

HPON 组播功能的设计与实现

沈 骅¹, 邢 丹², 曹 桦^{1,3}, 王素椅^{1,3}, 刘启林^{1,3}

(1. 光纤通信技术和网络国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 2. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033;
3. 烽火通信科技股份有限公司, 湖北 武汉 430073)

摘要:混合无源光网络(HPON)通过波分复用的方式提升了接入带宽,但其远端节点(RN)所采用的点到点拓扑结构不利于组播复制。针对这个特点,文章首先提出了基于 HPON 的组播实现方案,通过单拷贝广播(SCB)来提高组播复制效率;然后对原有的光线路终端(OLT)、RN 和光网络单元(ONU)设备进行改进设计,实现对组播业务流的控制功能;最后对改进前后的系统进行组播性能对比测试。测试结果表明,该方案可以提高 HPON 的组播性能。

关键词:混合无源光网络;波分复用;时分复用;组播;光线路终端;光网络单元

中图分类号: TN915.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8788(2011)04-0005-03

Design and implementation of multicast in HPON

Shen Hua¹, Xing Dan², Cao Hua^{1,3}, Wang Suyi^{1,3}, Liu Qilin^{1,3}

(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Network, Wuhan 430074, China;
2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China;
3. FiberHome Telecommunication Technologies Co., Ltd., Wuhan 430073, China)

Abstract: HPON increases access bandwidth by using the wavelength division multiplex technology. But the point-to-point topology of its RN affects the multicast replication. This paper presents an HPON-based multicast implementation scheme and enhances its efficiency using Single-Copy Broadcast (SCB). And then it improves the functions and structures of the original OLT, RN and ONU, implementing the control of the multicast stream. Finally, it conducts comparison tests on the multicast performances of the system before and after the improvement. The results indicate that the design can improve the multicast performance of HPON.

Key words: HPON; WDM; TDM; multicast; OLT; ONU

0 引 言

将波分复用/时分复用(WDM/TDM)技术复合使用的无源光网络(PON)是混合无源光网络(HPON)的一种常见形式。相比于传统的 TDM-PON, HPON 具有接入带宽高、光纤管道资源利用率高和网络部署成本低等优点。但 HPON 采用 WDM 方式提供扩展的信道,这使得其组播功能无法直接利用传统 TDM-PON 所拥有的物理层广播通道,以太网无源光网络(EPON)原有的组播技术也无法扩展加以应用。因此,组播功能是 HPON 广泛应用的“瓶颈”之一,也是亟待突破的关键技术。本文探讨一种基于 HPON 系统的组播业务实现方案,通过在光线路终端(OLT)和光网络单元(ONU)之间增加一个下行的广播波长,以单拷贝广播(SCB)的方式将组播业务分发给 ONU,同时对传统 HPON 设备进行了改进。文章还描述了组播流控制的实现方法。最后对 HPON 系统的组播性能进行了测试。

1 HPON 组播方案

1.1 HPON 组网

图 1 所示为一个采用 EPON over WDM 架构的 HPON 系统。系统光层下行方向采用 WDM+TDM 的工作方式,局端通过阵列波导光栅(AWG)将多路 EPON 业务复用在同一根光纤中进行传输,在远端经过 AWG 分波后,单个波长的业务流再通过分路器广播给多个 ONU。上行方向采用 WDM+TDMA(时分多址)的工作方式,同一个分路器下的多个 ONU 按照 TDM 的方式共享上行波长,不同波长的业务经过远端 AWG 合波后向上传

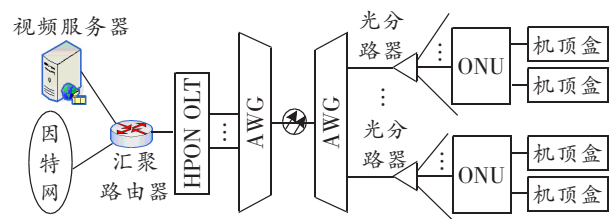


图 1 HPON 的结构

输。这种结构的优点是组网简单、协议兼容性好。

1.2 组播实现方案

在图 1 所示的 HPON 方案中,OLT 和 AWG 之间的馈线光纤中存在多条点对点的物理通道。在转发组播业务时,OLT 需向每个波长复制一份组播业务帧,这不仅增加了 OLT 设备的处理负担,占用了光纤通道的总带宽,还会引起单播业务与组播业务之间的带宽竞争。因此本文提出一种改进方案,在下行方向采用不同的波长分别传输组播业务和单播业务,同时通过 SCB 机制实现 HPON 中的组播功能。改进后的 HPON 系统的组播方案如图 2 所示。可以看出,HPON OLT 只需在广播波长(λ_b)通道复制1份组播包,即可将其转发给所有的ONU。

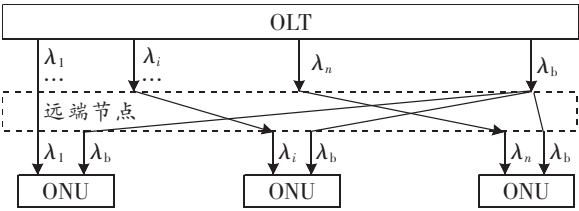
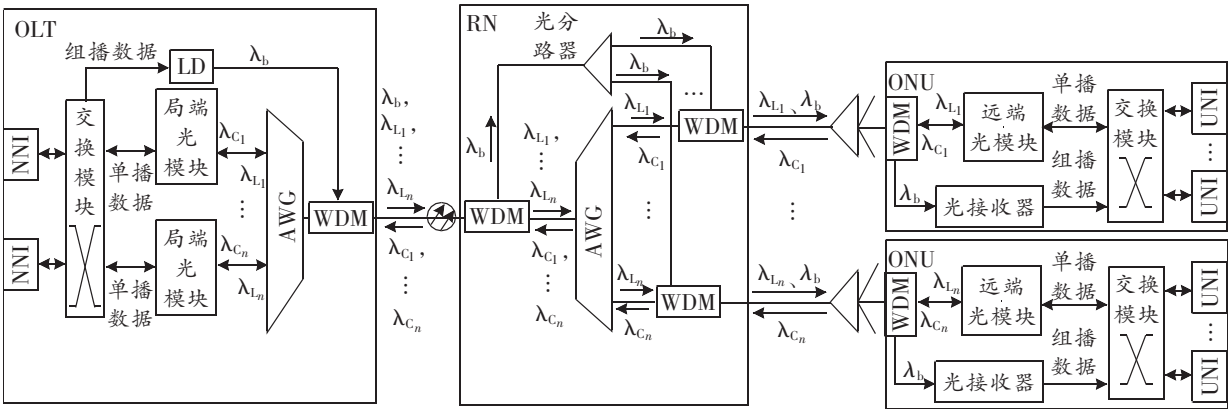


图 2 改进后的 HPON 组播方案

这样,组播业务既不会占用单播业务的带宽,也无需在 OLT 处进行多次重复发送。改进后的馈线光纤组播总带宽明显得到了优化^[1]。

2 HPON 系统的组播通道设计

HPON 系统的组播实现方案如图 3 所示。改进后,HPON 仍采用单纤双向传输。下行单播业务使用 L 波段,上行单播业务使用 C 波段。上下行单播均采用 ITU-T G. 694. 1 的密集波分复用(DWDM)标准来实现合波/分波。为了实现下行组播业务的单独传输和 SCB 功能,OLT、远端节点(RN)和 ONU 均需在结构上有所改进。OLT 需增加一个激光器(LD),专门发送 1 310 nm 的特定组播波长,并需通过 WDM 将组播波长复用加入馈线光缆。为了实现 SCB,RN 需同时兼容点到点、点到多点两种拓扑结构。本方案通过在 AWG 上添加 1 个光分路器构成新的 RN,实现了广播波长与每个下行单播波长的耦合^[2]。ONU 需添加 WDM 和光接收模块来实现两路业务的分离接收。OLT 和 ONU 的详细硬件结构参见图 3。



注:NNI:网络-网络接口; UNI:用户网络接口; λ_L:L 波段波长; λ_C:C 波段波长

图 3 HPON 系统的组播架构

3 HPON 组播流控功能的实现

在 HPON 系统中,下行组播业务报文通过广播通道,经过 OLT 和 ONU 中的交换芯片的转发后到达用户侧端口。其他报文(包括单播和组播协议报文)需通过单播通道,经过 OLT 交换芯片、PON 芯片、ONU 芯片和 ONU 交换芯片实现上下行的转发。因此,HPON 系统的设计可以借鉴 EPON 中的 IGMP(Internet 组管理协议)+SCB 的方式来实现组播业务的分发。开启二层组播功能的 OLT 和 ONU 可以通过侦听 IGMP 报文维护组播转发表,实现组播业务报文的复制转发及过滤功能。在

HPON 系统组播功能的实现上,需考虑以下 4 点:

(1) 组播业务流和单播业务流的区分方式:EPON 使用协调子层(RS)的逻辑链路标记(LLID)来区分传输组播和单播业务^[1]。HPON 系统由于要将两种业务分波长传输,因此交换芯片需采取相关措施实现两种业务的分离,使不同的业务包转发至不同的端口。

(2) 基于 HPON 结构的二层组播协议实现方式:标准的二层组播协议实现的功能是,通过对 IGMP 报文进行分析,根据收到 IGMP 包的端口和组播地址,动态地维护组播转发表。而在 HPON 系统的 OLT 中,单播通道对应的端口虽然需要侦听

IGMP 报文,但并不负责转发组播业务,所有组播业务均通过组播端口进行转发。HPON 的组播协议需要略作修改。

(3) OLT 处理 IGMP 报文的压力:由于 HPON OLT 将多路 EPON 汇聚在了一起,其下接 ONU 的个数是原先 EPON OLT 的数倍,因此 OLT 需承担更大的组播协议报文处理工作。设计时需考虑在下层使用代理(Proxy)机制来减轻上层处理 IGMP 报文的工作压力。

(4) 防止网络环路:由于存在两条下行业务流通道,因此下行的广播通道和上行的单播通道可能形成一个网络环路。由此带来的广播风暴会对上下行业务造成严重影响,在设置转发规则时,需提前预防环路的产生^[3]。

OLT 的组播功能实现方案如图 4 所示,为了防止单播包向组播通道扩散,组播端口不加入任何单播虚拟局域网(VLAN)。组播流的控制功能由交换芯片实现,OLT 交换芯片通过在单播端口监听 IGMP 报文来维护组播转发表。转发表中所有组播组的成员端口均固定设置为交换芯片的组播端口。OLT 按照组播表过滤下行组播流并将其转发至组播端口。在 PON 芯片处开启 Proxy 功能,使其代理单个波长下所有 ONU 的 IGMP 报文,减轻上级交换芯片的处理压力。

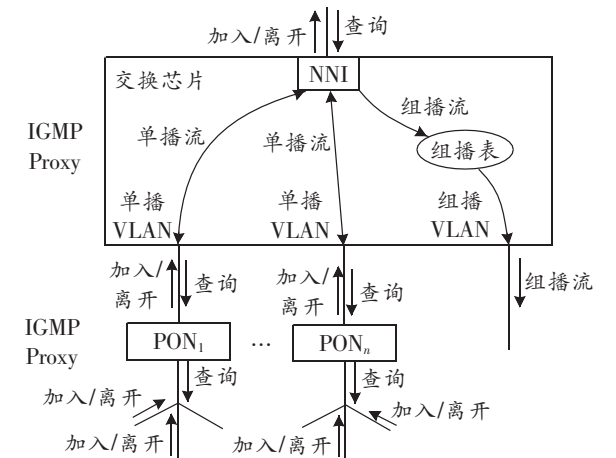


图 4 OLT 组播流控的实现方案

按照上述方案,OLT 的组播功能需要重新设计。本文设计实现了 OLT 交换芯片的组播功能模块。该软件模块在实现 IGMP Proxy 功能的同时,还能适应新的组播业务转发方式,其核心是组播协议模块按照组播表配置交换芯片转发端口时,需通过交换芯片驱动将转发端口指定为组播端口。图 5 所示为 OLT 交换芯片中组播协议实现流程图。流程中包括协议分析和 3 个消息对应的处理分支。

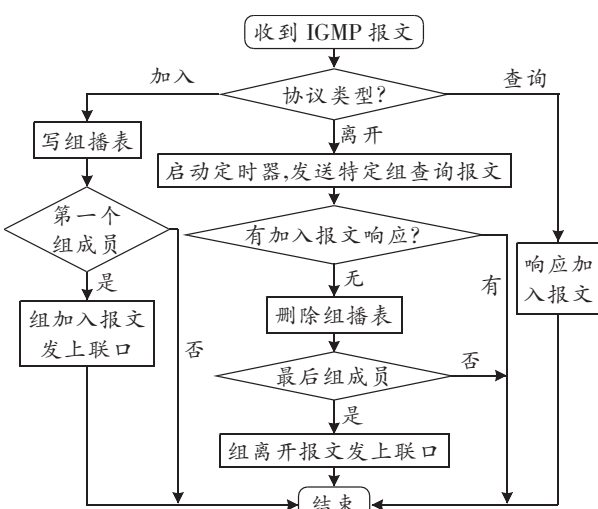


图 5 IGMP Proxy 实现流程

HPON ONU 的组播处理功能相对较简单。由于存在两个上联口,为了防止出现环路,交换芯片的两个上联口之间需相互隔离。ONU 通过 Snooping 方式维护组播转发表,按照转发表项过滤并复制下行组播业务报文。对于上行报文,ONU 会在用户侧的 UNI 处对其打上单播 VLAN。对于下行报文,UNI 需配置组播 VLAN 剥离和单播 VLAN 剥离两种功能。为了防止上行包发往广播上联口,ONU 交换芯片的广播上联口不加入任何单播 VLAN。

4 组播性能测试

为了验证该 HPON 系统的组播实现方案,我们对 HPON 系统的组播性能进行了测试。我们采用 Testcenter 测试平台,按照 RFC3918(IP 组播基准测试方法)对 HPON 系统的组播吞吐量、组播转发延迟和组播加入/离开时延这 3 项组播性能进行测试。其中,组播加入/离开时延用于衡量用户终端加入/离开组播组的速度;组播转发延迟用于衡量组播帧经过系统转发后的时延;组播吞吐量用于衡量系统在无丢帧条件下的转发组播帧的极限能力^[4]。

系统测试环境如图 6 所示。在 HPON 接入网

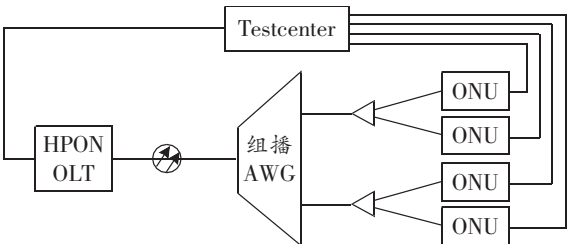


图 6 HPON 系统测试环境