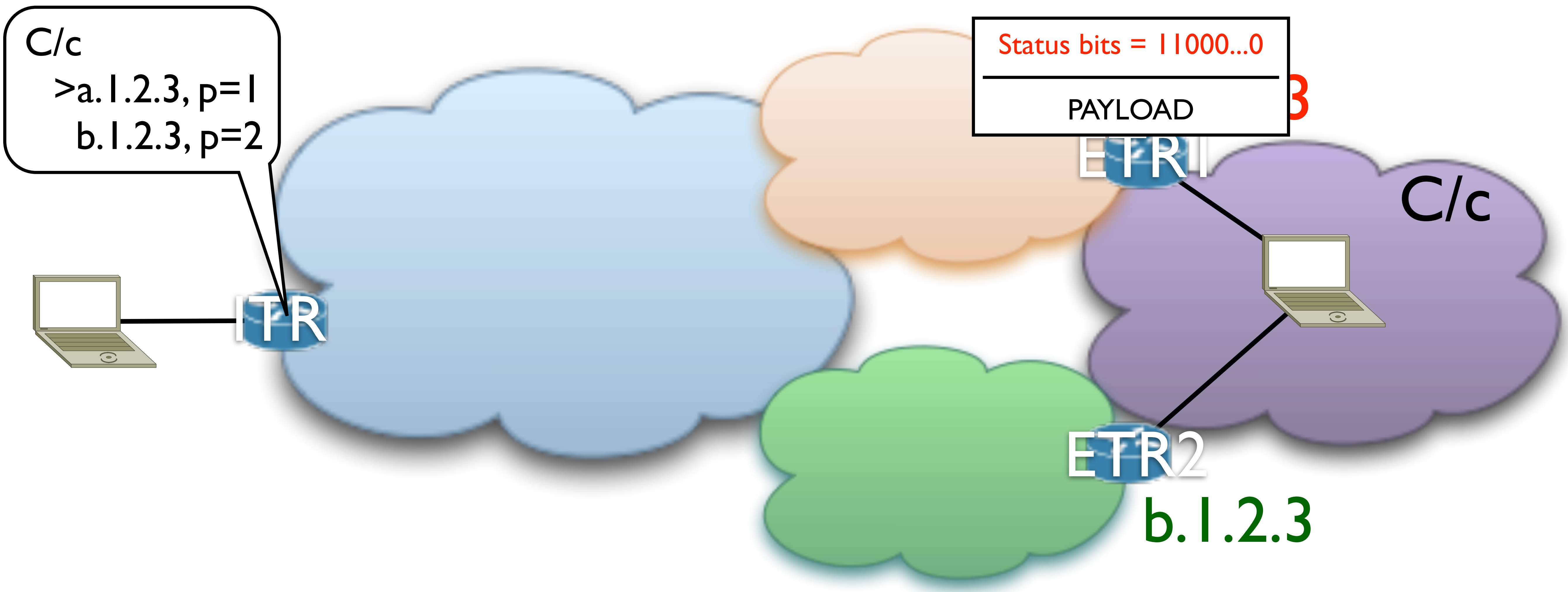
- Upon failure of ETR1, A continues to advertise A/a via BGP
- How can ITR notice that ETR1 failed and that ETR2 should be used instead?

Solving the reachability problem with the locator status bits



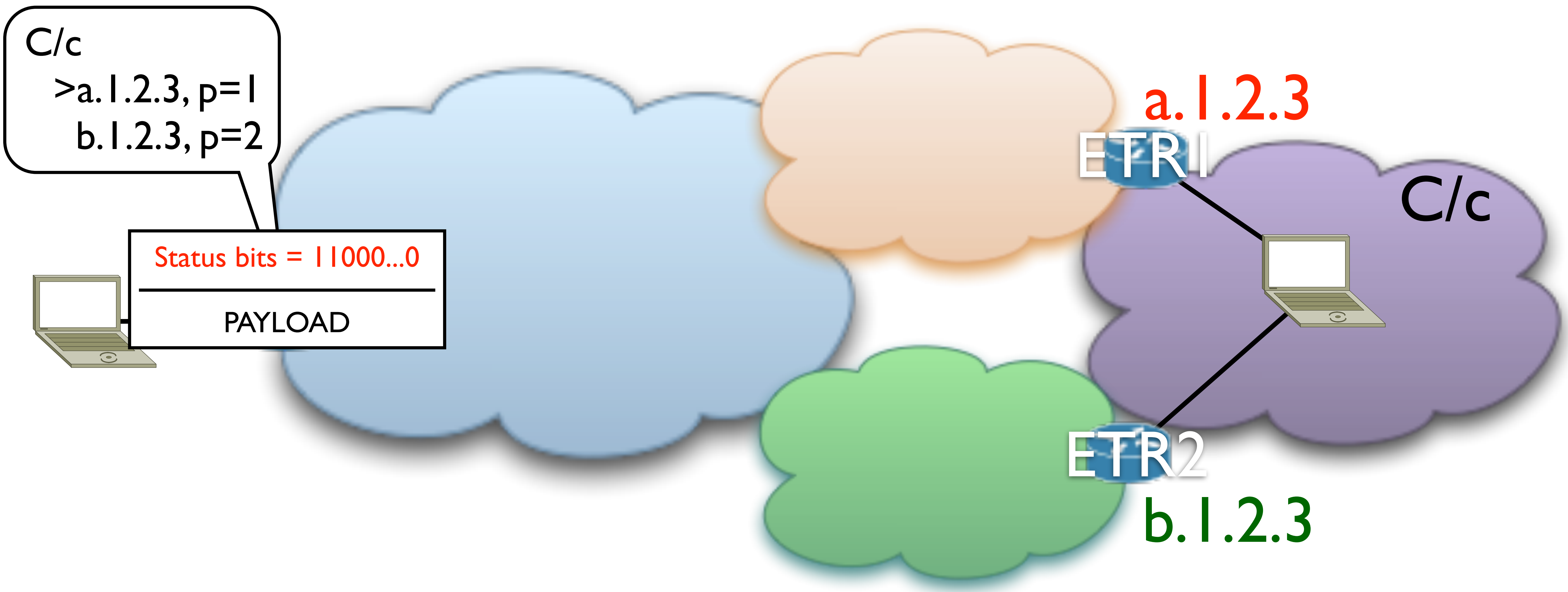
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



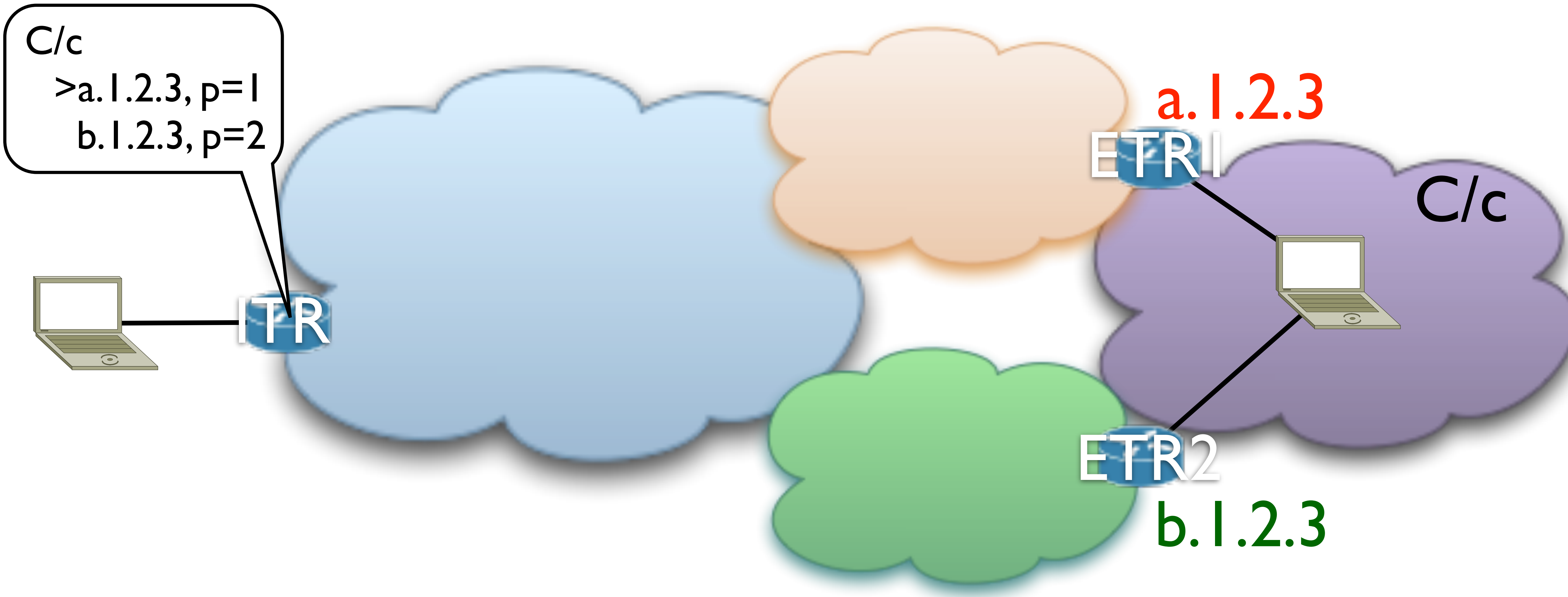
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



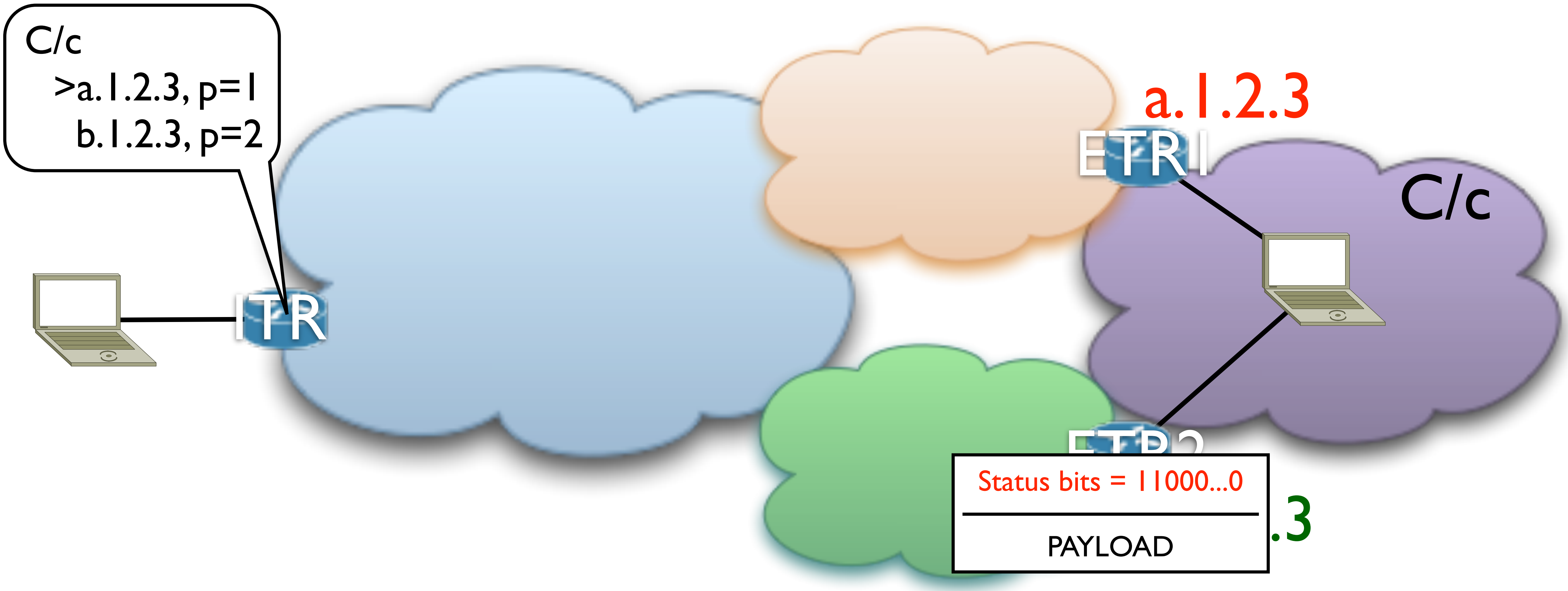
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



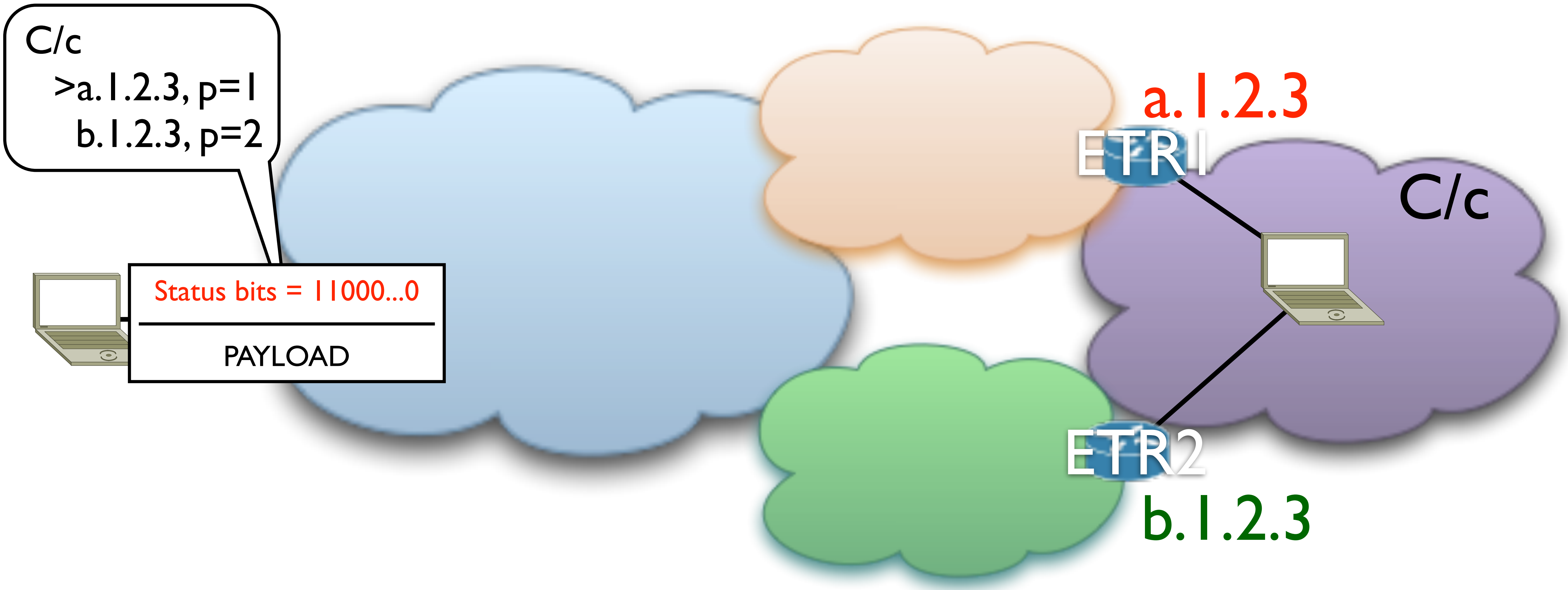
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



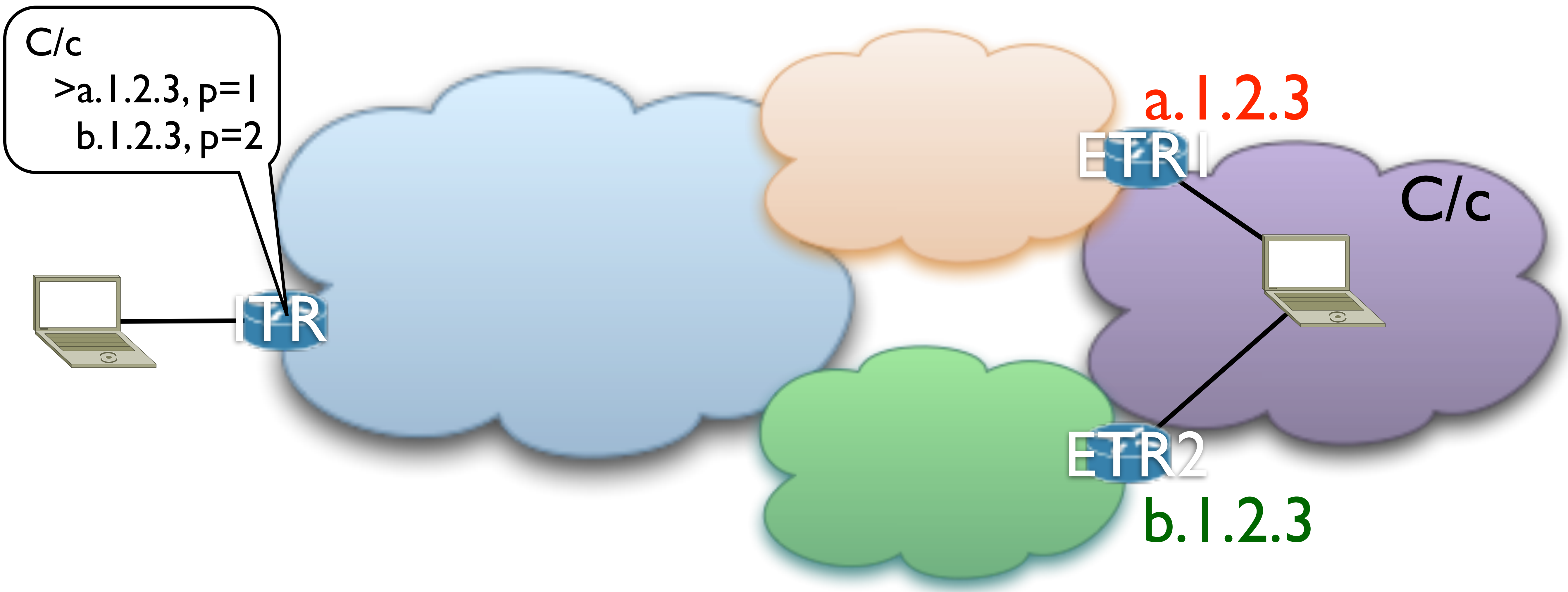
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



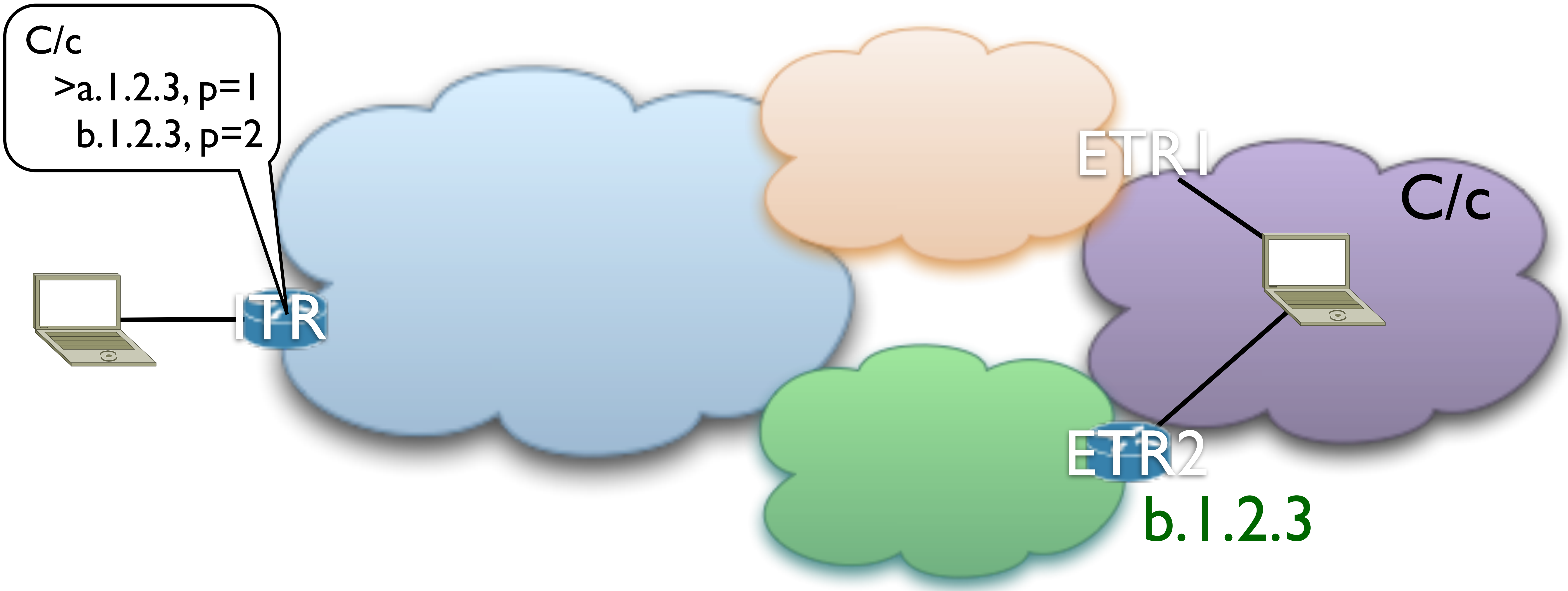
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



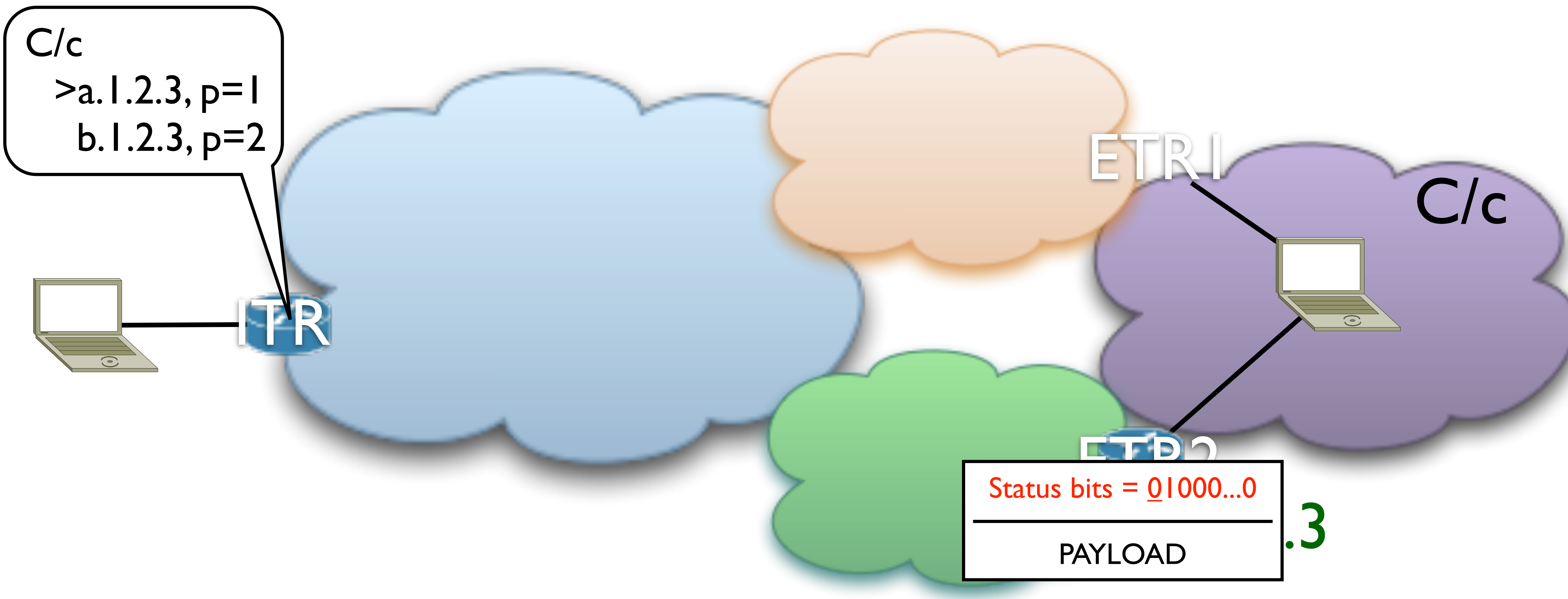
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



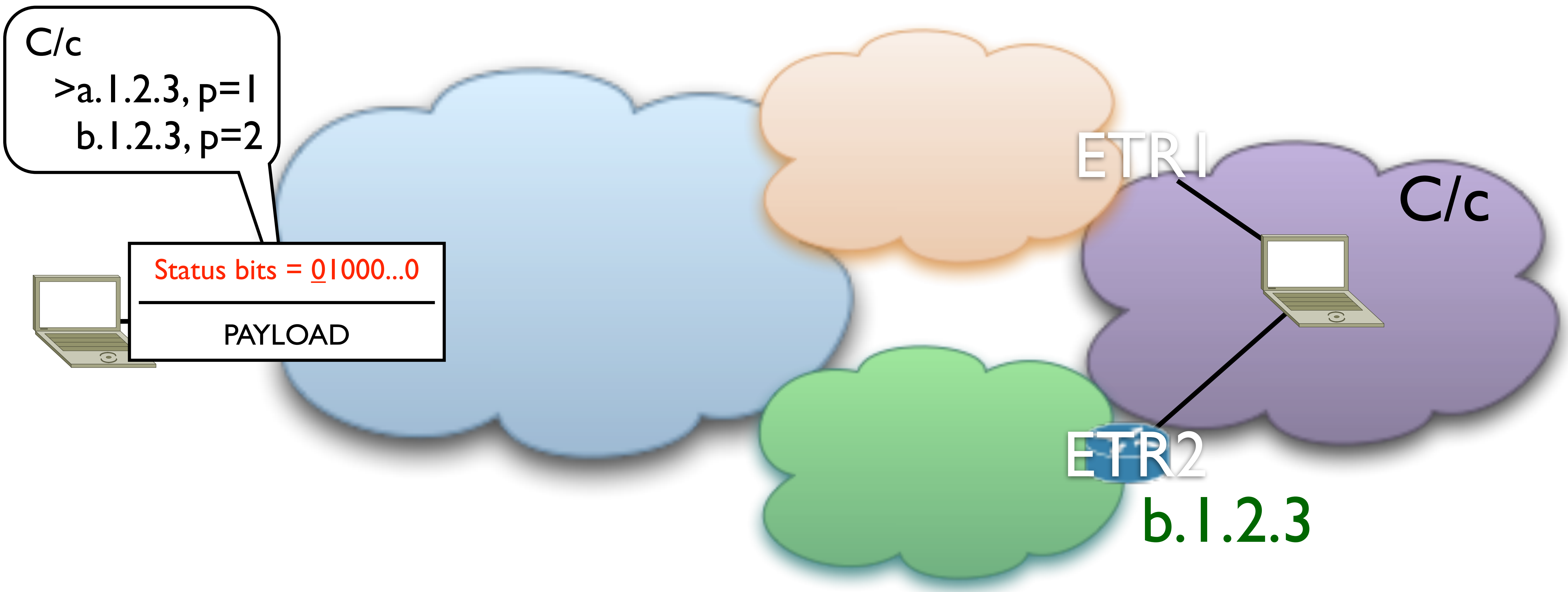
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



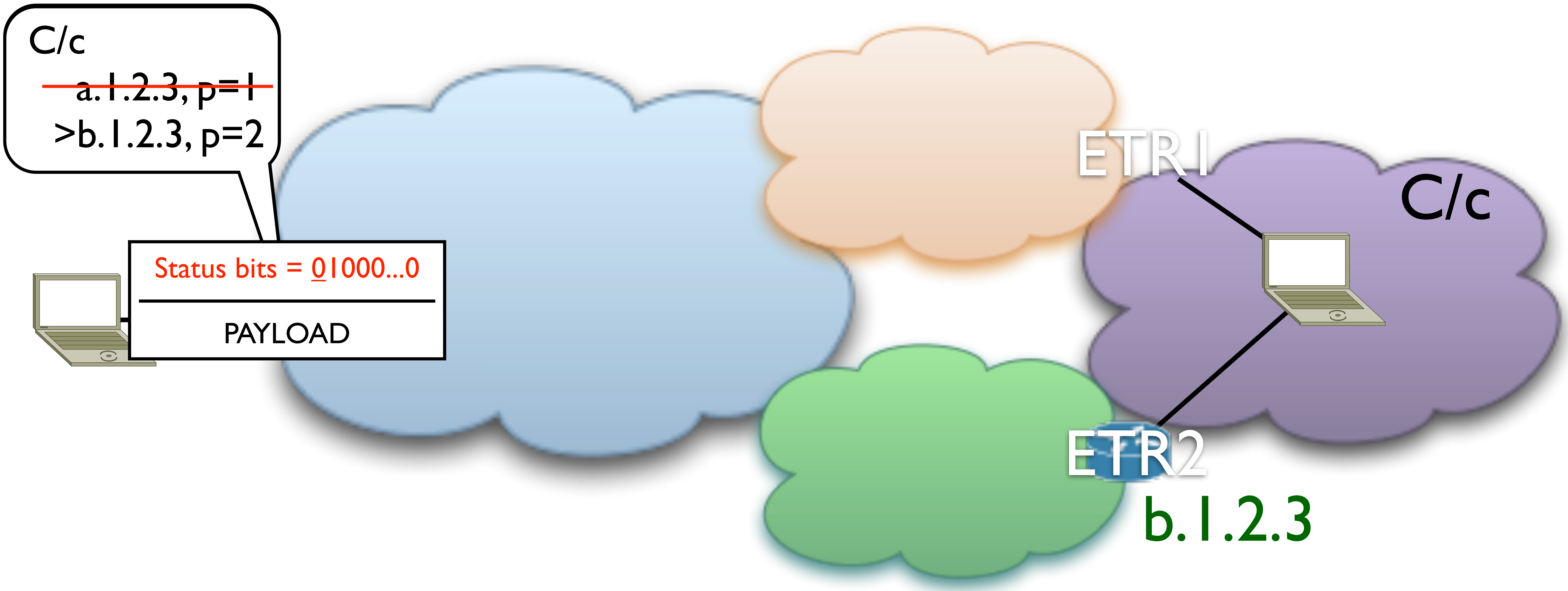
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



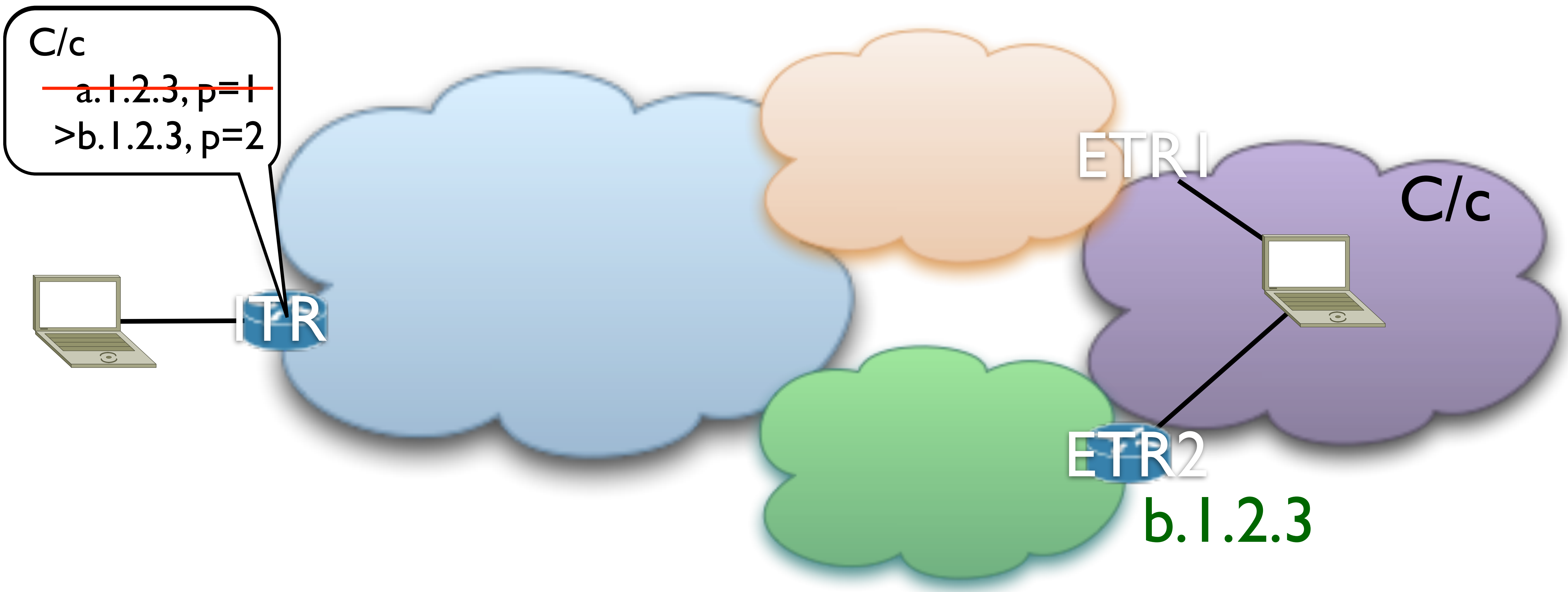
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



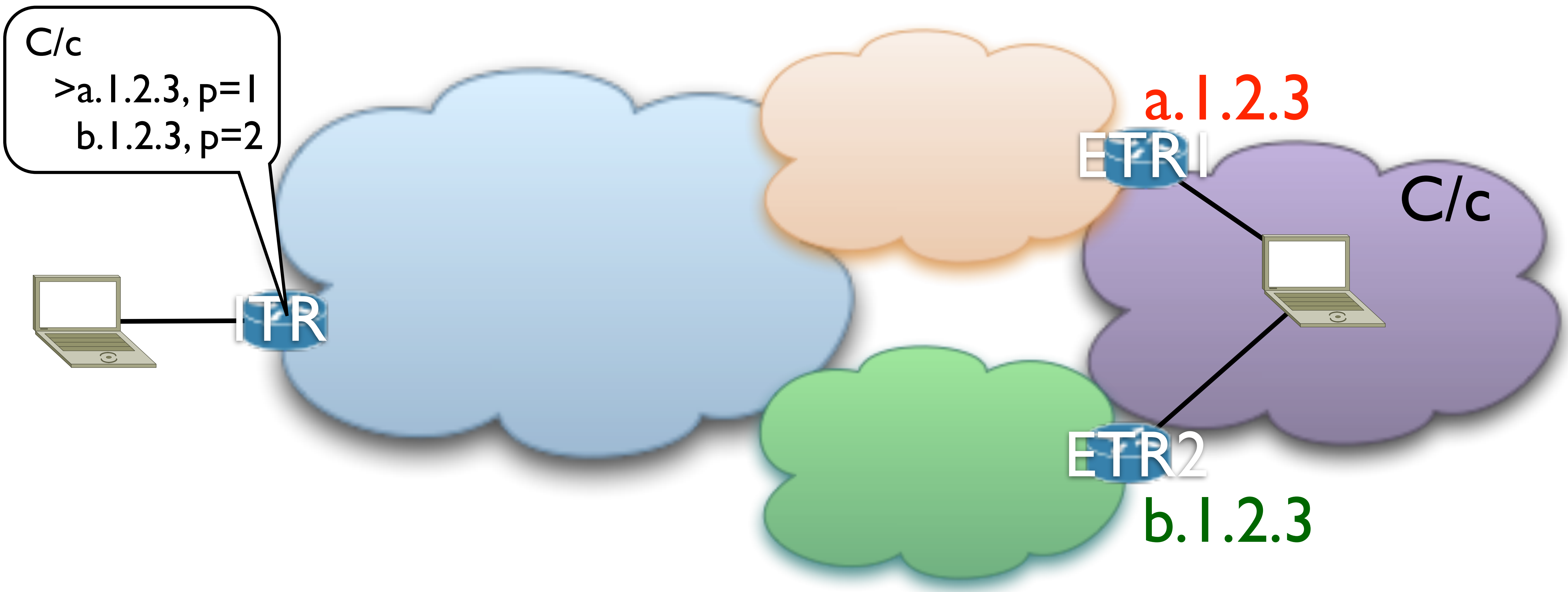
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the locator status bits



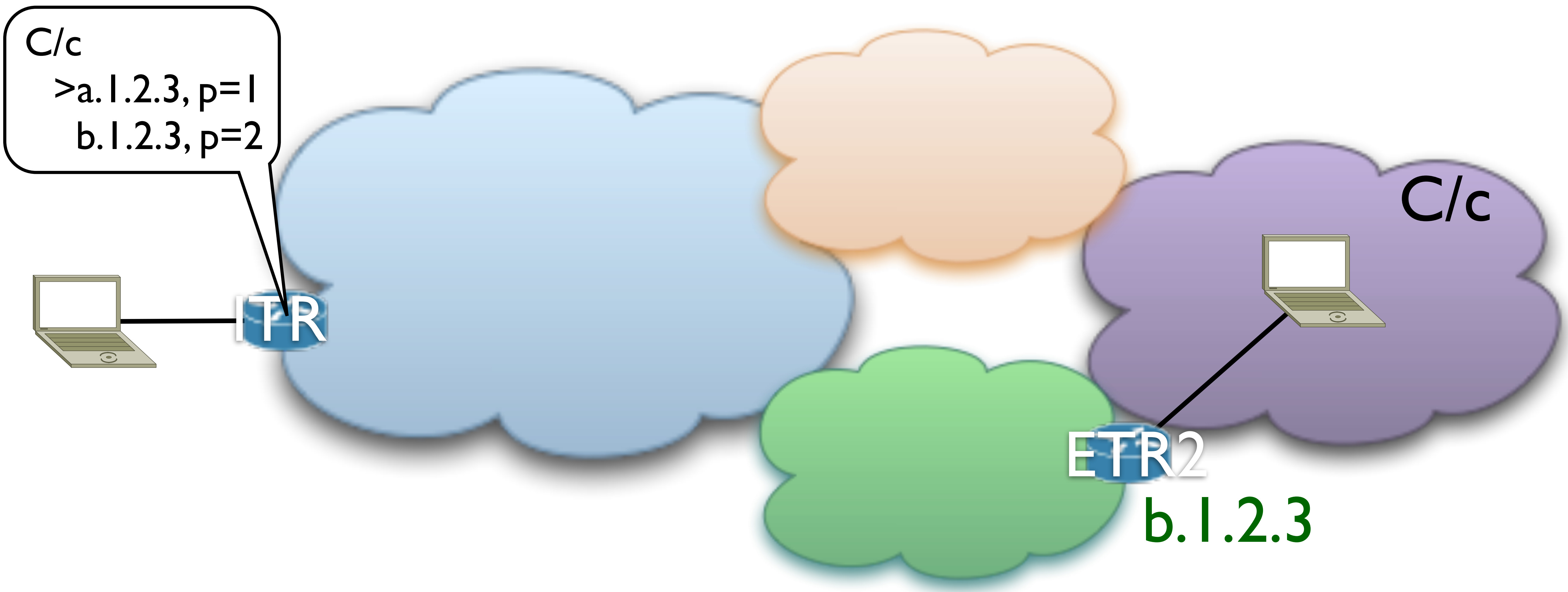
- ETR2 notices the failure and informs all ITRs to which it is sending LISP encapsulated packets by setting the reachability bit of ETR1 to 0

Solving the reachability problem with the SMR bit



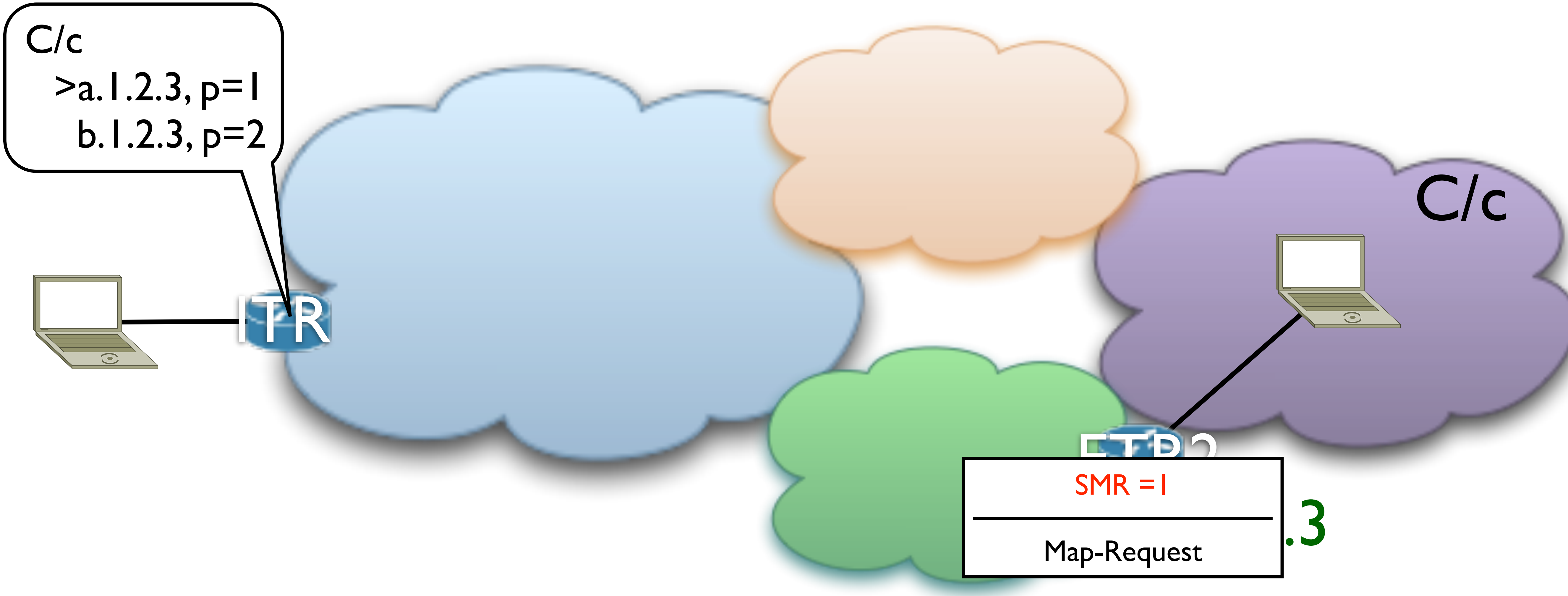
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



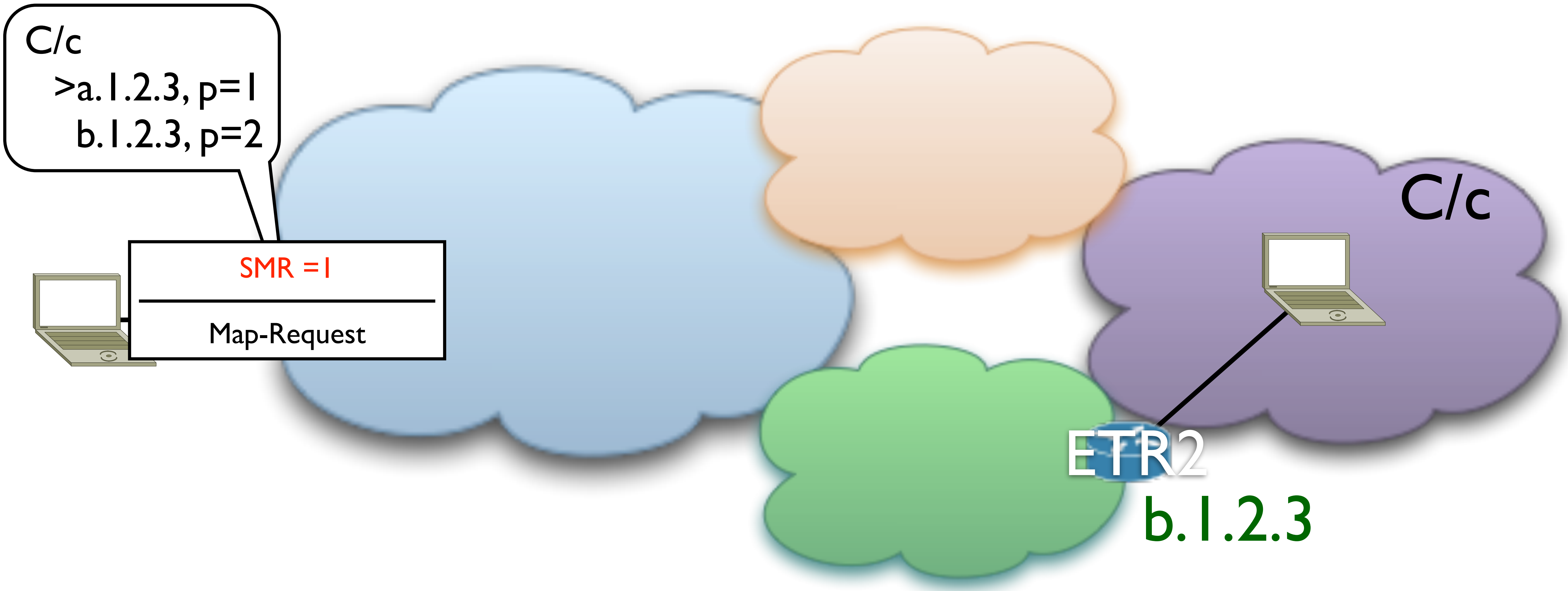
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



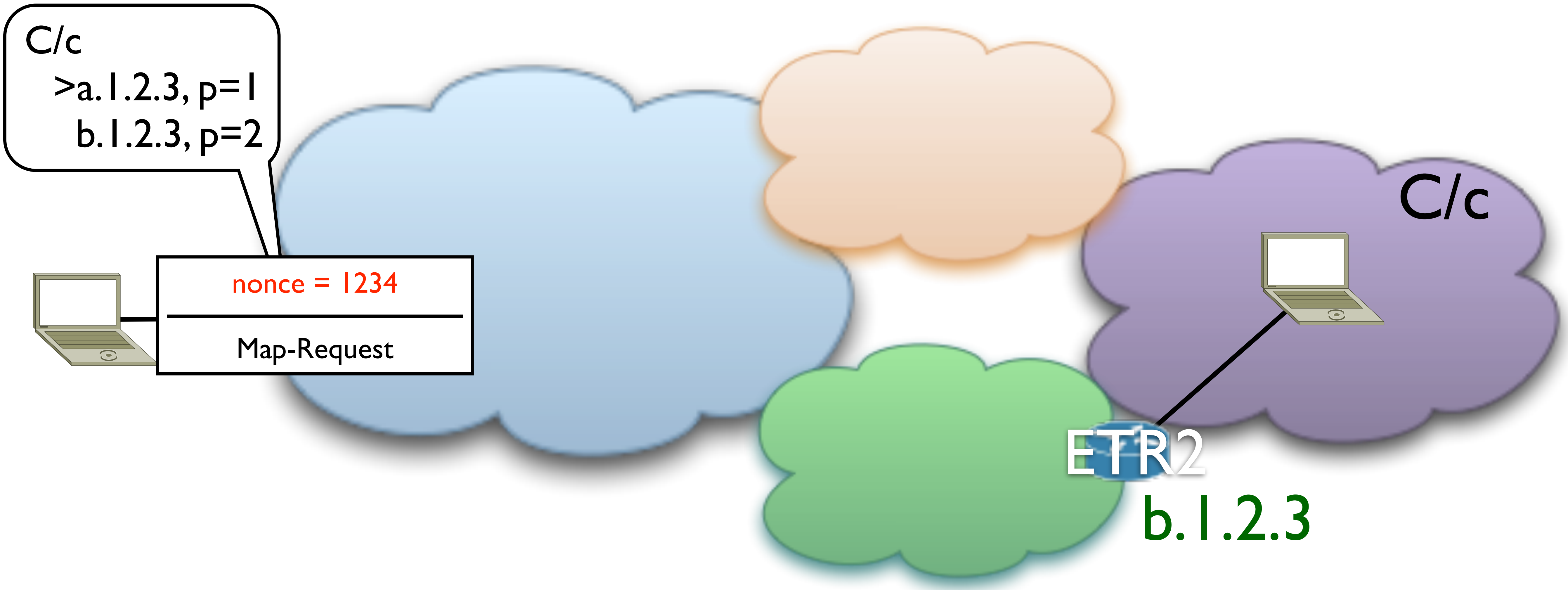
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



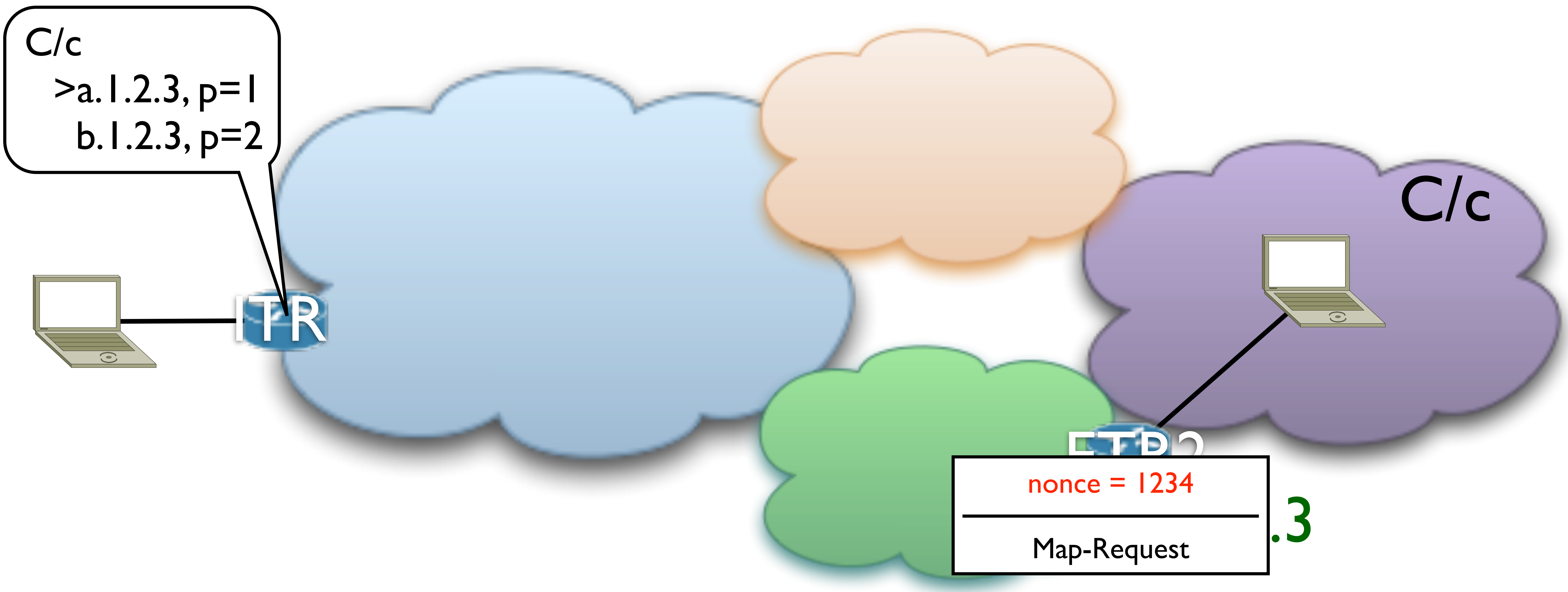
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



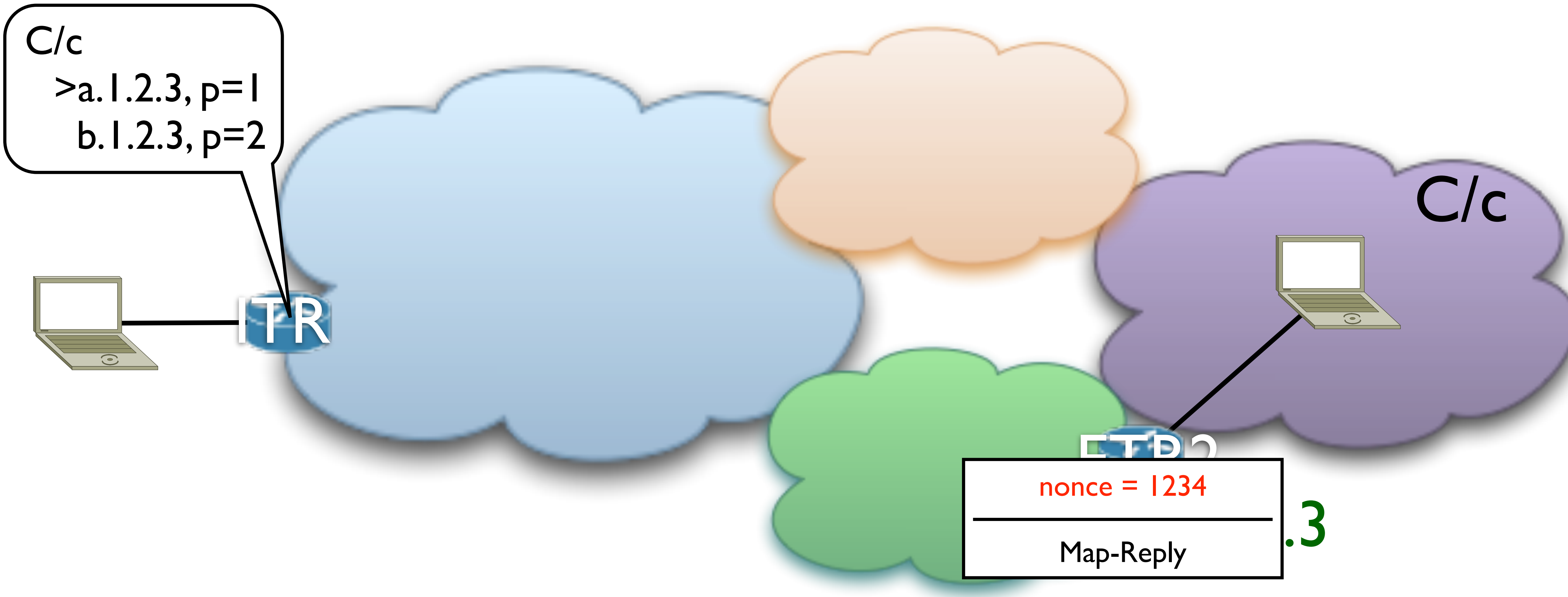
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



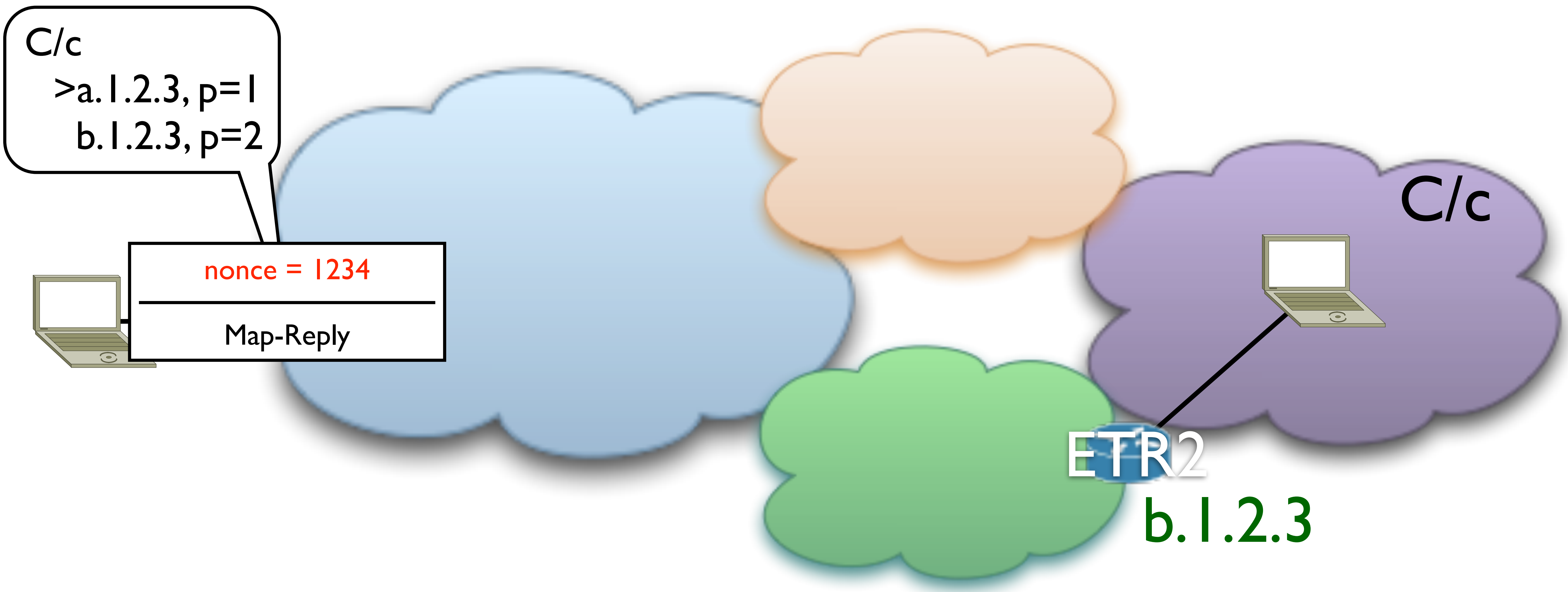
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



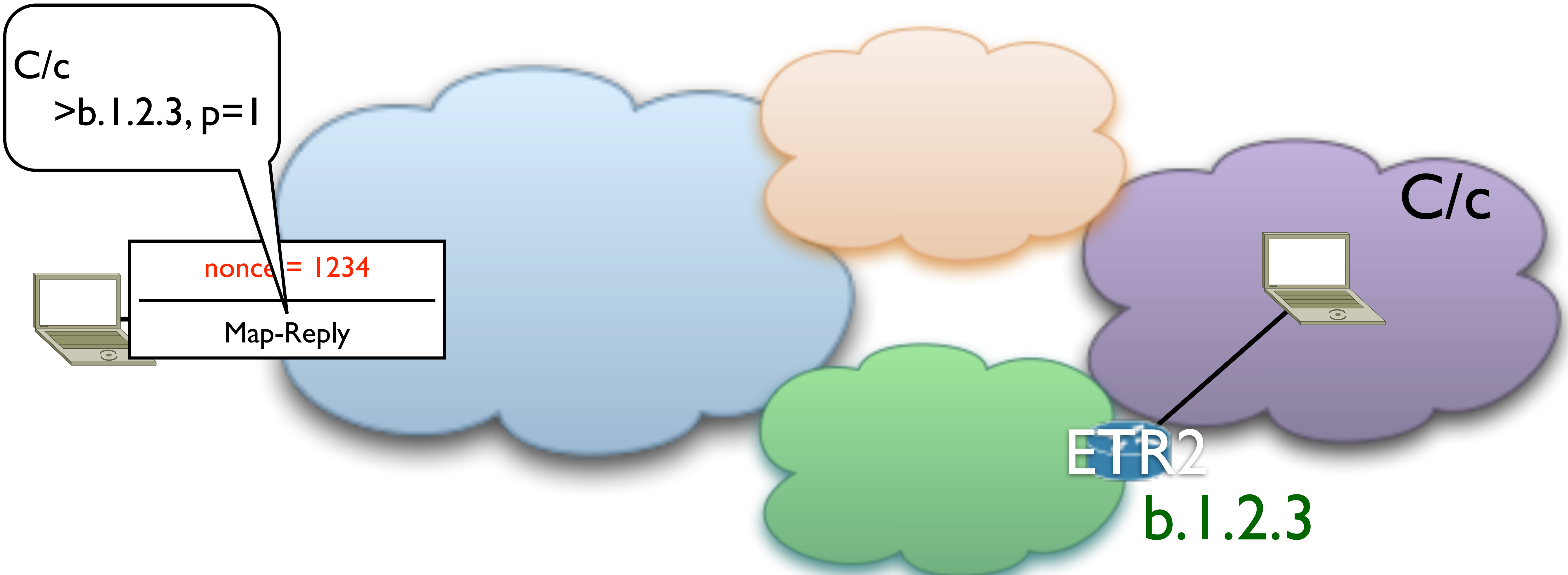
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



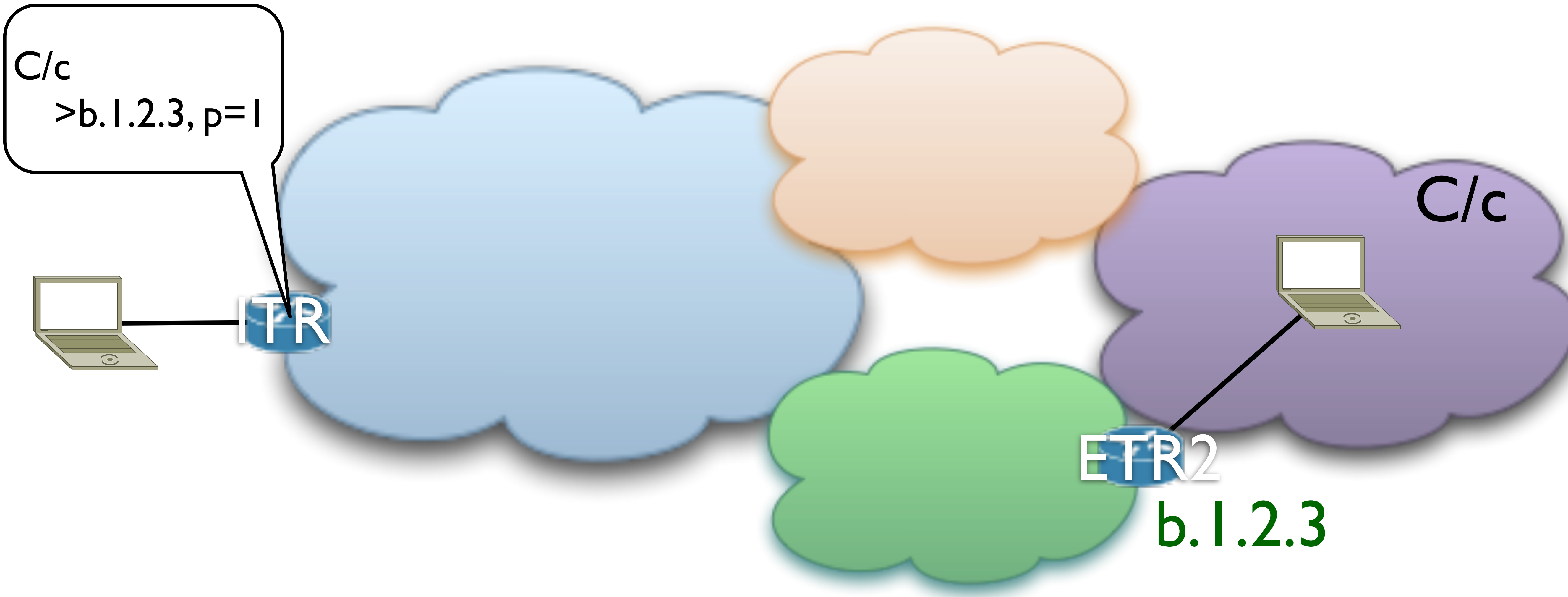
- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit



- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Solving the reachability problem with the SMR bit

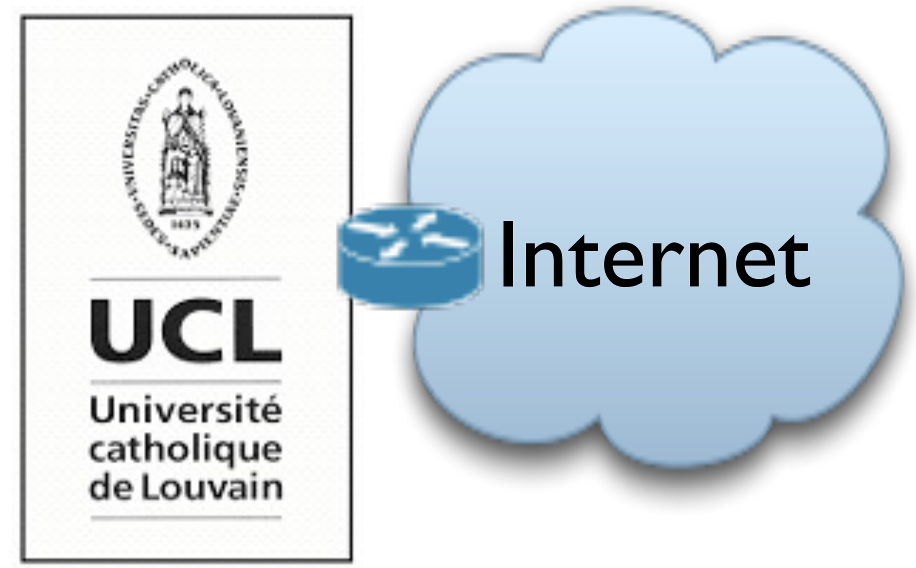


- ETR1 has been decommissioned and ETR2 wants that all the sites currently sending encapsulated data to itself update the mapping

Evaluation

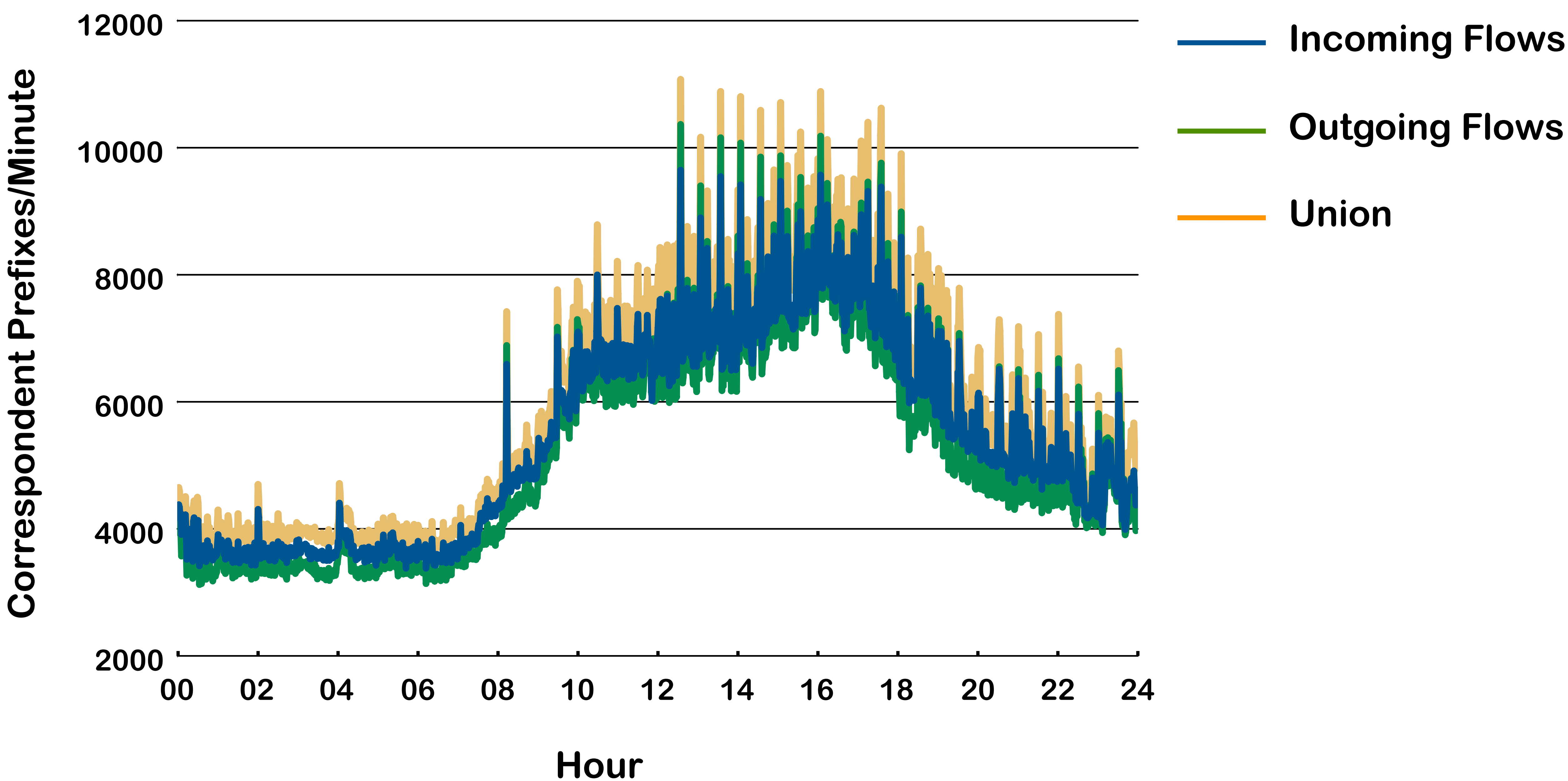
Evaluation of the cost of using LISP mappings

- Full Netflow (v7) on border router
- 1 Gigabit link to Belnet
- ~10000 users (/16 prefix block)
- Analysis: flow-tools + custom software
- /BGP Granularity of mappings
- iPlane data set

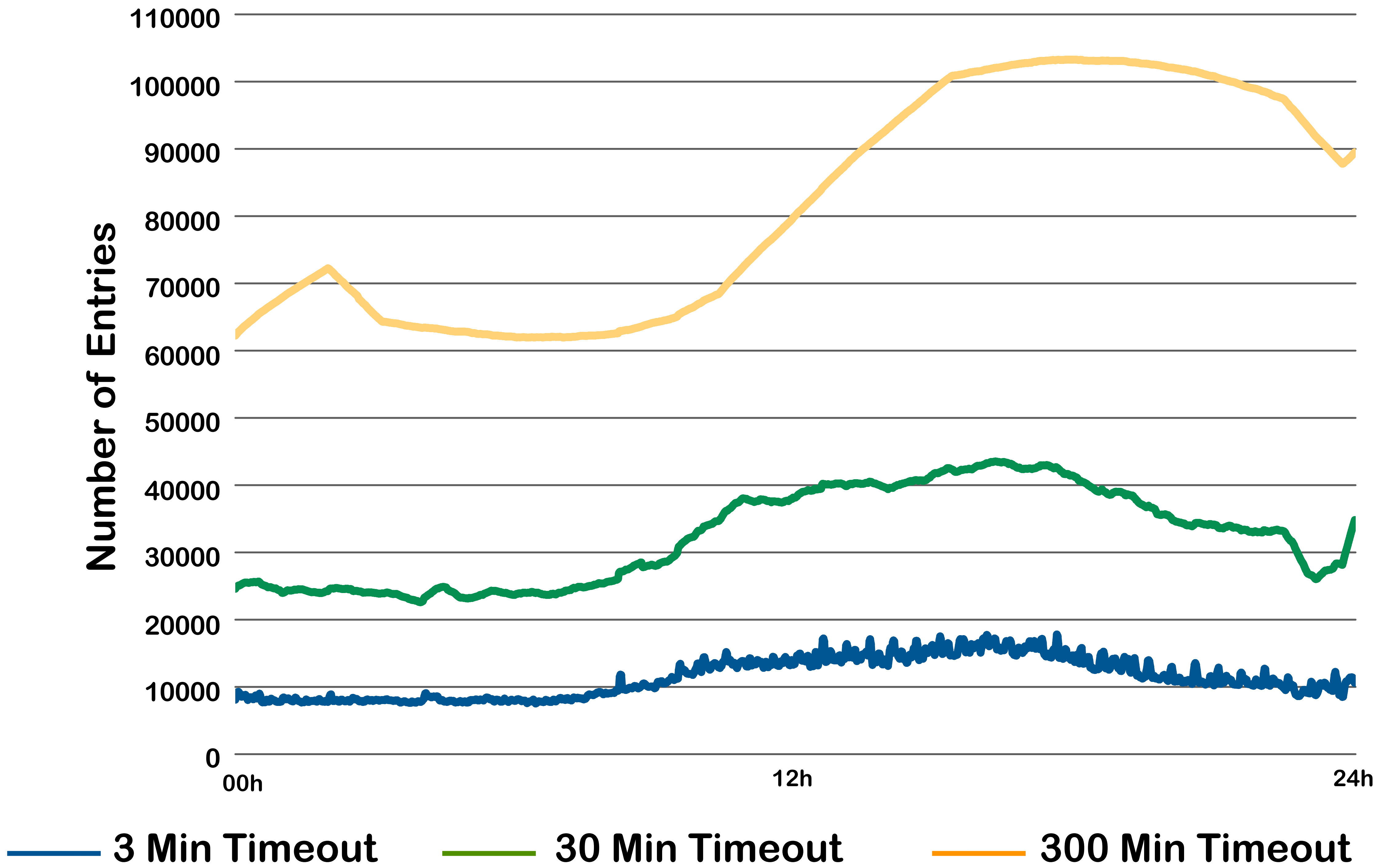


[CACHE] On the Cost of Caching Locator/ID Mappings, Iannone and Bonaventure, CoNEXT, 2007

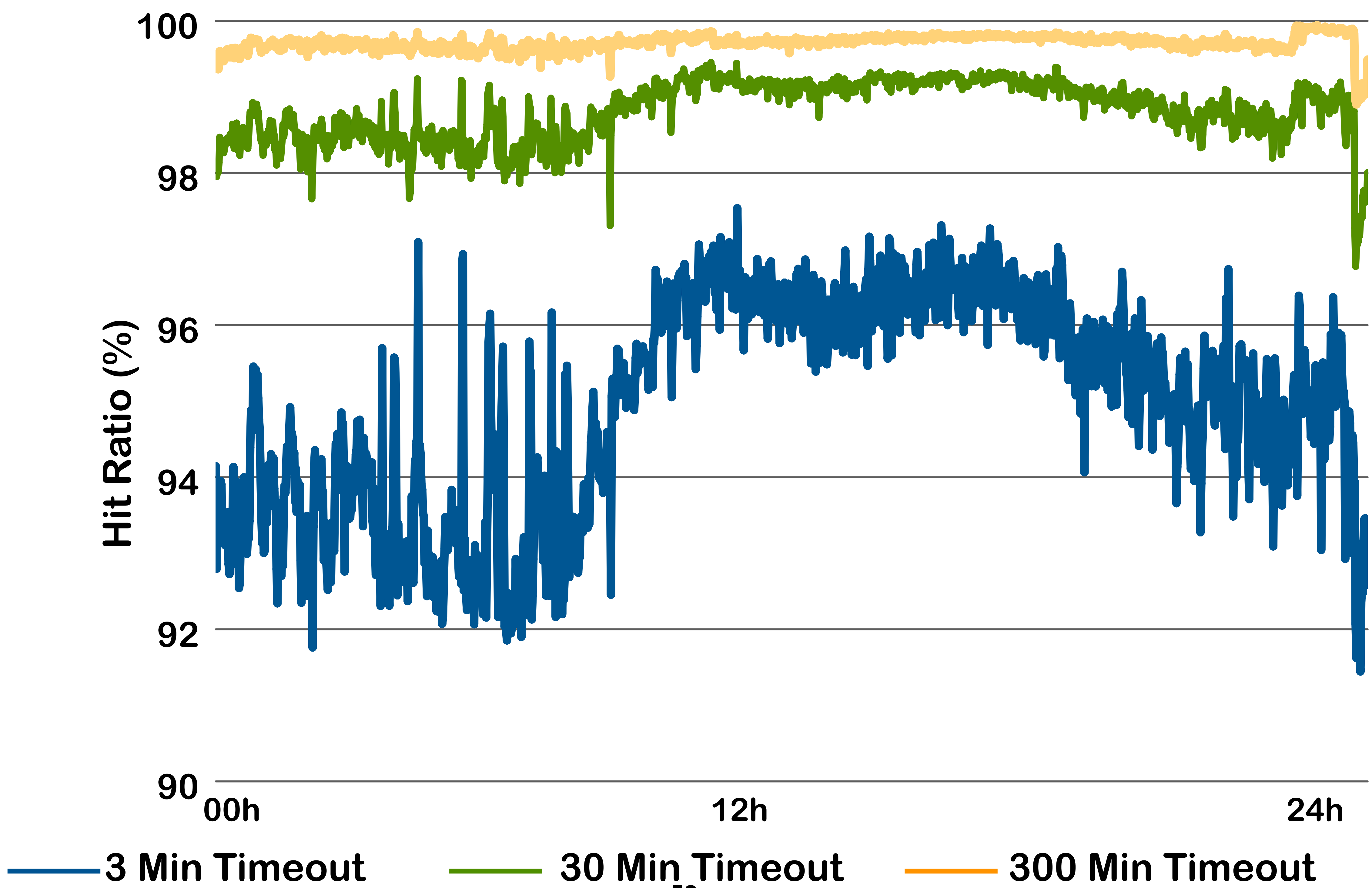
Correspondent prefixes



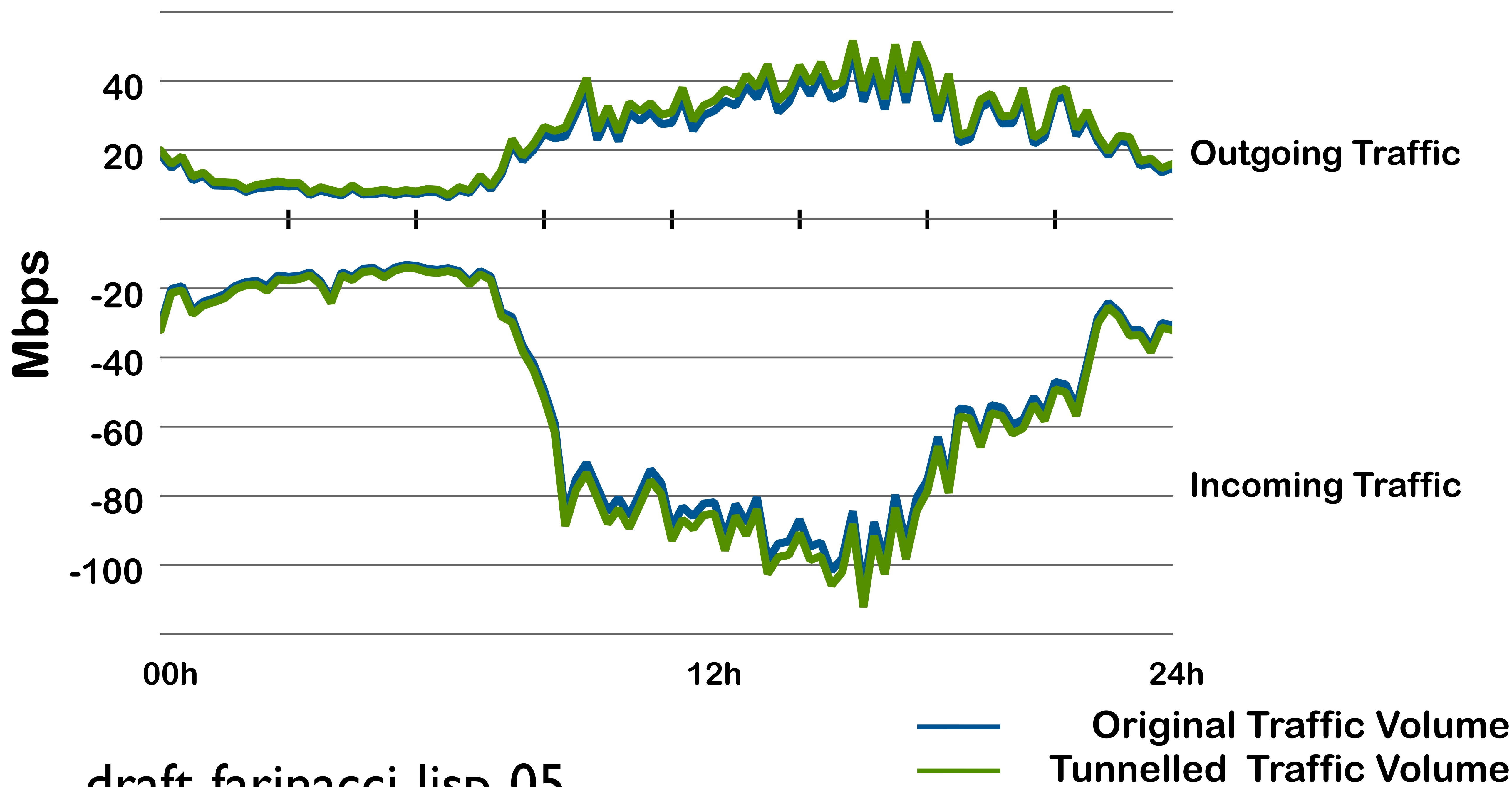
LISP Cache size



Hit ratio (full PULL)



Traffic volume & tunneling overhead



draft-farinacci-lisp-05

Conclusion

Conclusion

- Network based Locator/Identifier separation proposal
  - limited impact on the router
  - limited impact on the traffic
- How to recover from failures?
- How to secure the whole system?