

Multi Protocol Label Switching

Von Wolfgang Schulte

Die unterschiedlichen Zentralnetze, ob ATM, Framerelay oder IP-basierende Netze, werden durch das Multi Protocol Label Switching erweitert. Dies geschieht zum Vorteil der Kunden bei verbessertem Durchsatz mit geringerer Laufzeit der einzelnen Pakete und bei einfacherer Verwaltung durch den Netzmanager. Im vergangenen Jahr hat die IETF den RFC 4023 für MPLS in IP herausgegeben.

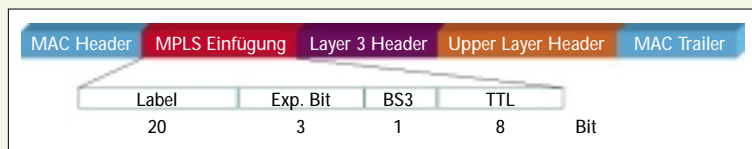
Die RFCs 3031/32 spezifizieren eine Architektur für ein Multi Protocol Label Switching. Durch Hinzufügen einer zusätzlichen Information – als Label (Shim Label) bezeichnet – an die Datenpakete, zum Beispiel IP, können diese Pakete durch die entsprechenden Router erheblich schneller weitergeleitet werden.

In einem verbindungslosen Netz wird der Header des Pakets von jedem Router auf dem Weg individuell analysiert, die Prüfsumme neu berechnet und dann weitergereicht. Jeder Router leitet die Pakete mit eigenen Routing-Algorithmen zum nächsten Router weiter. Bei MPLS wird jedes Paket mit Eintritt in das Netz einer „Forward Equivalent Class (FEC)“ zugeordnet. Diese FEC bildet eine Gruppe von Paketen, die in der gleichen Art und Weise weitergeleitet werden, zum Beispiel über die gleiche Schnittstelle.

Die FEC, zu der ein Paket nur einmal im Netz zugeordnet wird, ist in einem Feld fester Länge, dem „Label“, beschrieben. Pakete im Netz werden also vor der Weiterleitung mit diesem Label versehen. Das Label hat nur lokale Relevanz und wird bei jedem Hop neu zu erstellen sein. Die nachfolgenden Router prüfen jetzt nicht die Schicht-3-Header, sondern vergleichen den Inhalt des Labels mit Einträ-

Wolfgang Schulte arbeitet als Dozent an der BA Stuttgart und an der FH Albstadt-Sigmaringen.

Bild: Schulte



Label: Zuordnung für Anwendungen wie Unicast-Routing, Multicast, VPN, Traffic Engineering. Die Bildung der Label kann durch folgende Techniken erfolgen: Topologie-basierend, benutzt bei Einsatz von Routing Protokollen wie OSPF, BGP; Request-basierend; eingesetzt bei Bandbreiten kritischen Protokollen wie RSVP; Traffic-basierend, verwendet und bestimmt nach dem Erhalt der Datenpakete

CoS/Exp.: Class of Service / Experimental Use

BS: Bottom of Stack Bit, wird für den letzten Label im Stack auf 1 gesetzt, damit können mehrere Label in einem Stack (hintereinander) verwendet werden

TTL: Time to Live

Rahmenformat bei Ethernet

gen in einer Tabelle zur Weiterleitung. Der Ausgangsrouter entfernt die Label und überträgt den Rest der Daten zum Empfänger entsprechend dem folgenden Netz.

Rahmenformat bei MPLS

Im Layer-2-Header (Mac-Header) wird im Type-Feld 8847 für MPLS Unicast und 8848 für MPLS Multicast eingetragen.

Die Router müssen sich auf die Bedeutung der Labels zur Weiterleitung der Daten zwischen ihnen und durch sie hindurch einigen. Dieses Verständnis wird durch einen Satz von Regeln mittels des Label Distribution Protokolls (LDP) im RFC 3036/37 erreicht.

Die Komponenten, die am MPLS-Verfahren teilnehmen, können wie folgt beschrieben werden:

■ Ein Label Edge Router (LER) ist eine Einheit, die an der Grenze des Zugangs-Netzes beziehungsweise MPLS-Netzes arbeitet. LERs, oder Zugangsrouten, leiten den Datenverkehr per Label-Signalisierungsprotokoll nach der Initiierung des Label-Switched Path (LSP) vom Zugangsrouten (Ingress) durch das MPLS-Netz zum Ausgangsrouten (Egress). Der LER spielt auch eine wichtige Rolle bei der Zuordnung und bei der Entfernung der Labels, wenn die Daten durch ein MPLS-Netz geleitet werden.

■ Der Label Switching Router (LSR) ist ein Hochgeschwindigkeits-Router im MPLS-Kernnetz (Core Network), der an der Einrichtung des Label-Switched Path (LSP) durch ein Label-Signalisierungsprotokoll beteiligt ist. LSRs etablieren den LSP durch

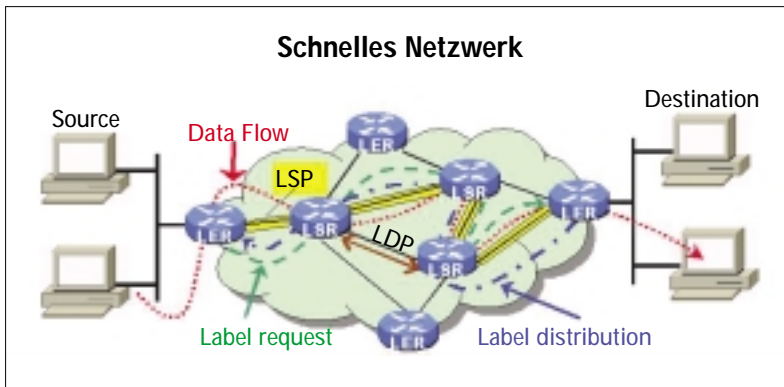


Bild: Schulte

Eine Beispielkonfiguration bei MPLS

das Netz und die Abbildung der Schicht-3-Routing-Information direkt auf den Pfad für die Schicht 2.

- LSPs können einen End-Point bei einem direkt verbundenen Nachbarrouter haben (IP-Hop-by-Hop-Weiterleitung) oder eine Verbindung direkt zum Ausgangsrouter (Egress) über alle Zwischenrouter schalten.

- LDP verknüpft ein FEC mit jedem LSP. Die FEC-Verknüpfung mit einem LSP spezifiziert, welches Paket welchem Pfad zugeordnet wird. Zwei Router, die mit LDP eine Session aufbauen, werden LSP Peers genannt.

Verschiedene Betriebsweisen (Mode) werden für die Verteilung von Labels zu den Nachbarroutern benutzt.

- Independent: In diesem Mode erkennt ein LSR ein spezielles FEC und entscheidet darauf hin, ein Label zum FEC unabhängig von den beteiligten Peers zuzuordnen.

- Ordered: Dabei wird ein LSR den Label einem bestimmten FEC vom Ausgangsrouter zuordnen oder nutzt den Label vom nächsten LSR.

Der Label Request startet vom Zugangsrouter downstream zum Ausgangsrouter, wo das MPLS endet. Als Antwort auf diesen Label-Request wird der Downstream-LSR ein Label zum Upstream-Initiator per Label Mapping Mechanismus senden.

Weiterleitung von Paketen

Der erste Router, ein Edge-Router (LER), leitet das Paket per Outer-Label 4 über seine Schnittstelle 1 an Router 2 weiter. Router 2, der Core-Router, ist ein MPLS-LSR-Router, setzt einen neuen Label 9 vor dem IP Header und sendet das Paket über die Schnittstelle 0 an den nächsten Router. Router 3, ein Ausgangsrouter (LER), entfernt den Label 9 und sendet das Paket ohne Label weiter zum Zielnetz.

Folgende Schritte müssen gemacht werden, damit Datenpakete durch ein MPLS-Netz übertragen werden können:

- die Label-Erstellung und -Verteilung,
- die Bildung von Tabellen, der Label Information Base (LIB), in jedem Router,
- die Schaltung des Label-Switchpfades (LSP) vom Ausgangsrouter zum Zugangsrouter,
- die Label-Anbindung an die Pakete durch den LER, die Zuordnung zu FECs und der Tabellenvergleich in dem Nachfolgerrouter. Am Ausgangsrouter wird der Label entfernt.
- Paketweiterleitung.

Label Distribution Protokoll (LDP)

Mit LDP, spezifiziert in den RFCs 3036/37, wird die Zuordnung von Label zu den Pfaden und die Verteilung dieser Informationen zwischen LSRs und LERs vorgenommen. In der Discovery-Phase wird von LDP das UDP mit Port 646 eingesetzt. Während einer Session, für die Verteilung der Labels, nutzt LDP das TCP auf der Schicht 4. Es unterstützt auch die Verteilung von Informationen anderer Routingprotokolle wie IGMP, OSPF und BGP zwischen LSRs und LERs.

Folgende vier Typen von Nachrichten (Messages) nutzt LDP:

- Discovery Message: kündigt das Vorhandensein von LSRs im Netz an;
- Session Message: etabliert, erhält und beendet eine Session zwischen Peers;
- Advertisement MSSG: generiert, ändert und entfernt die Labelzuordnung für FECs;
- Notification Message: stellt Zusatzinformationen und Fehlermeldungen zur Verfügung.

Verschiedene Anwendungen von MPLS nutzen den Labelstack mit mehreren Einträgen. In einigen Fällen ist es möglich, den obersten Label mit einer IP-basierenden Encapsulation zu ersetzen. Dies erlaubt die Übertragung in Netzen, die kein MPLS in den Kern-Routern einsetzen.

Mit dem RFC 4023 vom März 2005 wird sowohl das MPLS mit IP und das MPLS mit GRE (Generic Routing Encapsulation – RFC 2784) ermöglicht.

Zusammenfassung

MPLS ist unabhängig davon, welche Schicht-2- oder 3-Protokolle verwendet werden. Durch die Nutzung von Tunnels sind gut gesicherte VPNs implementierbar. Der Einsatz von MPLS ist durch die Möglichkeit des Wachs-

Der Protokollstapel

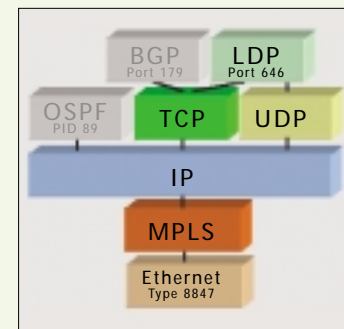


Bild: Schulte

Im Bild ist beispielhaft dargestellt, wie, von einem LAN kommend, MPLS unter IP auf der Schicht 3 per Ethernet Type-Feld mit 8847 aufgerufen wird. Auf der Anwendungsschicht stützt sich LDP auf TCP und UDP durch den Port 646 ab. Zur Orientierung sind noch die Routingprotokolle OSPF und BGP dargestellt. Durch die feste Länge (4 Byte) des MPLS-Headers wird kein zusätzliches Feld im MPLS-Header gebraucht, das die Länge angibt und somit auf den IP-Header verweist.

tums und Erweiterungen im Netz, durch ein verbessertes Verkehrsmanagement sowie durch die Vergrößerung der Effizienz und der Interoperabilität des Netzes mit allen bekannten Protokollen gerechtfertigt.

MPLS entstand als eine fundierte Lösung, um das Management der Bandbreite und die erforderlichen Dienstanforderungen durch die Classes of Service (CoS) und Quality of Services (QoS), für die zukünftigen IP-basierenden Zentralnetze (Backbone), zu erfüllen. (WM)