目 录

OSPF 1
OSPF 的特点 1
OSPF 的基本概念 1
OSPF 区域与路由聚合 4
OSPF 的网络类型 9
DR/BDR 10
OSPF 的报文格式 11
LSA 类型 16

OSPF

OSPF（Open Shortest Path First，开放最短路径优先）是 IETF（Internet Engineering Task Force，互联网工程任务组）组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议。目前针对 IPv4 协议使用的是 OSPF Version 2。

OSPF 的特点

OSPF 具有如下特点：

- 适应范围广：支持各种规模的网络，最多可支持几百台路由器。
- 快速收敛：在网络的拓扑结构发生变化后立即发送更新报文，使这一变化在自治系统中同步。
- 无自环：由于 OSPF 根据收集到的链路状态用最短路径树算法计算路由，从算法本身保证了不会生成自环路由。
- 区域划分：允许自治系统的网络被划分成区域来管理。路由器链路状态数据库的减小降低了内存的消耗和 CPU 的负担；区域间传送路由信息的减少降低了网络带宽的占用。
- 等价路由：支持到同一目的地址的多条等价路由。
- 路由分级：使用 4 类不同的路由，按优先顺序来说分别是：区域内路由、区域间路由、第一类外部路由、第二类外部路由。
- 支持验证：支持基于接口的报文验证，以保证报文交互和路由计算的安全性。
- 组播发送：在某些类型的链路上以组播地址发送协议报文，减少对其他设备的干扰。

OSPF 的基本概念

1. 自治系统（Autonomous System）

一组使用相同路由协议交换路由信息的路由器，缩写为 AS。

2. OSPF 路由的计算过程

OSPF 协议路由的计算过程可简单描述如下：

- 每台 OSPF 路由器根据自己周围的网络拓扑结构生成 LSA（Link State Advertisement，链路状态通告），并通过更新报文将 LSA 发送给网络中的其它 OSPF 路由器。
- 每台 OSPF 路由器都会收集其它路由器通告的 LSA，所有的 LSA 放在一起便组成了 LSDB（Link State Database，链路状态数据库）。LSA 是对路由器周围网络拓扑结构的描述，LSDB 则是对整个自治系统的网络拓扑结构的描述。
- OSPF 路由器将 LSDB 转换成一张带权的有向图，这张图便是对整个网络拓扑结构的真实反映。各个路由器得到的有向图是完全相同的。
- 每台路由器根据有向图，使用 SPF 算法计算出一棵以自己为根的最短路径树，这棵树给出了到自治系统中各节点的路由。

3. 路由器 ID 号

一台路由器如果要运行 OSPF 协议，则必须存在 RID（Router ID，路由器 ID）。RID 是一个 32 比特无符号整数，可以在一个自治系统中唯一的标识一台路由器。

RID 可以手工配置，也可以自动生成；如果没有通过命令指定 RID，将按照如下顺序自动生成一个 RID：

- 如果当前设备配置了 Loopback 接口，将选取所有 Loopback 接口上数值最大的 IP 地址作为 RID；
- 如果当前设备没有配置 Loopback 接口，将选取它所有已经配置 IP 地址且链路有效的接口上数值最大的 IP 地址作为 RID。

4. OSPF 的协议报文

OSPF 有五种类型的协议报文：

- Hello 报文：周期性发送，用来发现和维持 OSPF 邻居关系。内容包括一些定时器的数值、DR（Designated Router，指定路由器）、BDR（Backup Designated Router，备份指定路由器）以及自己已知的邻居。
- DD（Database Description，数据库描述）报文：描述了本地 LSDB 中每一条 LSA 的摘要信息，用于两台路由器进行数据库同步。
- LSR（Link State Request，链路状态请求）报文：向对方请求所需的 LSA。两台路由器互相交换 DD 报文之后，得知对端的路由器有哪些 LSA 是本地的 LSDB 所缺少的，这时需要发送 LSR 报文向对方请求所需的 LSA。内容包括所需要的 LSA 的摘要。
- LSU（Link State Update，链路状态更新）报文：向对方发送其所需要的 LSA。

- LSAck（Link State Acknowledgment，链路状态确认）报文：用来对收到的 LSA 进行确认。内容是需要确认的 LSA 的 Header（一个报文可对多个 LSA 进行确认）。

5. LSA 的类型

OSPF 中对链路状态信息的描述都是封装在 LSA 中发布出去，常用的 LSA 有以下几种类型：

- Router LSA（Type1）：由每个路由器产生，描述路由器的链路状态和开销，在其始发的区域内传播。
- Network LSA（Type2）：由 DR 产生，描述本网段所有路由器的链路状态，在其始发的区域内传播。
- Network Summary LSA（Type3）：由 ABR（Area Border Router，区域边界路由器）产生，描述区域内某个网段的路由，并通告给其他区域。
- ASBR Summary LSA（Type4）：由 ABR 产生，描述到 ASBR（Autonomous System Boundary Router，自治系统边界路由器）的路由，通告给相关区域。
- AS External LSA（Type5）：由 ASBR 产生，描述到 AS（Autonomous System，自治系统）外部的路由，通告到所有的区域（除了 Stub 区域和 NSSA 区域）。
- NSSA External LSA（Type7）：由 NSSA（Not-So-Stubby Area）区域内的 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由，仅在 NSSA 区域内传播。
- Opaque LSA：是一个被提议的 LSA 类别，由标准的 LSA 头部后面跟随特殊应用的信息组成，可以直接由 OSPF 协议使用，或者由其它应用分发信息到整个 OSPF 域间接使用。Opaque LSA 分为 Type 9、Type10、Type11 三种类型，泛洪区域不同；其中，Type 9 的 Opaque LSA 仅在本地链路范围进行泛洪，Type 10 的 Opaque LSA 仅在本地区域范围进行泛洪，Type 11 的 LSA 可以在一个自治系统范围进行泛洪。

6. 邻居和邻接

在 OSPF 中，邻居（Neighbor）和邻接（Adjacency）是两个不同的概念。

OSPF 路由器启动后，便会通过 OSPF 接口向外发送 Hello 报文。收到 Hello 报文的 OSPF 路由器会检查报文中所定义的参数，如果双方一致就会形成邻居关系。

形成邻居关系的双方不一定都能形成邻接关系，这要根据网络类型而定。只有当双方成功交换 DD 报文，交换 LSA 并达到 LSDB 的同步之后，才形成真正意义上的邻接关系。

OSPF 区域与路由聚合

1. 区域划分

随着网络规模日益扩大，当一个大型网络中的路由器都运行 OSPF 路由协议时，路由器数量的增多会导致 LSDB 非常庞大，占用大量的存储空间，并使得运行 SPF 算法的复杂度增加，导致 CPU 负担很重。

在网络规模增大之后，拓扑结构发生变化的概率也增大，网络会经常处于“振荡”之中，造成网络中会有大量的 OSPF 协议报文在传递，降低了网络的带宽利用率。更为严重的是，每一次变化都会导致网络中所有的路由器重新进行路由计算。

OSPF 协议通过将自治系统划分成不同的区域（Area）来解决上述问题。区域是从逻辑上将路由器划分为不同的组，每个组用区域号（Area ID）来标识。区域的边界是路由器，而不是链路。一个网段（链路）只能属于一个区域，或者说每个运行 OSPF 的接口必须指明属于哪一个区域。如图 1所示。

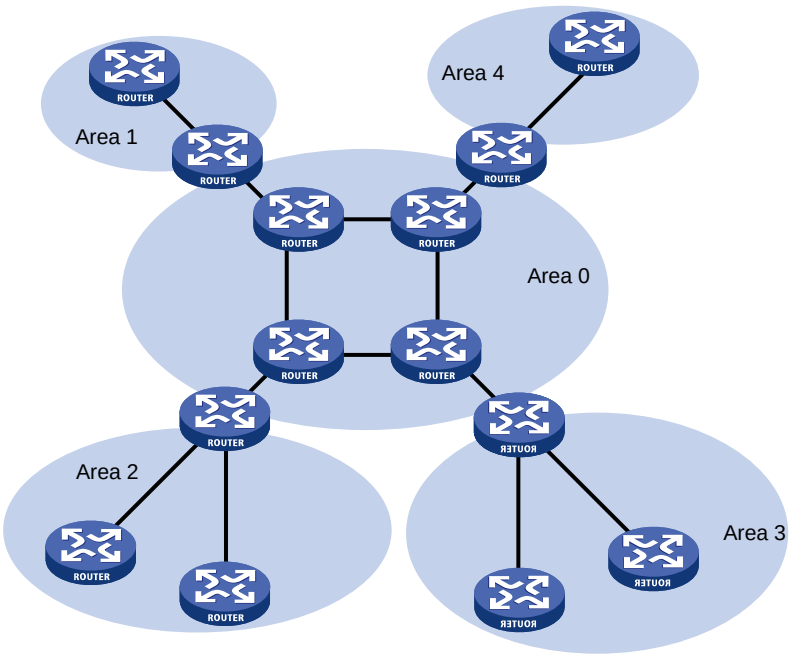

图1 OSPF 区域划分

划分区域后，可以在区域边界路由器上进行路由聚合，以减少通告到其他区域的 LSA 数量，还可以将网络拓扑变化带来的影响最小化。

2. 路由器的类型

OSPF 路由器根据在 AS 中的不同位置，可以分为以下四类：

(1) 区域内路由器（Internal Router）

该类路由器的所有接口都属于同一个 OSPF 区域。

(2) 区域边界路由器 ABR（Area Border Router）

该类路由器可以同时属于两个以上的区域，但其中一个必须是骨干区域（骨干区域的介绍请参见下一小节）。ABR 用来连接骨干区域和非骨干区域，它与骨干区域之间既可以是物理连接，也可以是逻辑上的连接。

(3) 骨干路由器（Backbone Router）

该类路由器至少有一个接口属于骨干区域。因此，所有的 ABR 和位于 Area0 的内部路由器都是骨干路由器。

(4) 自治系统边界路由器 ASBR

与其他 AS 交换路由信息的路由器称为 ASBR。ASBR 并不一定位于 AS 的边界，它有可能是区域内路由器，也有可能是 ABR。只要一台 OSPF 路由器引入了外部路由的信息，它就成为 ASBR。

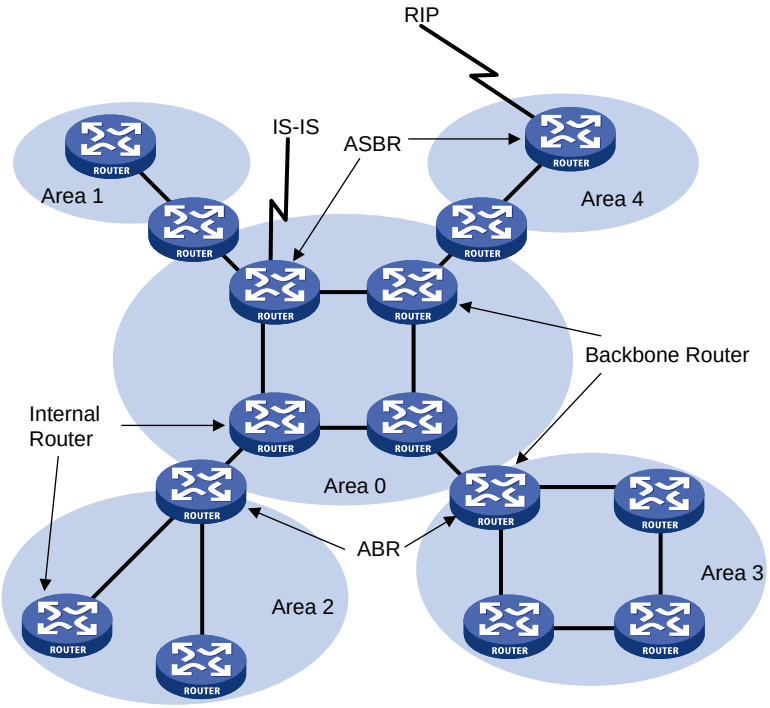

图2 OSPF 路由器的类型

3. 骨干区域与虚连接

OSPF 划分区域之后，并非所有的区域都是平等的关系。其中有一个区域是与众不同的，它的区域号（Area ID）是 0，通常被称为骨干区域。骨干区域负责区域之间的路由，非骨干区域之间的路由信息必须通过骨干区域来转发。对此，OSPF 有两个规定：

- 所有非骨干区域必须与骨干区域保持连通；
- 骨干区域自身也必须保持连通。

但在实际应用中，可能会因为各方面条件的限制，无法满足这个要求。这时可以通过配置 OSPF 虚连接（Virtual Link）予以解决。

虚连接是指在两台 ABR 之间通过一个非骨干区域而建立的一条逻辑上的连接通道。它的两端必须是 ABR，而且必须在两端同时配置方可生效。为虚连接两端提供一条非骨干区域内部路由的区域称为传输区（Transit Area）。

在图 3中，Area2 与骨干区域之间没有直接相连的物理链路，但可以在 ABR 上配置虚连接，使 Area2 通过一条逻辑链路与骨干区域保持连通。

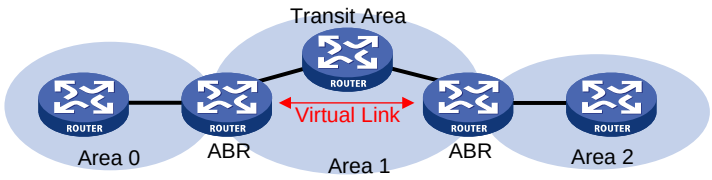

图3 虚连接示意图之一

虚连接的另外一个应用是提供冗余的备份链路，当骨干区域因链路故障不能保持连通时，通过虚连接仍然可以保证骨干区域在逻辑上的连通性。如图 4所示。

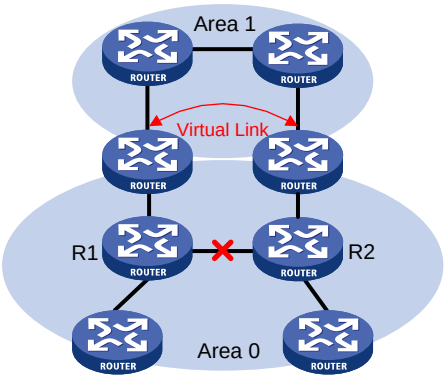

图4 虚连接示意图之二

虚连接相当于在两个 ABR 之间形成了一个点到点的连接，因此，在这个连接上，和物理接口一样可以配置接口的各参数，如发送 Hello 报文间隔等。

两台 ABR 之间直接传递 OSPF 报文信息，它们之间的 OSPF 路由器只是起到一个转发报文的作用。由于协议报文的目的地址不是中间这些路由器，所以这些报文对于它们而言是透明的，只是当作普通的 IP 报文来转发。

4. (Totally) Stub 区域

Stub 区域是一些特定的区域，Stub 区域的 ABR 不允许注入 Type5 LSA，在这些区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量都会大大减少。

为了进一步减少 Stub 区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量，可以将该区域配置为 Totally Stub（完全 Stub）区域，该区域的 ABR 不会将区域间的路由信息和外部路由信息传递到本区域。

(Totally) Stub 区域是一种可选的配置属性，但并不是每个区域都符合配置的条件。通常来说，(Totally) Stub 区域位于自治系统的边界。

为保证到本自治系统的其他区域或者自治系统外的路由依旧可达，该区域的 ABR 将生成一条缺省路由，并发布给本区域中的其他非 ABR 路由器。

配置(Totally) Stub 区域时需要注意下列几点：

- 骨干区域不能配置成(Totally) Stub 区域。
- 如果要将一个区域配置成(Totally) Stub 区域，则该区域中的所有路由器必须都要配置 **stub** [**no-summary**]命令。
- (Totally) Stub 区域内不能存在 ASBR，即自治系统外部的路由不能在本区域内传播。
- 虚连接不能穿过(Totally) Stub 区域。

5. NSSA 区域

NSSA（Not-So-Stubby Area）区域是 Stub 区域的变形，与 Stub 区域有许多相似的地方。NSSA 区域也不允许 Type5 LSA 注入，但可以允许 Type7 LSA 注入。Type7 LSA 由 NSSA 区域的 ASBR 产生，在 NSSA 区域内传播。当 Type7 LSA 到达 NSSA 的 ABR 时，由 ABR 将 Type7 LSA 转换成 Type5 LSA，传播到其他区域。

如图 5所示，运行 OSPF 协议的自治系统包括 3 个区域：区域 1、区域 2 和区域 0，另外两个自治系统运行 RIP 协议。区域 1 被定义为 NSSA 区域，区域 1 接收的 RIP 路由传播到 NSSA ASBR 后，由 NSSA ASBR 产生 Type7 LSA 在区域 1 内传播，当 Type7 LSA 到达 NSSA ABR 后，转换成 Type5 LSA 传播到区域 0 和区域 2。

另一方面，运行 RIP 的自治系统的 RIP 路由通过区域 2 的 ASBR 产生 Type5 LSA 在 OSPF 自治系统中传播。但由于区域 1 是 NSSA 区域，所以 Type5 LSA 不会到达区域 1。

与 Stub 区域一样，虚连接也不能穿过 NSSA 区域。

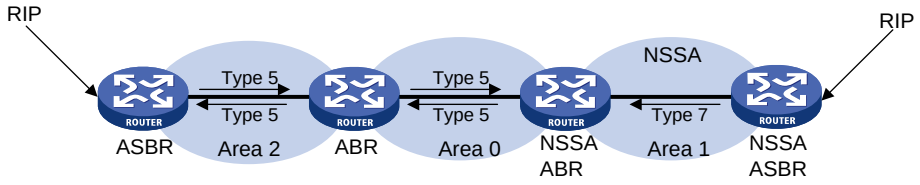

图5 NSSA 区域

6. 路由聚合

路由聚合是指 ABR 或 ASBR 将具有相同前缀的路由信息聚合，只发布一条路由到其它区域。

AS 被划分成不同的区域后，区域间可以通过路由聚合来减少路由信息，减小路由表的规模，提高路由器的运算速度。

例如，图 6中，Area 1 内有三条区域内路由 19.1.1.0/24，19.1.2.0/24，19.1.3.0/24，如果此时在 Router A 上配置了路由聚合，将三条路由聚合成一条 19.1.0.0/16，则 Router A 就只生成一条聚合后的 LSA，并发布给 Area0 中的其他路由器。

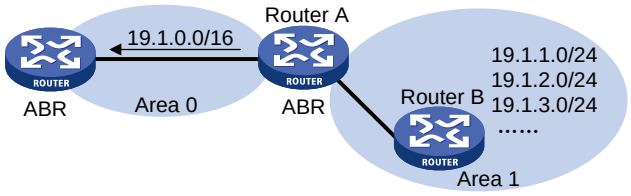

图6 路由聚合示意图

OSPF 有两类聚合：

(1) ABR 聚合

ABR 向其它区域发送路由信息时，以网段为单位生成 Type3 LSA。如果该区域中存在一些连续的网段，则可以将这些连续的网段聚合成一个网段。这样 ABR 只发送一条聚合后的 LSA，所有属于聚合网段范围的 LSA 将不再会被单独发送出去，这样可减少其它区域中 LSDB 的规模。

(2) ASBR 聚合

配置引入路由聚合后，如果本地路由器是自治系统边界路由器 ASBR，将对引入的聚合地址范围内的 Type5 LSA 进行聚合。当配置了 NSSA 区域时，还要对引入的聚合地址范围内的 Type7 LSA 进行聚合。

如果本地路由器是 ABR，则对由 Type7 LSA 转化成的 Type5 LSA 进行聚合处理。

7. 路由类型

OSPF 将路由分为四类，按照优先级从高到低的顺序依次为：

- 区域内路由（Intra Area）
- 区域间路由（Inter Area）
- 第一类外部路由（Type1 External）：这类路由的可信程度较高，并且和 OSPF 自身路由的开销具有可比性，所以到第一类外部路由的开销等于本路由器到相应的 ASBR 的开销与 ASBR 到该路由目的地址的开销之和。
- 第二类外部路由（Type2 External）：这类路由的可信度比较低，所以 OSPF 协议认为从 ASBR 到自治系统之外的开销远远大于在自治系统之内到达 ASBR 的开销。所以计算路由开销时将主要考虑前者，即到第二类外部路由的开销等于 ASBR 到该路由目的地址的开销。如果计算出开销值相等的两条路由，再考虑本路由器到相应的 ASBR 的开销。

区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构，外部路由则描述了应该如何选择到 AS 以外目的地址的路由。

OSPF 的网络类型

1. OSPF 的 4 种网络类型

OSPF 根据链路层协议类型将网络分为下列四种类型：

- Broadcast：当链路层协议是 Ethernet、FDDI 时，OSPF 缺省认为网络类型是 Broadcast。在该类型的网络中，通常以组播形式（224.0.0.5 和 224.0.0.6）发送协议报文。
- NBMA（Non-Broadcast Multi-Access，非广播多路访问）：当链路层协议是帧中继、ATM 或 X.25 时，OSPF 缺省认为网络类型是 NBMA。在该类型的网络中，以单播形式发送协议报文。
- P2MP（Point-to-MultiPoint，点到多点）：没有一种链路层协议会被缺省的认为是 P2MP 类型。点到多点必须是由其他的网络类型强制更改的。常用做法是将 NBMA 改为点到多点的网络。在该类型的网络中，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。
- P2P（Point-to-Point，点到点）：当链路层协议是 PPP、HDLC 时，OSPF 缺省认为网络类型是 P2P。在该类型的网络中，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。

2. NBMA 网络的配置原则

NBMA 网络是指非广播、多点可达的网络，比较典型的有 ATM 和帧中继网络。

对于接口的网络类型为 NBMA 的网络需要进行一些特殊的配置。由于无法通过广播 Hello 报文的形式发现相邻路由器，必须手工为该接口指定相邻路由器的 IP 地址，以及该相邻路由器是否有 DR 选举权等。

NBMA 网络必须是全连通的，即网络中任意两台路由器之间都必须有一条虚电路直接可达。如果部分路由器之间没有直接可达的链路时，应将接口配置成 P2MP 类型。如果路由器在 NBMA 网络中只有一个对端，也可将接口类型配置为 P2P 类型。

NBMA 与 P2MP 网络之间的区别如下：

- NBMA 网络是指那些全连通的、非广播、多点可达网络。而 P2MP 网络，则并不需要一定是全连通的。
- 在 NBMA 网络中需要选举 DR 与 BDR，而在 P2MP 网络中没有 DR 与 BDR。

- NBMA 是一种缺省的网络类型，而 P2MP 网络必须是由其它的网络强制更改的。最常见的做法是将 NBMA 网络改为 P2MP 网络。
- NBMA 网络采用单播发送报文，需要手工配置邻居。P2MP 网络采用组播方式发送报文。

DR/BDR

1. DR/BDR 简介

在广播网和 NBMA 网络中，任意两台路由器之间都要交换路由信息。如果网络中有 n 台路由器，则需要建立 n(n-1)/2 个邻接关系。这使得任何一台路由器的路由变化都会导致多次传递，浪费了带宽资源。为解决这一问题，OSPF 协议定义了指定路由器 DR（Designated Router），所有路由器都只将信息发送给 DR，由 DR 将网络链路状态发送出去。

如果 DR 由于某种故障而失效，则网络中的路由器必须重新选举 DR，再与新的 DR 同步。这需要较长的时间，在这段时间内，路由的计算是不正确的。为了能够缩短这个过程，OSPF 提出了 BDR（Backup Designated Router，备份指定路由器）的概念。

BDR 实际上是对 DR 的一个备份，在选举 DR 的同时也选举出 BDR，BDR 也和本网段内的所有路由器建立邻接关系并交换路由信息。当 DR 失效后，BDR 会立即成为 DR。由于不需要重新选举，并且邻接关系事先已建立，所以这个过程是非常短暂的。当然这时还需要再重新选举出一个新的 BDR，虽然一样需要较长的时间，但并不会影响路由的计算。

DR 和 BDR 之外的路由器（称为 DR Other）之间将不再建立邻接关系，也不再交换任何路由信息。这样就减少了广播网和 NBMA 网络上各路由器之间邻接关系的数量。

如图 7所示，用实线代表以太网物理连接，虚线代表建立的邻接关系。可以看到，采用 DR/BDR 机制后，5 台路由器之间只需要建立 7 个邻接关系就可以了。

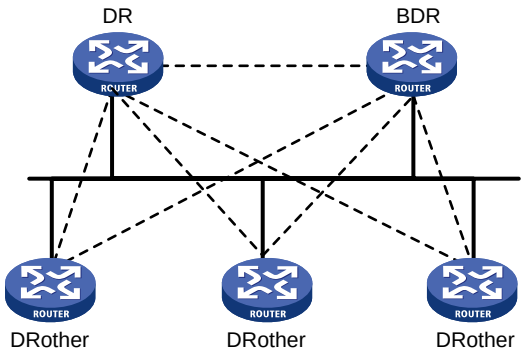

图7 DR 和 BDR 示意图

2. DR/BDR 选举过程

DR 和 BDR 是由同一网段中所有的路由器根据路由器优先级、Router ID 通过 HELLO 报文选举出来的，只有优先级大于 0 的路由器才具有选取资格。

进行 DR/BDR 选举时每台路由器将自己选出的 DR 写入 Hello 报文中，发给网段上的每台运行 OSPF 协议的路由器。当处于同一网段的两台路由器同时宣布自己是 DR 时，路由器优先级高者胜出。如果优先级相等，则 Router ID 大者胜出。如果一台路由器的优先级为 0，则它不会被选举为 DR 或 BDR。

需要注意的是：

- 只有在广播或 NBMA 类型接口才会选举 DR，在点到点或点到多点类型的接口上不需要选举 DR。
- DR 是某个网段中的概念，是针对路由器的接口而言的。某台路由器在一个接口上可能是 DR，在另一个接口上有可能是 BDR，或者是 DR Other。
- 路由器的优先级可以影响一个选取过程，但是当 DR/BDR 已经选取完毕，就算一台具有更高优先级的路由器变为有效，也不会替换该网段中已经选取的 DR/BDR 成为新的 DR/BDR。
- DR 并不一定就是路由器优先级最高的路由器接口；同理，BDR 也并不一定就是路由器优先级次高的路由器接口。

OSPF 的报文格式

OSPF 报文直接封装为 IP 报文协议报文，协议号为 89。一个比较完整的 OSPF 报文（以 LSU 报文为例）结构如图 8所示。

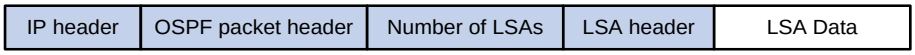

图8 OSPF 报文结构

1. OSPF 报文头

OSPF 有五种报文类型，它们有相同的报文头。如图 9所示。

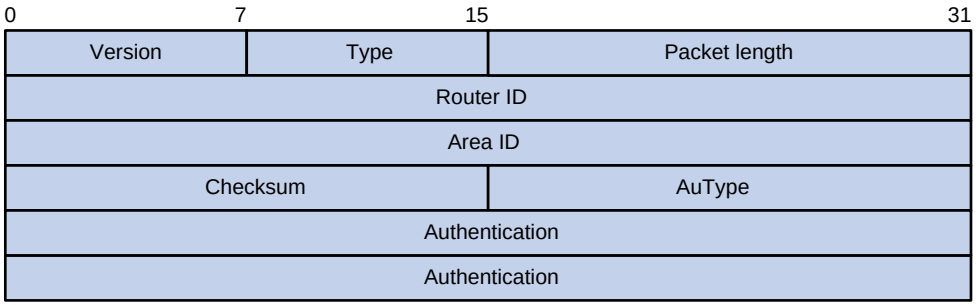

图9 OSPF 报文头格式

主要字段的解释如下：

- Version：OSPF 的版本号。对于 OSPFv2 来说，其值为 2。
- Type：OSPF 报文的类型。数值从 1 到 5，分别对应 Hello 报文、DD 报文、LSR 报文、LSU 报文和 LSAck 报文。
- Packet length：OSPF 报文的总长度，包括报文头在内，单位为字节。
- Router ID：始发该 LSA 的路由器的 ID。
- Area ID：始发 LSA 的路由器所在的区域 ID。
- Checksum：对整个报文的校验和。
- AuType：验证类型。可分为不验证、简单（明文）口令验证和 MD5 验证，其值分别为 0、1、2。
- Authentication：其数值根据验证类型而定。当验证类型为 0 时未作定义，为 1 时此字段为密码信息，类型为 2 时此字段包括 Key ID、MD5 验证数据长度和序列号的信息。

📖 **说明：**

MD5 验证数据添加在 OSPF 报文后面，不包含在 Authenticaiton 字段中。

---

2. Hello 报文（Hello Packet）

最常用的一种报文，周期性的发送给邻居路由器用来维持邻居关系以及 DR/BDR 的选举，内容包括一些定时器的数值、DR、BDR 以及自己已知的邻居。Hello 报文格式如图 10所示。

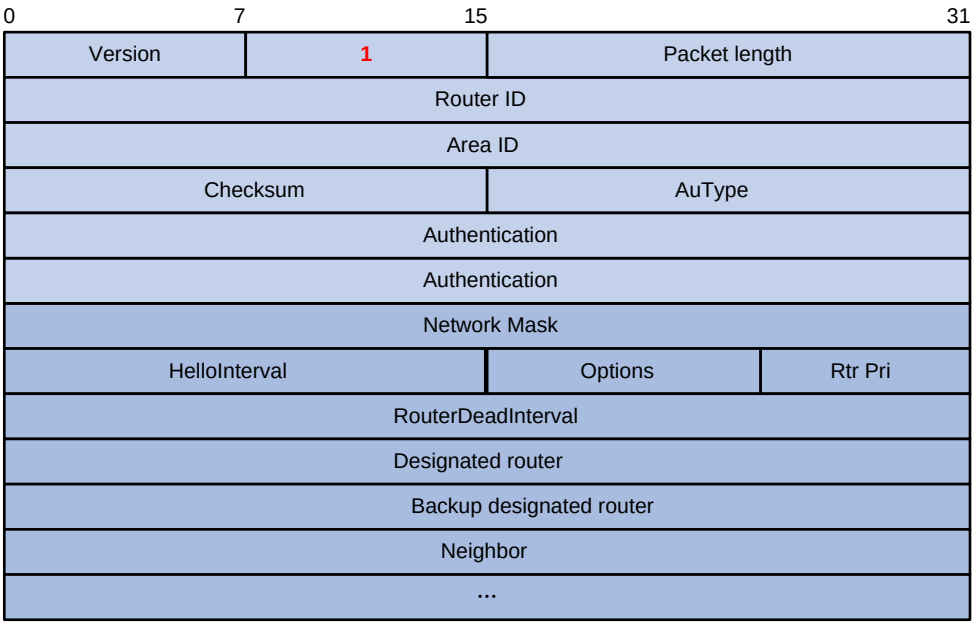

图10 Hello 报文格式

主要字段解释如下：

- Network Mask：发送 Hello 报文的接口所在网络的掩码，如果相邻两台路由器的网络掩码不同，则不能建立邻居关系。
- HelloInterval：发送 Hello 报文的时间间隔。如果相邻两台路由器的 Hello 间隔时间不同，则不能建立邻居关系。
- Rtr Pri：路由器优先级。如果设置为 0，则该路由器接口不能成为 DR/BDR。
- RouterDeadInterval：失效时间。如果在此时间内未收到邻居发来的 Hello 报文，则认为邻居失效。如果相邻两台路由器的失效时间不同，则不能建立邻居关系。
- Designated Router：指定路由器的接口的 IP 地址。
- Backup Designated Router：备份指定路由器的接口的 IP 地址。
- Neighbor：邻居路由器的 Router ID。

3. DD 报文（Database Description Packet）

两台路由器进行数据库同步时，用 DD 报文来描述自己的 LSDB，内容包括 LSDB 中每一条 LSA 的 Header（LSA 的 Header 可以唯一标识一条 LSA）。LSA Header 只占一条 LSA 的整个数据量的一小部分，这样可以减少路由器之间的协议报文流量，对端路由器根据 LSA Header 就可以判断出是否已有这条 LSA。

DD 报文格式如图 11所示。

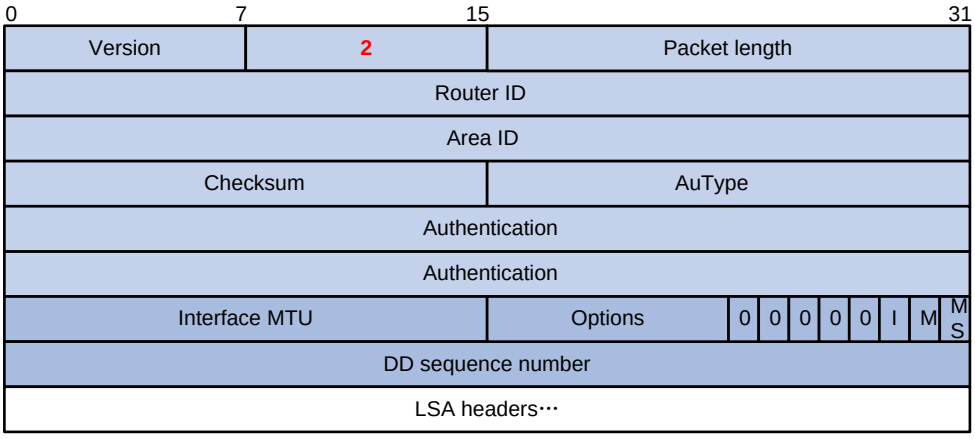

图11 DD 报文格式

主要字段的解释如下：

- Interface MTU：在不分片的情况下，此接口最大可发出的 IP 报文长度。
- I（Initial）：当发送连续多个 DD 报文时，如果这是第一个 DD 报文，则置为 1，否则置为 0。

- M（More）：当连续发送多个 DD 报文时，如果这是最后一个 DD 报文，则置为 0。否则置为 1，表示后面还有其他的 DD 报文。
- MS（Master/Slave）：当两台 OSPF 路由器交换 DD 报文时，首先需要确定双方的主（Master）从（Slave）关系，Router ID 大的一方会成为 Master。当值为 1 时表示发送方为 Master。
- DD Sequence Number：DD 报文序列号，由 Master 方规定起始序列号，每发送一个 DD 报文序列号加 1，Slave 方使用 Master 的序列号作为确认。主从双方利用序列号来保证 DD 报文传输的可靠性和完整性。

4. LSR 报文（Link State Request Packet）

两台路由器互相交换过 DD 报文之后，知道对端的路由器有哪些 LSA 是本地的 LSDB 所缺少的，这时需要发送 LSR 报文向对方请求所需的 LSA。内容包括所需要的 LSA 的摘要。LSR 报文格式如图 12所示。

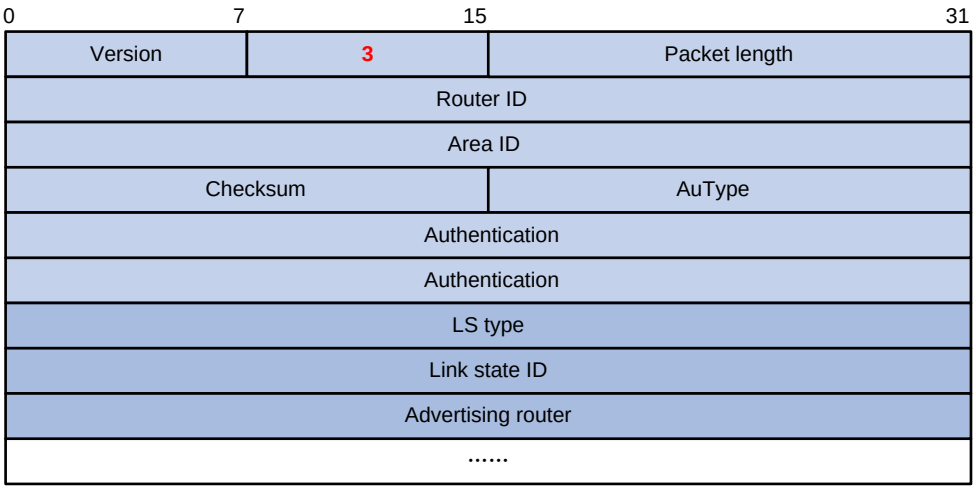

图12 LSR 报文格式

主要字段解释如下：

- LS type：LSA 的类型号。例如 Type1 表示 Router LSA。
- Link State ID：链路状态标识，根据 LSA 的类型而定。
- Advertising Router：产生此 LSA 的路由器的 Router ID。

5. LSU 报文（Link State Update Packet）

LSU 报文用来向对端路由器发送所需要的 LSA，内容是多条 LSA（全部内容）的集合。LSU 报文格式如图 13所示。

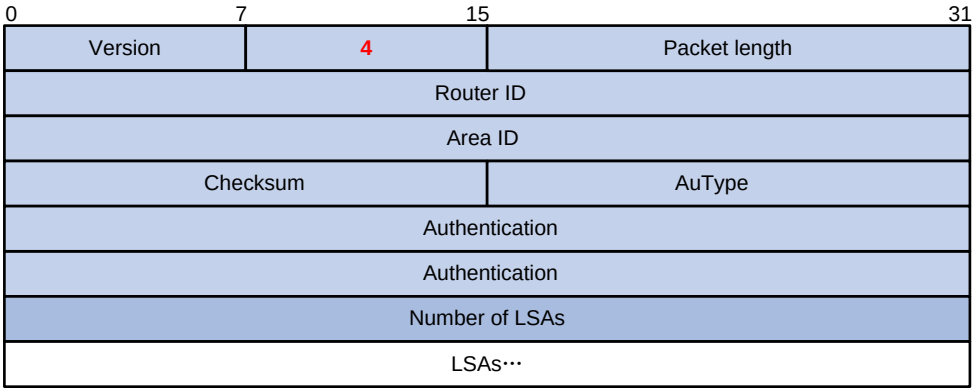

图13 LSU 报文格式

主要字段解释如下：

Number of LSAs：该报文包含的 LSA 的数量。

LSAs：该报文包含的所有 LSA。

6. LSAck 报文（Link State Acknowledgment Packet）

LSAck 报文用来对接收到的 LSU 报文进行确认，内容是需要确认的 LSA 的 Header。一个 LSAck 报文可对多个 LSA 进行确认。报文格式如图 14所示。

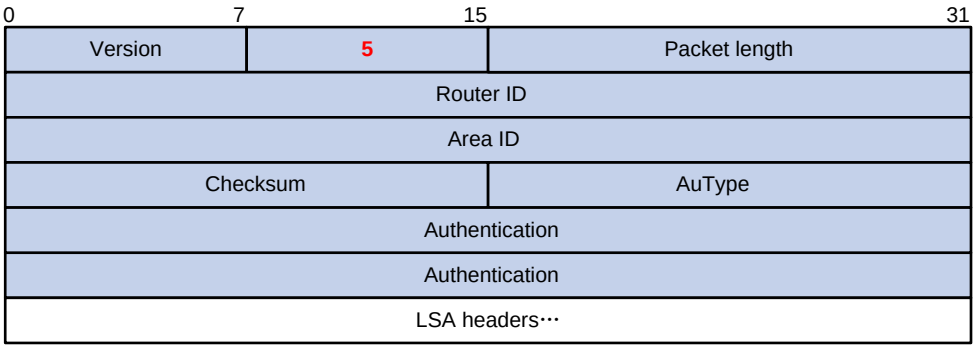

图14 LSAck 报文格式

主要字段解释如下：

LSA Headers：该报文包含的 LSA 头部。

7. LSA 头格式

所有的 LSA 都有相同的报文头，其格式如图 15所示。

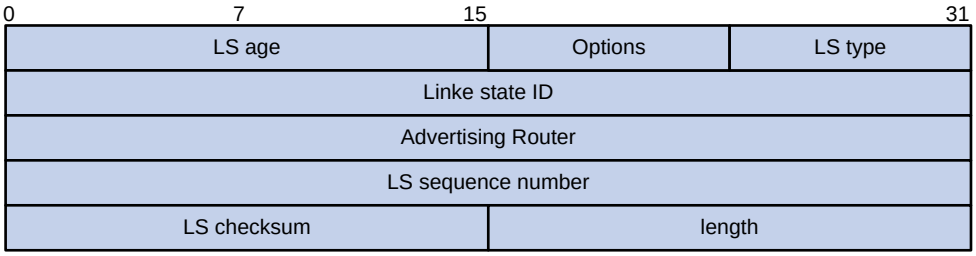

图15 LSA 的头格式

主要字段的解释如下：

- LS age：LSA 产生后所经过的时间，以秒为单位。LSA 在本路由器的链路状态数据库（LSDB）中会随时间老化（每秒钟加 1），但在网络的传输过程中却不会。
- LS type：LSA 的类型。
- Link State ID：具体数值根据 LSA 的类型而定。
- Advertising Router：始发 LSA 的路由器的 ID。
- LS sequence number：LSA 的序列号，其他路由器根据这个值可以判断哪个 LSA 是最新的。
- LS checksum：除了 LS age 字段外，关于 LSA 的全部信息的校验和。
- length：LSA 的总长度，包括 LSA Header，以字节为单位。

LSA 类型

(1) Router LSA

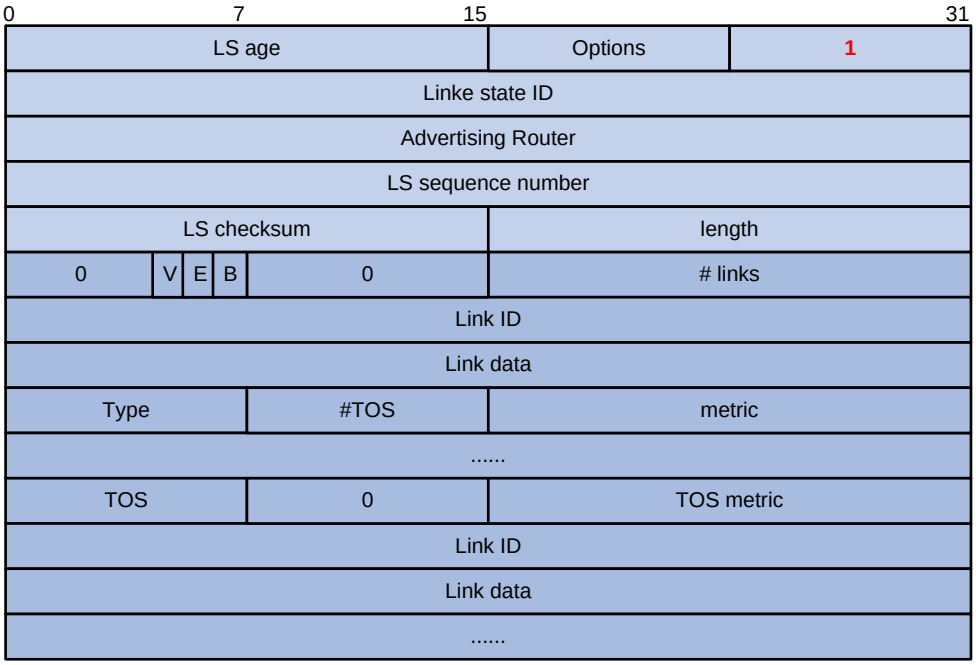

图16 Router LSA 格式

主要字段的解释如下：

- Link State ID：产生此 LSA 的路由器的 Router ID。
- V（Virtual Link）：如果产生此 LSA 的路由器是虚连接的端点，则置为 1。
- E（External）：如果产生此 LSA 的路由器是 ASBR，则置为 1。
- B（Border）：如果产生此 LSA 的路由器是 ABR，则置为 1。
- # links：LSA 中所描述的链路信息的数量，包括路由器上处于某区域中的所有链路和接口。
- Link ID：链路标识，具体的数值根据链路类型而定。
- Link Data：链路数据，具体的数值根据链路类型而定。
- Type：链路类型，取值为 1 表示通过点对点链路与另一路由器相连，取值为 2 表示连接到传送网络，取值为 3 表示连接到 Stub 网络，取值为 4 表示虚连接。
- #TOS：描述链路的不同方式的数量。
- metric：链路的开销。
- TOS：服务类型。
- TOS metric：指定服务类型的链路的开销。

(2) Network LSA

Network LSA 由广播网或 NBMA 网络中的 DR 发出，LSA 中记录了这一网段上所有路由器的 Router ID。

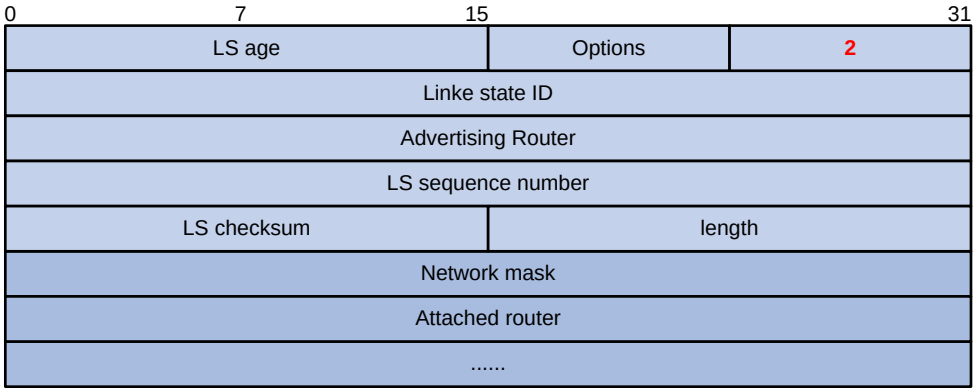

图17 Network LSA 格式

主要字段的解释如下：

- Link State ID：DR 的 IP 地址。
- Network Mask：广播网或 NBMA 网络地址的掩码。
- Attached Router：连接在同一个网段上的所有与 DR 形成了完全邻接关系的路由器的 Router ID，也包括 DR 自身的 Router ID。

(3) Summary LSA

Network Summary LSA（Type3 LSA）和 ASBR Summary LSA（Type4 LSA）除 Link State ID 字段有所不同外，有着相同的格式，它们都是由 ABR 产生。

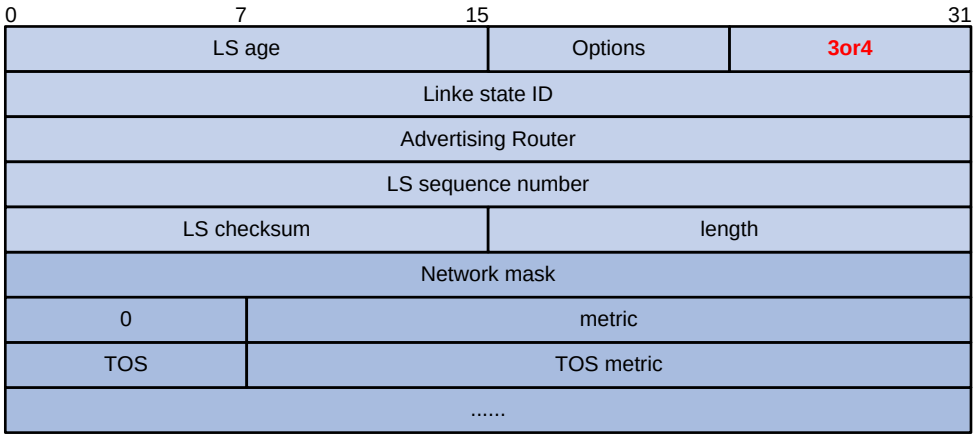

图18 Summary LSA 格式

主要字段的解释如下：

- Link State ID：对于 Type3 LSA 来说，它是所通告的区域外的网络地址；对于 Type4 来说，它是所通告区域外的 ASBR 的 Router ID。
- Network Mask：Type3 LSA 的网络地址掩码。对于 Type4 LSA 来说没有意义，设置为 0.0.0.0。
- metric：到目的地址的路由开销。

📖 **说明：**

Type3 的 LSA 可以用来通告缺省路由，此时 Link State ID 和 Network Mask 都设置为 0.0.0.0。

(4) AS External LSA

由 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由信息。

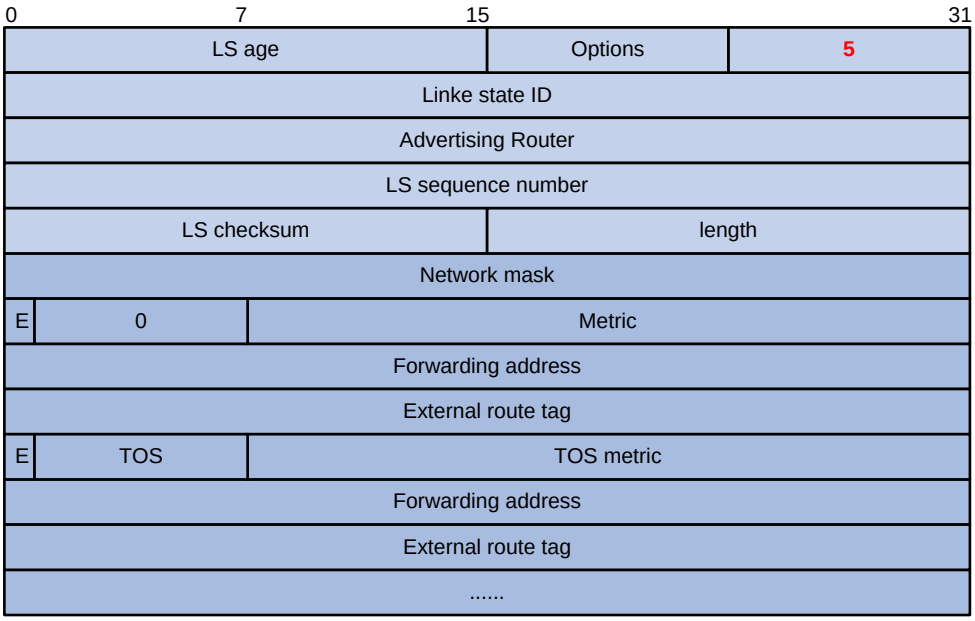

图19 AS External LSA 格式

主要字段的解释如下：

- Link State ID：所要通告的其他外部 AS 的目的地址，如果通告的是一条缺省路由，那么链路状态 ID（Link State ID）和网络掩码（Network Mask）字段都将设置为 0.0.0.0。
- Network Mask：所通告的目的地址的掩码。
- E（External Metric）：外部度量值的类型。如果是第 2 类外部路由就设置为 1，如果是第 1 类外部路由则设置为 0。关于外部路由类型的详细描述请参见 7. 路由类型部分。
- metirc：路由开销。
- Forwarding Address：到所通告的目的地址的报文将被转发到的地址。
- External Route Tag：添加到外部路由上的标记。OSPF 本身并不使用这个字段，它可以用来对外部路由进行管理。

(5) NSSA External LSA

由 NSSA 区域内的 ASBR 产生，且只能在 NSSA 区域内传播。其格式与 AS External LSA 相同，如图 20所示。

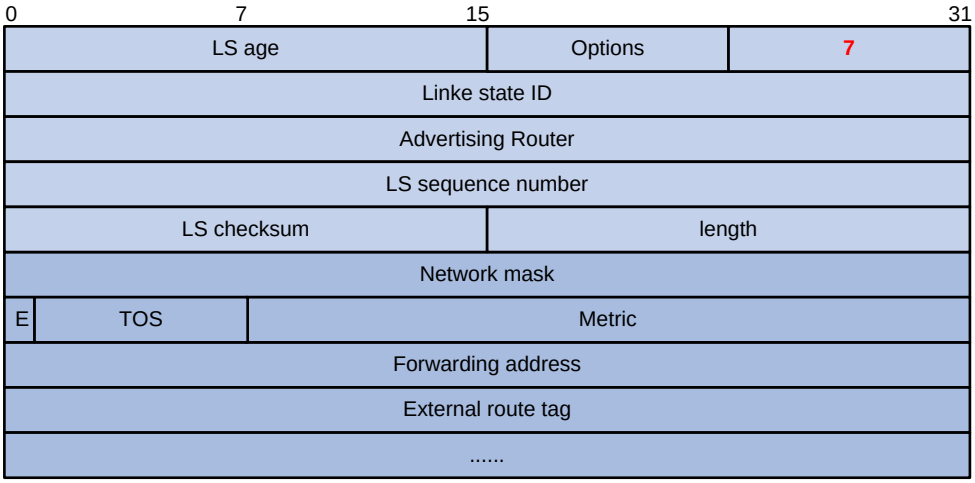

图20 NSSA External LSA 格式