

文章编号:1671-251X(2013)02-0054-04

黄友锐,曲立国,史明.一种基于簇策略的物联网 6LoWPAN 报头压缩技术[J].工矿自动化,2013,39(2):54-57.

一种基于簇策略的物联网 6LoWPAN 报头压缩技术

黄友锐, 曲立国, 史明

(安徽理工大学 电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:针对物联网基于 IPv6 的低功耗无线个域网 6LoWPAN 报头压缩技术中的 LoWPAN_HC1 和 LoWPAN_HC2 对于全局地址和多播地址的作用非常有限,而 LoWPAN_IPHC 存在广播通信无方向性、冗余的网络通信消耗等问题,提出了一种基于簇策略的物联网 6LoWPAN 报头压缩方法 LoWPAN_CIPHC。该方法采用簇的策略细化报头压缩目的地址与源地址,既可以使内部网络通信路径最优,又方便控制广播区域。测试结果表明,与 LoWPAN_IPHC 相比,LoWPAN_CIPHC 能够在不增加运算的情况下,减少网络通信消耗。

关键词:煤矿物联网; IPv6; 6LoWPAN 报头压缩; 簇策略; IPHC; CIPHC

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

A header compression technology of 6LoWPAN of Internet of Things
based on cluster strategy

HUANG You-rui, QU Li-guo, SHI Ming

(School of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology,
Huainan 232001, China)

Abstract: In view of problems of very limited function of LoWPAN_HC1 and LoWPAN_HC2 for global address and multicast address, and nondirectional broadcast communication and redundant network communication consumption of LoWPAN_IPHC in header compression technology of 6LoWPAN of Internet of Things, the paper proposed a header compression method of 6LoWPAN of Internet of Things based on cluster strategy, namely LoWPAN_CIPHC. The method uses cluster strategy to refine destination address and source address of header compression, which not only can make the best communication path of internal network, but also control broadcast area easily. The test result showed that LoWPAN_CIPHC can reduce network communication consumption without adding calculation comparing with LoWPAN_IPHC.

Key words: coal mine Internet of Things; IPv6; 6LoWPAN header compression; cluster strategy; IPHC; CIPHC

收稿日期:2012-11-29。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51274011);教育部新世纪优秀人才计划支持项目(NCET-10-0002);安徽省杰出青年基金项目(1108085J03);安徽高校省级自然科学研究项目(KJ2012A097)。

作者简介:黄友锐(1971—),男,安徽长丰人,教授,博士,主要研究方向为智能控制、矿山物联网,E-mail:hyr628@163.com。

0 引言

自 2007 年互联网工程任务组 IETF 才开始关注物联网,并且提出了基于 IP 的物联网,该物联网有一个专门的工作组——基于 IPv6 (Internet Protocol Version 6) 的低功耗无线个域网 (IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Networks, 6LoWPAN) 工作组。6LoWPAN 技术底层采用的是 IEEE 802. 15. 4 规定的 PHY 层 (Physical Layer) 和 MAC 层 (Media Access Layer), 网络层采用的是 IPv6 协议^[1-3]。

由于在 IPv6 中,MAC 层支持的载荷长度远远大于 6LoWAPN 的底层所能提供的载荷长度,为了实现 MAC 层与网络层的无缝链接,6LoWPAN 工作组建议在网络层和 MAC 层之间增加一个网络适配层,用来完成报头压缩^[1,4-9]、分片与重组以及网状路由转发等工作。本文在研究报头压缩技术的基础上提出一种基于簇策略的 6LoWAPN 报头压缩技术。

1 6LoWPAN 报头压缩技术

通用网络 IP 压缩技术依赖于状态值、流数据、长生存期等特性,其基本原理是删除长生存期数据流中的公共值,这对于 2 个节点之间长生存期数据流是非常有效的。但是,这种压缩技术并不适合在 6LoWPAN 网络中使用,因为 6LoWPAN 网络中通常是短生存期数据流(这些设备通常在发送几个包之后回到休眠模式,除非是进行并不频繁的固件升级操作,才需要交换大量的数据流)。因此,6LoWPAN 报头压缩思想是由 MAC 层地址导出 IP 地址,以避免没必要的信息重复以及省略 IPv6 头中公共值的部分。例如,参考文献[1]采用 LoWPAN_HC1 和 LoWPAN_HC2 进行报头压缩。LoWPAN_HC1 和 LoWPAN_HC2 主要针对单播链路本地地址进行高度压缩优化,但是对于全局地址和多播地址的作用非常有限。不同 IP 子网上的节点间的通信(在 IEEE 802. 15. 4 网络中,通常是在不同个域网 PAN 上的节点)需要路由提供地址。这种情况下,HC1 压缩技术需要携带源地址和目的地址(以无压缩的形式)。

参考文献[4]中引入一个新的编码技术,即 IPHC(IP Header Compression),以处理多播地址和非链路本地地址,其中也设计了一些优化,如 IPv6 流标签和 TC 字段的单独压缩。IPHC 压缩结

构如图 1 所示,为了与 IPv6 兼容,所有的未压缩头字段出现的顺序要与参考文献[8]中规定的未压缩的 IPv6 头相同。

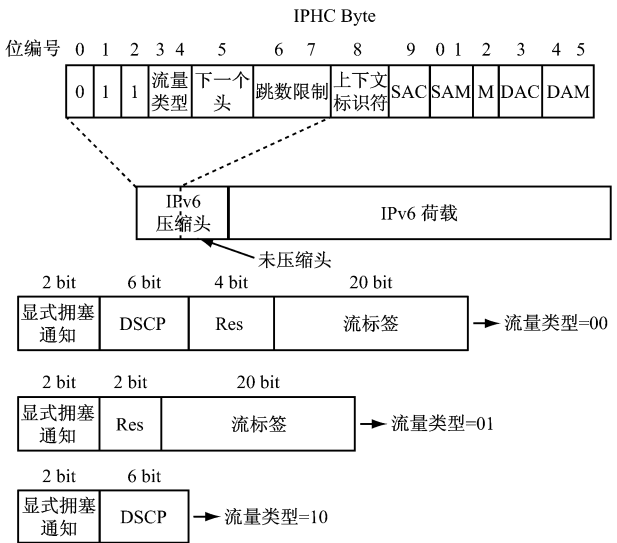


图 1 IPHC 压缩结构

- (1) 第 3 位和第 4 位(流量类型 TF): 这两位允许 IPv6 头中的 TC 和流标签字段进行更细粒度的压缩。00: TC 和流标签都不压缩, 如图 1 所示, 其中 Res 添加了 4 位用于字节对齐(4 B)。01: TC 字段按照参考文献[10]中定义的方式压缩为 2 位 ECN(Explicit Congestion Notification, 显式拥塞通知), 流标签字段不压缩。因为 ECN 编码占 2 位而流标签字段不压缩, 总共 22 位, 需要添加 2 位用于字节对齐(24 位整 3 B)。10: 流标签字段压缩(完全省略), TC 字段不压缩。11: TC 和流标签字段都压缩。
- (2) 第 5 位(下一个头 NH)。0: 不压缩, 携带完整的 8 位下一个头字段。1: 省略下一个头字段, 添加另一种编码机制(称做下一个头编码 NHC)。
- (3) 第 6 位和第 7 位(跳数限制 HLIM): 与 LoWPAN_HC1 压缩技术不同, IPHC 允许对 IPv6 头中的跳数限制字段进行压缩。
- (4) 第 8 位(上下文标识符(扩展)CID)。0: 不使用附加的上下文信息。1: 附加一个 1 B 的 CID, 紧跟在目的地址模式(DAM)字段后面。
- (5) 第 9 位(地址压缩 SAC)。0: 源地址压缩是无状态的。1: 源地址压缩是有状态的, 基于上下文的。
- (6) 第 10 位和第 11 位(源地址模式 SAM)。
- (7) 第 12 位(多播压缩 M)。0: 目的地址不是多播地址。1: 目的地址是多播地址。

(8) 第 13 位(目的地址压缩 DAC)。0:目的地址压缩是无状态的。1:目的地址压缩是有状态的,基于上下文的。

(9) 第 14 位和第 15 位(DAM)。

虽然 IPHC 压缩技术非常成功,但是其地址分配粗略,广播通信无方向性,可能存在冗余的通信消耗。鉴此,本文提出一种改进的压缩技术——基于簇策略的 IPHC。

2 改进的报头压缩技术

基于簇策略的 IPHC 是基于簇策略的 6LoWPAN 报头压缩方法,即 LoWPAN_CIPHC(Cluster IPHC)。该方法采用簇的机制,对 IPHC 目的地址进行细化:一方面,方便内部网络通信路径最优;另一方面,方便控制广播区域。

LoWPAN_CIPHC 编码结构如图 2 所示,其中 TF 和 NH 字段与 LoWPAN_IPHC 意义相同。

011 (3)	TF (2)	NH (1)	HLIM (2)	CID (2)	S_AM (2)	BS (2)	D_AM (3)
------------	-----------	-----------	-------------	------------	-------------	-----------	-------------

图 2 LoWPAN_CIPHC 编码结构

其他字段定义如下:

(1) CID:00:没有上下文扩展,如果源地址或目的地址被压缩,上下文为 0。01:1 位源地址上下文标识符(SCI)上下文扩展域,当目的地址被压缩,上下文为 0。10:1 位目的地址上下文标识(DCI)上下文扩展域,当目的地址被压缩,上下文为 0。11:源地址和目的地址都被使用。

(2) BS:广播状态(Broadcast Status)。00:单播,地址是无状态的。01:单播,地址是有状态的,基于上下文的。10:组播,地址是无状态的。11:组播,地址是有状态,基于上下文的。

(3) S_AM:源地址模式,2 位表示源地址长度类型。

如果 BS = * 0,则 00:携带 128 位地址。01:前 64 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 64 位不压缩。10:前 112 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 16 位不压缩。11:地址全部省略。

如果 BS = * 1,则 00:未指定地址(::)。01:64 位。64 位的前缀地址从上下文信息中获得,剩下的 64 位不压缩。10:16 位。64 位的前缀地址从上下文信息中获得,剩下的 4 位不压缩。11:0 位。地址全部省略。

(4) D_AM:目的地址模式,3 位表示源地址长度类型。

如果 BS=00,则 000:128 位。不压缩,携带完整 128 位地址。001:64 位不压缩。前 64 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 64 位不压缩。010:32 位不压缩。前 96 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 32 位不压缩。011:16 位不压缩。前 112 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 16 位不压缩。100:8 位不压缩。前 120 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 8 位不压缩。101:7 位不压缩。前 121 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 7 位不压缩。110:6 位不压缩。前 122 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 6 位不压缩。111:5 位不压缩。前 123 位省略,由链路本地前缀加 0 构成,剩余 5 位不压缩。

如果 BS=01,则 000:保留。001:64 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 64 位不压缩。010:32 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 32 位不压缩。011:16 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 16 位不压缩。100:8 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 8 位不压缩。101:7 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 7 位不压缩。110:6 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 6 位不压缩。111:5 位不压缩。前缀地址由上下文信息获得,剩余 5 位不压缩。

如果 BS=10,则 000:128 位。不压缩,携带完整 128 位地址。001:48 位。压缩为 48 位,地址形式为 FFXX::00XX:XXXX:XXXX。010:32 位。压缩为 32 位,地址形式为 FFXX::00XX:XXXX。011:16 位。压缩为 16 位,地址形式为 FFXX::00XX。100:8 位。压缩为 8 位,地址形式为 FF02::00XX。101:7 位。压缩为 7 位,地址形式为 FF02::00YX,其中 Y 位为 0~128。110:6 位。压缩为 6 位,地址形式为 FF02::00YX,其中 Y 位为 0~64。111:5 位。压缩为 5 位,地址形式为 FF02::00YX,其中 Y 位为 0~32。

如果 BS=11,则 000:保留。001:48 位。压缩为 48 位,地址形式为 FFXX:XXLL:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP:XXXX:XXXX,P 和 L 由上下文获得。010:32 位。压缩为 32 位,地址形式为 FFXX:XXLL:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP:XXXX,P 和 L 由上下文获得。011:16 位。压缩为 16 位,地址形式为 FFXX:XXLL:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP,P 和 L 由上下文获得。100:保留。101:保留。110:保留。111:保留。

3 改进的报头压缩技术测试结果

3.1 测试拓扑结构

如图3所示,采用无线 Mesh 网络拓扑结构作为测试环境,通过链路单播、组播和全球通信来验证改进的报头压缩技术的可行性。图3中,黑色方框为 Mesh 簇头节点,黑色圆圈为通信节点。LoWPAN_IPHC 的压缩拓扑结构由于地址分配比较粗略,在 ER1 区域内链路地址统一分配。LoWPAN_CIPHC 的压缩拓扑结构把地址细化,在 ER1 区域内出现 2 个簇(见图 3(b)地址分配)。由于物联网节点中能量的使用主要消耗在无线通信方面,这里采用无线跳数来评估通信消耗能量的改进情况。

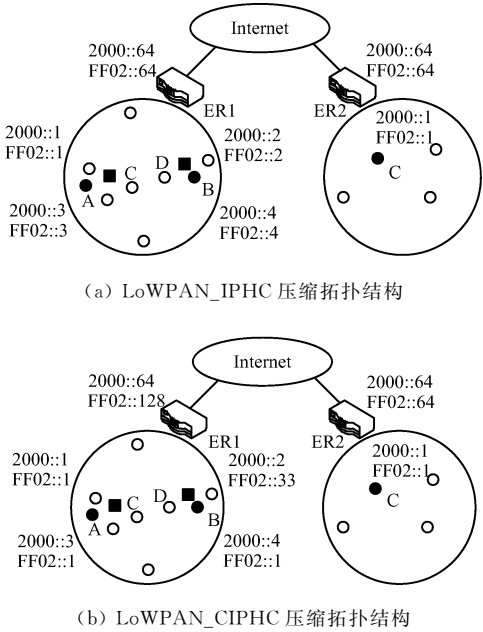


图3 测试网络拓扑结构

测试节点硬件采用 ZigBee 协议节点,原因有 2 个:(1) ZigBee 协议是典型的 IEEE 802.15.4 协议,通过该协议可以很好地验证本文提出的报头压缩方法;(2) ZigBee 协议栈与 IP 架构相似,通过该测试方案可以很方便地应用 6LoWPAN。

3.2 测试结果

为了更好地测试本文提出的报头压缩方法的优越性,通过 TI 公司的 Smart RF 无线网络嗅探器抓包来进行验证。测试结果如表 1 所示,从中可看出,与 LoWPAN_IPHC 相比,LoWPAN_CIPHC 方法在没有增加运算(压缩解压)的情况下,在网络消耗方面有很好的改进。

4 结语

介绍了一种基于簇策略的物联网 6LoWPAN

表1 报头压缩方法网络消耗测试结果

通信范围	方向	LoWPAN_IPHC	LoWPAN_CIPHC
		平均跳数	平均跳数
链路单播	C→D	4	2
链路组播	A→C	1	1
网内 PAN 全球播	A→B	5	4
网间 PAN 全球播	A→C	7	5

报头压缩方法 LoWPAN_CIPHC,该方法通过细化区域地址,在不增加运算的条件下,通过控制网络地址,能够很好地减少网络通信消耗。测试结果验证了该方法的有效性。

参考文献:

[1] MONTENEGRO G, KUSHALNAGAR N, HUI J, et al. Transmission of IPv6 packets over IEEE 802.15.4 networks[EB/OL]. (2007-09-10)[2012-10-12]. <http://tools.ietf.org/html/rfc4944>.

[2] KIM K, IPARK S D, MONTENEGRO G, et al. 6LoWPAN Ad Hoc on-demand distance vector routing(LAOD) [EB/OL]. (2007-08-19)[2012-10-12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-daniel-6lowpan-load-adhoc-routing-03>.

[3] MONTENEGRO G, KUSHALNAGAR N. 6LoWPAN[EB/OL]. (2007-09-10)[2012-10-12]. <http://tools.ietf.org/html/rfc4944>.

[4] HUI J. Compression format for IPv6 datagrams in 6LoWPAN networks[EB/OL]. (2011-02-24)[2012-10-12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lowpan-hc-15>.

[5] 张凯婷,徐钊,张峰,等.基于 6LoWPAN 的矿井无线传感器网络适配层研究[J].工矿自动化,2012,38(6):43-47.

[6] 孙雪芹,程绍银,蒋凡.6LoWPAN 协议一致性测试方法及仪表设计[J].计算机系统应用,2012(9):97-101.

[7] 吴德伦.6LoWPAN 报头压缩研究与实现[D].北京:北京交通大学,2007.

[8] 李海.6LoWPAN 适配层的研究与实现[D].上海:华东师范大学,2007.

[9] 毛妙.6LoWPAN 适配层与 ND 协议的研究与实现[D].上海:华东师范大学,2007.

[10] RAMAKRISHNAN K, FLOYD S, BLACK D. The addition of explicit congestion notification(ECN) to IP[EB/OL]. (2001-09-10)[2012-10-12]. <http://tools.ietf.org/html/rfc3168>.