

## 2. RFC 6282 : Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks

RFC 6282 : 基於 IEEE802.15.4 網路的 IPv6 資料封包的壓縮格式

網際網路工程任務組(IETF)

Request for Comments : 6282

更新:4944

分類：標準

ISSN : 2070-1721

月

J. Hui, Ed.

Arch Rock Corporation

P. Thubert

Cisco

2012年9

基於 IEEE802.15.4 網路的  
IPv6 資料封包的壓縮格式

### 摘要

本文更新了 RFC 4944，“IPv6 在 IEEE 802.15.4 網路上的傳播”。本文指定了一個 IPv6 標頭壓縮格式，使得在低功耗個人區域網路(6LoWPANs)中遞送 IPv6 包裹。這種壓縮格式依賴於共享上下文，以允許壓縮任意前綴。而如何在共享上下文中保持訊息的完整性，這便超出了能力所及。本文指定了群播地址的壓縮方式，以及壓縮後續標頭的框架。在這個框架中也指定了 UDP 標頭的壓縮。

### 本文的狀態

這是一份網路標準跟蹤文檔。

本文是出自網路工程工作組(IETE)。本文代表了 IETF 團隊的共識。本文已接受過公眾審查，並且已被網路工程指導小組(IESG)批准出版。有關網路標準的更多訊息，請參考 RFC 5741 第 2 節。

有關於本文的當前狀態、勘誤以及提供任何反饋訊息，請訪問 <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6282>。

### 版權聲明

版權聲明(c)2011年 IETF信託基金和被確認為文檔作者的人員。  
版權所有。

本文受 BCP 78 和 IETF 信託關於 IETF 文檔的法律規定之約束，  
自本文發佈日起生效  
(<http://trustent.ietf.org/license-info>)。請仔細審閱這些文檔，因為文  
檔描述了您對本文的權利以及限制。本文中提取的代碼組件必須  
包括信託法律條款第 4.e 節中所述的簡化版 BSD 許可證文本，並  
且按照簡化版 BSD 許可證中所述提供無擔保。

## 目錄

1. 前言	3
1.1. 要求表示法	4
2. 對於RFC 4944的特別更新	5
3. IPv6 標頭壓縮	5
3.1. LOWPAN_IPHC編碼格式	6
3.1.1. 基本格式	6
3.1.2. 上下文識別字擴充	10
3.2. IPv6標頭編碼	10
3.2.1. 交通類別和流標籤壓縮	10
3.2.2. 從封裝標頭匯出IID	11
3.2.3. 狀態群播地址壓縮	12
3.2.4. 有狀態群播地址壓縮	13
4. IPv6 後續標頭壓縮	13
4.1. LOWPAN_NHC格式	14
4.2. IPv6擴充標頭壓縮	14
4.3. UDP 標頭壓縮	16
4.3.1. 壓縮UDP端口	16
4.3.2. 壓縮UDP校驗和	16
4.3.3. UDP LOWPAN_NHC格式	18
5. IANA注意事項	18
6. 安全考慮因素	19
7. 致謝	20
8. 參考	20
8.1. 規範性參考文獻	20
8.2. 訊息參考	21

## 1. 前言

[IEEE802.15.4]標準規定了 127 位元組的 MTU，在鏈路吞吐量為 250 kbps 或更低的無線鏈路上，在啟用安全性的情況下產生大約 80 個八位元組的實際媒體訪問控制(MAC)有效載荷。6LoWPAN 適應格式[RFC4944]被指定用於在這種受約束的鏈路上承載 IPv6 資料封包，同時考慮到在諸如無線傳感器網路的應用中預期的有限頻寬，存儲器或能量資源。[RFC4944]定義了一個支援子 IP 轉發的網格尋址標頭，一個支援 IPv6 最小 MTU 需求[RFC4944]的碎片標頭，以及針對 IPv6 數據(LOWPAN\_HC1 和 LOWPAN\_HC2)的無狀態標頭壓縮，以將相對較大的 IPv6 和 UDP 標頭減少(在最佳情況下)幾個位元組。

對於 6LoWPANs 中 IPv6 的大多數實際應用來說，LOWPAN\_HC1 和 LOWPAN\_HC2 是不夠的。LowPan\_HC1 對於鏈路本地單播通信最有效，其中 IPv6 地址帶有鏈路本地前綴和直接從 IEEE 802.15.4 地址派生的介面標識符(IID)。在這種情況下，兩個地址都可能被完全刪除。然而，儘管鏈路本地地址通常用於本地協定交互，如 IPv6 接壤發現[RFC4861]，DHCPv6 [RFC3315]，或路由協定，但它們通常不用於應用層數據通訊，因此這種壓縮機制的實際值是有限的。

當 6LoWPAN 外部的設備通訊或在 6LoWPAN 內發生 IP 轉發的路由配置中通訊時，必須使用可路由地址。對於可路由地址，LOWPAN\_HC1 要求 IPv6 源地址和目標地址都能攜帶前綴。如果不使用 Mesh 尋址標頭，則必須將可路由地址的 IID 串聯。然而，LowPan\_HC1 在內嵌式需要 64 位的 IID，即時它是從 IEEE 802.15.4 之 16 位短地址派生的，也不能縮短。當目標地是一個 IPv6 群播地址時，LOWPAN\_HC1 要求完整的攜帶 128 位地址。

因此，本文定義了一種編碼格式，即 LOWPAN\_IPHC，用於根據上下文中的共享狀態，有效壓縮唯一的本地、全局和群播 IPv6 地址。此外，本文還介紹了對[RFC4944]中定義的標頭壓縮格式的一些額外的改進。

LOWPAN\_IPHC 允許壓縮一些常用的 IPv6 跳點限制值。如果 6LoWPAN 是 mesh-under stub，入站跳點限制為 1，出站默認值通

常足以滿足應用層數據流量。此外，跳數限制值 255 通常用於驗證單跳上是否發生了通信。在這些常見情況下，該規範啟用了 IPv6 跳點限制值欄位的壓縮，而 LOWPAN\_HC1 則沒有。

本文還定義了 LOWPAN\_HC1，一種任意後續標頭的編碼格式。LOWPAN\_IPHC 指示是否使用 LOWPAN\_IPHC 對以下標頭進行編碼。在這種情況下，壓縮後的 IPv6 標頭後續位立即開始 LOWPAN\_NHC。相比之下，LowPan\_HC1 可以擴充以支援使用 LowPan\_HC2 來壓縮後續標頭，但是只能用於 UDP，TCP，和 ICMPv6。此外，LowPan\_HC2 八位元組位於 LowPan\_HC1 的八位元組和未壓縮的 IPv6 標頭字段之間。此規範將後續標頭編碼位移動到所有與 IPv6 相關的位之後，從而允許適當的分層結構和對 IPv6 擴充標頭的直接支援。

本文使用 LOWPAN\_NHC 來定義了 UDP 的壓縮機制。雖然 [RFC4944] 為 UDP 定義了一種壓縮機制，但如果上層機制(如上層訊息完整性檢查(MIC))提供了可能性，則該機制不會啟動校驗和壓縮。此規範添加了在 6LoWPAN 上刪除 UDP 校驗總和的功能，從而可以保存另外兩個八字位元組。

此外，在使用 LOWPAN\_NHC 時，本文定義了 IPv6-in-IPv6 封裝以及 IPv6 擴充頭的編碼格式。對於 LowPan\_HC1 和 LowPan\_HC2，後續標頭的鏈路無法被有效編碼。

## 1.1. 要求表示法

本文中的關鍵詞"必須(MUST)"、"不得(MUST NOT)"，"必要(REQUIRED)"，"必須(SHALL)"，"不得(SHALL NOT)"，"應該(SHALL NOT)"，"不應該(SHOULD NOT)"，"建議(RECOMMENDED)"，"不建議(RECOMMENDED)"，"可以(MAY)"，"可選(OPTIONAL)"按照[RFC2119]中的描述進行解釋。

## 2. 對於 RFC 4944 的特別更新

本檔案規定了一種標頭壓縮格式，旨在取代[RFC4944]第 10 節中定義的格式。現在不建議實施[RFC4944]第 10 節。新的實現可以根據[rfc4944]的第 10 節實現解壓，但不應發送根據[rfc4944]的第 10 節壓縮的包裹。

由本檔案更新的[RFC4944]的合規實施必須能夠正確處理利用本檔案規定接收的數據包。合規的實施可能實施將來可能註冊的其他 Lowpan\_NHC 類型（第 4 節）（第 5 節）。本檔案不包括壓縮機如何了解減壓器具有附加功能。

[rfc4944]的第 5.3 節還定義了如何對不適合於單個連結幀的壓縮 IPv6 資料封包進行分段。[rfc4944]的第 5.3 節將片段頭的資料封包大小和資料封包偏移量值定義為壓縮前 IPv6 資料封包的大小和偏移量。因此，第一個片段之外的所有片段有效負載必須在壓縮之前承載各自的 IPv6 資料封包部分。本檔案不改變該要求。當使用[rfc4944]第 5.3 節中描述的碎片機制時，任何不適合第一個碎片的標頭都不能被壓縮。

本檔案中定義的頭壓縮格式優先於[RFC4944]第 5.1 節中定義的 ESC 調度值。相反，01 000000 的值被保留為 ESC 的替換值，最終通過第一次分配擴充位元組來分配。

## 3. IPv6 標頭壓縮

在本節中，我們定義了用於壓縮 ipv6 頭的 LOWPAN\_IPHC 編碼格式。為了實現有效的壓縮，LOWPAN\_IPHC 依賴於與完整的 6Lowpan 資訊。LOWPAN\_IPHC 假設以下是 6Lowpan 通信的默認情況：版本為 6；流量等級和流量標籤均為零；有效載荷長度可以從 6Lowpan 碎片頭或 IEEE 802.15.4 頭的較低層推斷出來；跳點限制將設定為 well-known 值由源；分配給 6lowpan 介面的地址將使用連結本地首碼或分配給整個 6lowpan 的一組可路由首碼形成；分配給 6LoWPAN 介面的地址由直接來自 64 位擴充或 16 位短 IEEE 802.15.4 地址的 IID 形成。

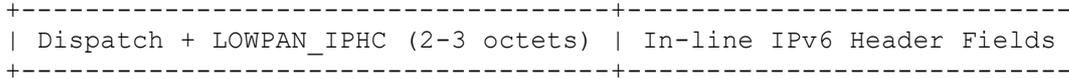


圖 1：LOWPAN\_IPHC 標頭

LOWPAN\_IPHC 編碼使用 13 位元，其中 5 位元取自調度類型的最右位元。編碼可以由另一個八位元組擴充以支援其他上下文。任何來自未壓縮的 ipv6 標頭欄位的資訊都是按照 LOWPAN\_IPHC 編碼進行的，如圖 1 所示。在最好的情況下，LOWPAN\_IPHC 可以通過連結本地通信將 ipv6 標頭壓縮為兩個八位元組（調度八位元組和 LOWPAN\_IPHC 編碼）。

當通過多個 IP 跳點進行路由時，LOWPAN\_IPHC 可以將 ipv6 標頭壓縮到 7 個八位元組（1 個八位元組調度、1 個八位元組 LOWPAN\_IPHC、1 個八位元組跳點限制、2 個八位元組源地址和 2 個八位元組目標地址）。跳點限制不能被壓縮，因為它需要在每個跳點處遞減，並且可以取任何值。狀態地址壓縮必須應用於源和目標 IPv6 地址，因為它們不與中間跳點上的源和目標連結層地址無狀態匹配。

### 3.1. LOWPAN\_IPHC 編碼格式

本節指定描述 IPv6 標頭壓縮管道的 LOWPAN\_IPHC 編碼格式。對於基本編碼，編碼可以是 2 個八位元組長，如果存在其他上下文編碼，則可以是 3 個八位元組長。未完全刪除的 ipv6 標頭欄位將立即放在 LOWPAN\_IPHC 之後，如果欄位部分刪除或逐字刪除，則以壓縮形式放置。

#### 3.1.1. 基本格式

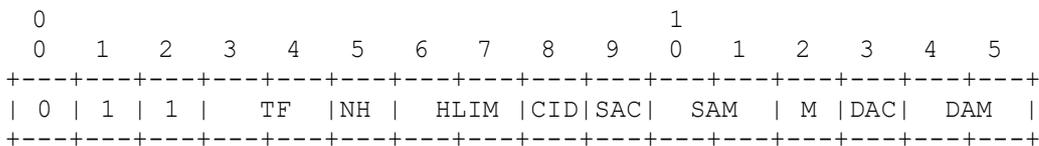


圖 2：LOWPAN\_IPHC 基本編碼

TF:流量類，流量標籤：如[rfc3168]所述，8 位元 IPv6 流量類欄位分為兩個欄位：2 位元顯式擁塞通知（ecn）和 6 位差分服務碼位元（dscp）。

- 00: ECN + DSCP + 4-bit Pad + Flow Label (4 bytes)
- 01: ECN + 2-bit Pad + Flow Label (3 bytes), DSCP is elided.
- 10: ECN + DSCP (1 byte), Flow Label is elided.
- 11: Traffic Class and Flow Label are elided.
- 00 : ECN + DSCP + 4 位填充+流標籤 (4 個字節)
- 01 : ECN + 2 位填充+流標籤 (3 字節) , 省略了 DSCP 。
- 10 : ECN + DSCP (1 字節) , 流標籤被刪除。
- 11 : 取消了流量類別和流標籤。

NH: 下一個標頭:

- 0 : 後續標頭的完整 8 位元是線上攜帶的。
- 1 : 後續標頭欄位被壓縮, 後續標題使用 LowPan\_NHC 編碼, 這在第 4.1 節中討論。

HLIM: 跳點限制:

- 00:跳點限制欄位是線上攜帶的。
- 01:跳點限制欄位被壓縮, 跳點限制為 1。
- 10:跳點限制欄位被壓縮, 跳點限制為 64。
- 11:跳點限制欄位已壓縮, 跳點限制為 255。

CID: 上下文標識符擴充:

- 0:沒有使用其他 8 位元上下文識別字擴充。如果在源地址壓縮 (SAC) 或目標地址壓縮 (DAC) 中指定了基於上下文的壓縮, 則使用上下文 0。
- 1 : 另一個 8 位元上下文識別字擴充欄位緊跟在目標地址模式 (DAM) 欄位之後。

SAC: 源地址壓縮

- 0:源地址壓縮使用無狀態壓縮。
- 1:源地址壓縮使用有狀態的、基於上下文的壓縮。

SAM: 源地址模式:

If SAC=0:

- 00:128 位元。完整地址是按行攜帶的。
- 01:64 位元。地址的前 64 位元被省略。這些位元的值是連結用零填充的本地首碼。其餘的 64 位元是並行攜帶的。

10:16 位元。地址的前 112 位元被省略。前 64 位元的值是用零填充的連結本地首碼。下麵的 64 位元是 0000:00FF:FE00:XXXX，其中 XXXX 是行中攜帶的 16 位元。

11:0 位元。地址已完全刪除。地址的前 64 位元是用零填充的連結本地首碼。其餘 64 位元是根據第 3.2.2 節中指定的封裝頭（例如 802.15.4 或 IPv6 源地址）計算得出的。

If SAC=1:

00:未指定的地址,::

01:64 位元。該地址是使用上下文資訊和內嵌的 64 位元來派生的。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。上下文資訊中未包含的任何 IID 位元都直接從行中攜帶的相應位元中獲取。任何剩餘位元都為零。

10:16 位元。該地址是通過上下文資訊和 16 位元的行內攜帶得到的。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。上下文資訊未涵蓋的任何 IID 位元都直接從 0000:00FF:FE00:XXXX 給出的 16 位元到 IID 映射中的相應位元中獲取，其中 XXXX 是行中攜帶的 16 位元。任何剩餘位元都為零。

11:0 位元。地址被完全刪除，並使用上下文資訊和封裝頭（例如 802.15.4 或 IPv6 源地址）派生。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。根據第 3.2.2 節的規定，從封裝頭計算上下文資訊中未包含的任何 IID 位元。任何剩餘位元都為零。

M: 群播壓縮

0:目標地址不是群播地址。

1:目標地址是一個群播地址。

DAC: 目的地址壓縮

0:目標地址壓縮使用無狀態壓縮。

1:目標地址壓縮使用有狀態的、基於上下文的壓縮。

DAM: 目的地址模式:

如果 M = 0 和 DAC = 0，則此情況與 SAC = 0 匹配，但對於目標地址：00:128 位元。完整地址是按行攜帶的。

01:64 位元。地址的前 64 位元被省略。這些位元的值是用零填充的連結本地首碼。其餘的 64 位元是並行攜帶的。

10:16 位元。地址的前 112 位元被省略。前 64 位元的值是用零填充的連結本地首碼。下麵的 64 位元是 0000:00FF:FE00:XXXX，其中 XXXX 是行中攜帶的 16 位元。

11:0 位元。地址已完全刪除。地址的前 64 位元是用零填充的連結本地首碼。其餘 64 位元是根據第 3.2.2 節中指定的封裝頭（例如 802.15.4 或 IPv6 目標地址）計算得出的。

如果 M = 0 且 DAC = 1 : 00 : 保留。

01:64 位元。該地址是使用上下文資訊和內嵌的 64 位元來派生的。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。上下文資訊中未包含的任何 IID 位元都直接從行中攜帶的相應位元中獲取。任何剩餘位元都為零。

10:16 位元。該地址是通過上下文資訊和 16 位元的行內攜帶得到的。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。上下文資訊未涵蓋的任何 IID 位元都直接從 0000:00FF:FE00:XXXX 給出的 16 位元到 IID 映射中的相應位元中獲取，其中 XXXX 是行中攜帶的 16 位元。任何剩餘位元都為零。

11:0 位元。地址被完全刪除，並使用上下文資訊和封裝頭（例如 802.15.4 或 IPv6 目標地址）派生。總是使用上下文資訊覆蓋的位元。根據第 3.2.2 節的規定，從封裝頭計算上下文資訊中未包含的任何 IID 位元。任何剩餘位元都為零。

If M=1 and DAC=0:

00:128 位元。完整地址是按行攜帶的。

01:48 位元。地址格式為 ffxx::00xx:xxxx:xxxx。

10:32 位元。地址格式為 ffxx::00xx:xxxx。

11:8 位元。地址的格式為 ff02::00xx。

If M=1 and DAC=1:

00:48 位元。此格式旨在匹配[rfc3306]和[rfc3956]中定義的基於單播首碼的 IPv6 群播地址。群播地址的格式為 ffxx:xxll:pppp:pppp:pppp:pppp:XXXX:XXXX。其中，x 是以這種格式出現的順序排列的半位元組。P 表示用於對首碼本身進行編碼的半位元組。L 表示用於編碼首碼長度的半位元組。首碼資訊 p 和 l 取自指定的上下文。

01:保留

10：保留

## 11：保留

### 3.1.2. 上下文識別字擴充

此規範期望在壓縮數據包的節點和需要擴充數據包的節點之間共享概念上下文。如何共享和維護上下文超出了範圍。上下文資訊中包含的資訊超出範圍。響應未知和/或無效上下文的操作超出範圍。該規範允許一個節點使用多達 16 個上下文。用於編碼源地址的上下文不必與用於編碼目標地址的上下文相同。

如果在 LOWPAN\_IPHC 編碼中將 cid 欄位設定為“1”，則另一個八位元組將 LOWPAN\_IPHC 編碼擴充到 dam 位元之後，但擴充到行內攜帶的 ipv6 頭欄位之前。附加的八位元組標識當 IPv6 源地址和/或目標地址被壓縮時要使用的上下文對。每個地址的上下文識別字為 4 位元，最多支援 16 個上下文。上下文 0 是默認上下文。編碼如圖 3 所示。

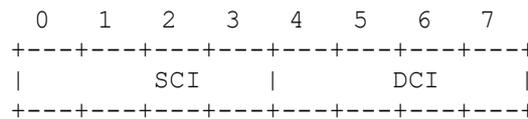


圖 3：LOWPAN\_IPHC 編碼

SCI:源上下文識別字。標識當 IPv6 源地址被狀態壓縮時使用的首碼。

DCI:目標上下文識別字。標識在狀態壓縮 IPv6 目標地址時使用的首碼。

### 3.2. IPv6 標頭編碼

行中攜帶的欄位(部分或全部)的顯示順序與 ipv6 頭格式[rfc2460]中的顯示順序相同。版本欄位總是被省略。單播 IPv6 地址可以壓縮到 64 或 16 位元，或者完全消除。群播 IPv6 地址可以壓縮為 8、32 或 48 位元。必須始終使用 6lowpan 碎片標頭或 IEEE802.15.4 標頭從較低層刪除和推斷 ipv6 有效負載長度欄位。

#### 3.2.1. 交通類別和流標籤壓縮

ipv6 標頭中的 traffic class 欄位包含 6 位元 diffserv 副檔名[rfc2474] 和 2 位元顯式擁塞通知 (ecn) [rfc3168]。LOWPAN\_IPHC 編碼中的 tf 欄位訓示在壓縮的 ipv6 頭段中是否線上攜帶流量類和流量標籤。當流量類被壓縮時，當流量標籤被包括在內時，為了保持位元組對齊，額外的 4 位元被包括在內。4 位元中的 2 位元包含來自流量類欄位的 ECN 位元。

為了確保包含 ECN 位元的所有編碼都顯示在同一位置，在壓縮的 IPv6 頭段中，Traffic Class 欄位向右旋轉 2 位元。編碼如下：

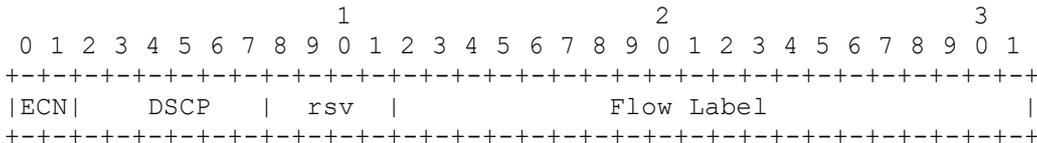


圖 4：TF = 00：流量類別和流標籤是隨身攜帶的

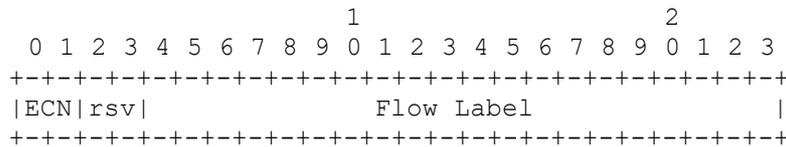


圖 5：TF = 01：流程標號

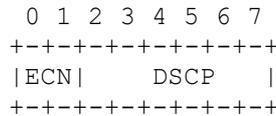


圖 6：TF = 10：串聯進行流量分類

### 3.2.2. 從封裝標頭匯出 IID

當 sam=3 或 dam=3 時，lowpan iphc 分別刪除源地址或目標地址的 IID。在這種模式下，IID 是從封裝頭派生的。當封裝頭攜帶 IPv6 地址時，源地址和目標地址的位元將從封裝的 IPv6 頭的源地址和目標地址複製。

本節的其餘部分定義了從 IEEE802.15.4[IEEE802.15.4]連結層地址到 IID 的映射，包括短地址和擴充的 IEEE802.15.4 地址。如果 IID 位元與連結層地址映射匹配，則上下文資訊中未包含的 IID 位元可能會被刪除；如果不匹配，則不能被刪除。

擴充的 IEEE802.15.4 地址採用 IEEE EUI-64 地址的形式。從擴充地址生成 IID 與[RFC4291]附錄 A 中定義的 IID 相同。將 IEEE EUI-64 識別字轉換為介面識別字所需的唯一更改是反轉通用/本地位元。

一個簡短的 IEEE 802.15.4 地址的長度是 16 位元。通過將中間 16 位元設定為 0xffff，將底部 16 位元設定為短地址，將所有其他位元設定為零，將短地址映射到 IEEE EUI-64 地址的受限制空間。因此，從短地址生成的 IID 具有以下形式：

0000:00ff:fe00:XXXX

其中 XXXX 包含短地址。通用/本地位元為零，表示本地範圍。

非 EUI-64 識別字的映射與[RFC4291]附錄 A 中的映射不同。使用受限制空間可確保不與由不受限制的 IEEE EUI-64 地址生成的 IID 重疊。此外，在 IID 中間包含 0xffff 有助於避免與其他本地管理的 IID 重疊。

這個從一個簡短的 IEEE802.15.4 地址到 64 位元 IID 的映射也被用來重建 IID 中上下文資訊沒有覆蓋的任何部分。

### 3.2.3. 狀態群播地址壓縮

當  $m=1$  且  $dac=0$  時，LOWPAN\_IPHC 支援群播地址的無狀態壓縮。可以使用無狀態壓縮將 IPv6 群播地址壓縮到 48、32 或 8 位元。該格式支援壓縮請求的節點群播地址 (ff02::1:ffxx:XXXX) 以及群播組識別字的高位為零的任何 IPv6 群播地址。8 位元壓縮形式只攜帶組播組識別字的最低有效位元。除了群播組識別字的最低有效位元之外，48 位元和 32 位元壓縮形式還線上攜帶群播作用域和標誌。

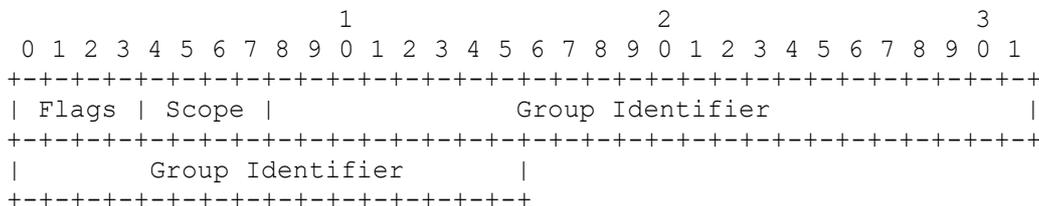


圖 7：DAM = 01.48 位壓縮多播地址  
(ffFS::00GG:GGGG:GGGG)

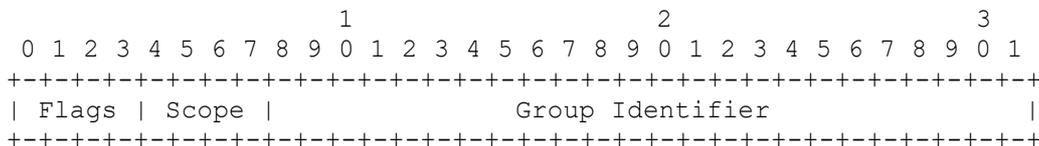


圖 8：DAM =10.32 位壓縮多播地址  
(ffFS::00GG:GGGG)

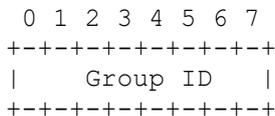


圖 9：DAM =11.8 位壓縮多播地址(ff02::GG)

### 3.2.4. 有狀態群播地址壓縮

當 m=1 和 dac=1 時，LOWPAN\_IPHC 支援群播地址的狀態壓縮。本檔案現時定義 DAM=00：基於上下文的單播首碼的 IPv6 群播地址壓縮[RFC3306][RFC3956]。特別是，首碼長度和網路首碼可以取自上下文。因此，LOWPAN\_IPHC 可以通過線上攜帶 4 位元標誌、4 位元作用域、8 位元集合點介面 ID (RIID) 和 32 位組織別字，將基於單播首碼的 IPv6 群播地址壓縮到 6 個八位元組。

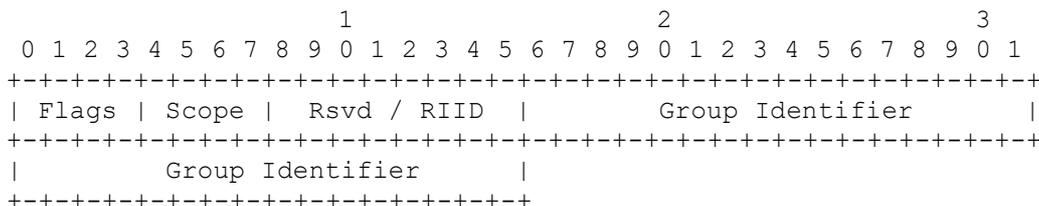


圖 10：DAM =00.基於單播前綴的 IPv6 組播地址壓縮

注意，保留欄位必須從群播地址格式中攜帶保留位元，如[rfc3306]所述。當集合點按照[rfc3956]中的描述編碼在群播地址中時，保留欄位將 RIID 位元 in-line。

## 4. IPv6 後續標頭壓縮

當 NH 位設置為 1 時，LOWPAN\_IPHC 省略 IPv6 後續標頭字段。這也表示使用 6LoWPAN 後續標頭壓縮 LOWPAN\_NHC。從 LOWPAN\_NHC 編碼的第一位恢復 IPv6 後續標頭的值。以下位特定於 IPv6 後續標頭的值。圖 11 顯示了使用 LOWPAN\_IPHC 和 LOWPAN\_NHC 壓縮的 IPv6 資料封包的結構。

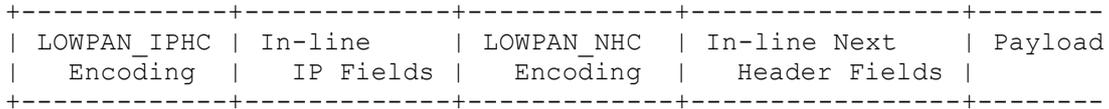


圖 11：典型的 LOWPAN\_IPHC / LOWPAN\_NHC 標頭配置

#### 4.1. LOWPAN\_NHC 格式

不同後續標頭的壓縮格式由緊隨 LOWPAN\_IPHC 壓縮標頭之後的可變長度位元模式標識。在定義後續標頭壓縮格式時，使用的位元數應該由使用該格式的感知頻率確定。但是，位數和任何剩餘的編碼位應該遵循八位位組對齊。以下位特定於後續標頭壓縮格式。本文定義了 IPv6 擴充和 UDP 標頭的壓縮格式。

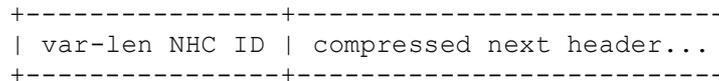


圖 12：LOWPAN\_NHC 編碼

#### 4.2. IPv6 擴充標頭壓縮

使用 LOWPAN\_NHC 編碼標頭的必要屬性是必須使用 LOWPAN\_IPHC 或 LOWPAN\_NHC 對前一個標頭進行編碼。換句話說，使用本文中定義的 6LoWPAN 編碼格式編碼的所有標頭必須是連續的。因此，本文為選定的 IPv6 擴充標頭定義了一組 LOWPAN\_NHC 編碼，以便在存在這些擴充標頭時可以使用第 4.3 節中定義的 UDP 標頭壓縮。

IPv6 擴充標頭的 LOWPAN\_NHC 編碼由單個 LOWPAN\_NHC 八位元組組成，後跟 IPv6 擴充標頭。LOWPAN\_NHC 八位元組的格式如圖 13 所示。前 7 位用作緊隨 LOWPAN\_NHC 八位元組之後的 IPv6 擴充標頭的標識符。剩餘位元指示以下標頭是否使用 LOWPAN\_NHC 編碼。

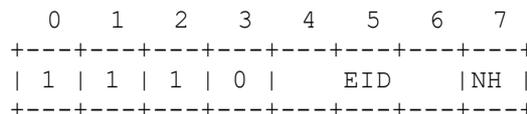


圖 13：IPv6 擴充標頭編碼

EID：IPv6 擴充頭 ID：

0：IPv6 逐跳選項標頭[RFC2460]

1：IPv6 路由標頭[RFC2460]

2：IPv6 片段標頭[RFC2460]

3：IPv6 目標選項標頭[RFC2460]

4：IPv6 移動性標頭[RFC6275]

5：保留

6：保留

7：IPv6 標頭

NH：下一個標頭：

0：下一個標頭的完整 8 位是在線傳送的。

1：忽略下一個標頭字段，並使用 LOWPAN\_NHC 對下一個標頭進行編碼，這將在第 4.1 節中討論。

在大多數情況下，IPv6 擴充標頭在位元組中未經修改地攜帶緊跟 LOWPAN\_NHC 八位字節之後，有兩個重要的例外：長度字段和後續標題字段。

當 NH 位置位時，IPv6 擴充標頭中包含的後續標頭字段將被省略在 LOWPAN\_NHC 編碼八位元組中。請注意，這樣做允許 LOWPAN\_NHC 使用沒有比未編碼的 IPv6 擴充標頭更多的開銷。

壓縮的 IPv6 擴充頭中包含的長度欄位訓示數位屬於長度欄位後面的（壓縮的）擴充頭的八位元組數。請注意，這會更改[rfc2460]中的長度欄位定義，而不是訓示標題。八位元組組織，不包括前八位元組。將長度欄位更改為八位元組的組織消除了浪費的內部碎片。

IPv6 逐跳和目標選項標頭可以使用尾隨 Pad1 或 PadN 實現 8 個八位元組的對齊。當有一個 7 個八位元組的單個尾隨 Pad1 或 PadN 選項時或更少，包含標題是 8 個八位元組的倍數，尾隨 Pad1 或 PadN 壓縮機可以省略選項。解壓縮器必須確保使用 Pad1 或 PadN 將包含頭部的長度填充為 8 個八位元組的倍數必要時選項。請注意，Pad1 和 PadN 選項出現在除以外的位置結束必須在線攜帶，因為它們用於對齊後續選項。

請注意，以八位元組為單位指定單位意味著 LOWPAN\_NHC 絕不能用於編碼壓縮後長度字段後面超過 255 個八位元組的 IPv6 擴充標頭。

當識別的後續標頭是 IPv6 標頭 (EID = 7) 時，LOWPAN\_NHC 編碼的 NH 位元未使用並且必須設置為零。必須使用第 3 節中定義的 LOWPAN\_IPHC 對以下位元組進行編碼。

### 4.3. UDP 標頭壓縮

本文使用 LOWPAN\_NHC 定義 UDP 標頭的壓縮格式。UDP 壓縮格式如圖 14 所示。位 0 到 4 表示 NHC ID，“11110”表示本節中定義的特定 UDP 標頭壓縮編碼。

#### 4.3.1. 壓縮 UDP 端口

此規範允許將特定範圍的埠號(0xf0b0 到 0xf0bf)壓縮到 4 位元。這是繼承自[rfc4944]的無狀態壓縮，而不是新的有狀態壓縮。可壓縮到 4 位元的埠範圍不在保留範圍內。設計用於通過 6lowpan 進行通信的網路堆疊實現應盡可能避免將這些埠用作動態埠。

考慮到這僅代表 16 個連續端口，可以預期許多不兼容的應用程序將使用相同的端口號值來滿足其自身的端到端需求。因此，(0xf0b0 到 0xf0bf) 範圍內的端口號提供有關遠程端應用程序的非常少的訊息。

與 IANA 保留的端口相比，0xf0bX 端口的過載增加了獲取錯誤類型的有效負載和錯誤解釋內容的風險。因此，建議將這些端口的使用與諸如傳輸層安全性(TLS)[RFC5246]訊息完整性檢查(MIC)之類的機制相關聯，以確保內容符合預期並進行檢查。

#### 4.3.2. 壓縮 UDP 校驗和

對於所有資料封包，UDP [RFC2460]必須執行 UDP 校驗和操作。因此，[RFC4944]不允許壓縮 UDP 校驗和。

根據此規範，如果上層授權，源傳輸端點中的壓縮器可以省略 UDP 校驗和。壓縮機不得設定 C 位元，除非它已收到此類授權。需要上層授權可以確保預期的傳輸對等端有足夠的方法來處理到達目的地之前發生的任何數據損壞。除非滿足以下情況之一，否則上層不能提供授權：

**Tunneling**：在這種情況下，6lowpan 通過在 UDP 上隧道傳輸現有的現場協定，被部署為無線偽現場匯流排。如果隧道協定資料單元（PDU）擁有自己的定址、安全性和完整性檢查（例如，ipsec 封裝安全有效負載隧道模式[rfc403]或 ip over udp 封裝），隧道機制可以授權刪除 udp 校驗和，以便保存封裝 Verhead 公司。

**訊息完整性檢查**：在這種情況下，在至少包含與 UDP 校驗和（偽頭、數據）相同資訊且至少具有相同強度的 UDP 負載中，要麼是 IPSec 身份驗證頭[RFC40302]或其他形式的完整性檢查。

為了確保在擴充 6LoWPAN 資料封包時能夠正確恢復 UDP 校驗和，每當發送帶有壓縮 UDP 資料封包的鏈路幀時，必須使用額外的完整性檢查（例如，第 2 層（L2）訊息完整性檢查）。校驗和。如果沒有這種額外的完整性檢查，UDP 資料封包可能會被傳送到非預期的目的地，因為偽標頭覆蓋的數據中的損壞可能無法檢測到。

壓縮機必須在省略之前驗證 UDP 校驗和，並且必須確保在驗證和刪除校驗和之前進行額外的完整性檢查。如果驗證 UDP 校驗和失敗，壓縮器必須丟棄該資料封包。

擴充具有 C 位設置的 6LoWPAN 資料封包的解壓縮器必須代表源節點計算 UDP 校驗和，並將該值放在現有標準[RFC0768]，[RFC2460]中指定的恢復的 UDP 標頭中。解壓縮器必須明確地確定壓縮器已經進行了額外的完整性檢查並驗證了完整性檢查，並且應該在恢復 UDP 校驗和之後這樣做。如果解壓縮器無法明確地確定是否存在完整性檢查或驗證失敗，則解壓縮器必須丟棄該資料封包。

計算和驗證 UDP 校驗和以及其他完整性檢查的建議順序可確保數據永遠不會在內存中不受保護地存儲。實際上，層之間的功能

分離可能會妨礙建議的排序。但是，實現者應特別注意並了解處理偽標頭所涵蓋的未受保護數據時的風險。

為了允許中間節點壓縮 UDP 校驗和，轉發節點可以推斷出傳入資料封包的上層授權（如果它已設置 C 位）並且它可以明確地確定覆蓋與 UDP 校驗和相同的數據的完整性檢查已到位而 UDP Checksum 被刪除了。如果省略 UDP 校驗和，則轉發節點不能推斷授權，如果它無法明確地確定存在並驗證完整性檢查。

#### 4.3.3. UDP LOWPAN\_NHC 格式

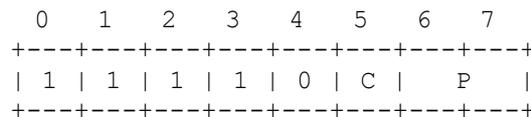


圖 14：UDP 標頭編碼

C: 校驗

0：校驗和的所有 16 位都是在線傳輸的。

1：校驗和的所有 16 位都被省略。校驗和通過重新計算來恢復 6LoWPAN 終端點。

P: 通訊埠:

00：源端口和目標端口的所有 16 位都是串聯的。

01：源端口的所有 16 位都是串聯的。目標端口的前 8 位為 0xf0 並被省略。其餘 8 位目標端口以串聯方式傳輸。

10：源端口的前 8 位為 0xf0 並被省略。剩餘的 8 位源端口是串聯的。目標端口的所有 16 位都是串聯的。

11：源端口和目標端口的前 12 位均為 0xf0b 並被省略。每個剩餘的 4 位是在線攜帶的。

串聯（部分或全部）的字段以與 UDP 標頭格式[RFC0768]相同的順序出現。UDP 長度字段必須始終被省略，並使用 6LoWPAN 分段標頭或 IEEE 802.15.4 標頭從較低層推斷。

## 5. IANA 注意事項

本文為 6LoWPAN 定義了新的 IPv6 標頭壓縮格式。該文為 LOWPAN\_IPHC 分配以下 32 個 Dispatch 類型字段值：

01 100000

通過

01 111111

此分配優先為 ESC [RFC4944]分配 01 111111; 這種搶占是可能的，因為尚未分配能夠使用 ESC 的擴充位元組。相反，值：

01 000000

被保留作為 ESC 的替換值，最後被賦予第一個擴充位元組分配。

本文還為 LOWPAN\_NHC 標頭類型創建了一個新的 IANA 註冊表，其中包含以下初始內容：

00000000 至 11011111：（未分配）

1110000N：IPv6 逐跳選項標頭[RFC6282]

1110001N：IPv6 路由標頭[RFC6282]

1110010N：IPv6 片段標頭[RFC6282]

1110011N：IPv6 目標選項標頭[RFC6282]

1110100N：IPv6 移動性標頭[RFC6282]

1110111N：IPv6 標頭[RFC6282]

11110CPP：UDP 標頭[RFC6282]

11111000 至 11111110：（未分配）

位位置中的大寫字母表示特定於類的位分配。N 表示是否遵循附加的 LOWPAN\_NHC 編碼，如 4.2 節所定義。CPP 表示第 4.3 節中定義的 UDP 標頭壓縮特有的變量。

此註冊表[RFC5226]的政策是 IETF 審核。在這個過程中，新值應該以保留第 4 節的 NHC ID 抽象的方式分配（即，k 個一位後跟一個零位識別 NHC 的一般類，然後是類特定的位分配）。

## 6. 安全考慮因素

LOWPAN\_IPHC 的定義允許壓縮可能在其不存在時進行的通信的標頭訊息，儘管效率較低。它認識到 IEEE 802.15.4 PAN 可能通過共享上下文與其關聯了許多前綴。如何分配和管理共享上下文超出了本文的範圍。

與 IANA 保留的端口相比，0xf0bX 端口的過載增加了獲取錯誤類型的有效負載和錯誤解釋內容的風險。因此，建議將這些端口的使用與諸如傳輸層安全性(TLS)[RFC5246]訊息完整性檢查(MIC)的機制相關聯，該機制驗證期望內容並檢查其完整性。

## 7. 致謝

感謝 Julien Abeille，Robert Assimiti，Dominique Barthel，Carsten Bormann，Robert Cragie，Stephen Dawson-Haggerty，Mathilde Durvy，Erik Nordmark，Christos Polyzois，Joseph Reddy，Shoichi Sakane，Zach Shelby，Dario Tedeschi，Tony Viscardi 和 Jay Werb 有用的設計考慮和實施反饋。特別感謝 David Black，Lars Eggert 和 Carsten Bormann 在解決 UDP 壓縮安全問題方面的貢獻。

## 8. 參考

### 8.1. 規範性參考文獻

- [RFC0768] Postel, J., "User Datagram Protocol", STD 6, RFC 768, August 1980.
- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, March 1997.
- [RFC2460] Deering, S. and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.
- [RFC2474] Nichols, K., Blake, S., Baker, F., and D. Black, "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, December 1998.
- [RFC3168] Ramakrishnan, K., Floyd, S., and D. Black, "The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP", RFC 3168, September 2001.
- [RFC4291] Hinden, R. and S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture", RFC 4291, February 2006.
- [RFC4944] Montenegro, G., Kushalnagar, N., Hui, J., and D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE

- 802.15.4 Networks", RFC 4944, September 2007.
- [RFC5226] Narten, T. and H. Alvestrand, "Guidelines for Writing an IANA Considerations Section in RFCs", BCP 26, RFC 5226, May 2008.
- [RFC6275] Perkins, C., Ed., Johnson, D., and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 6275, July 2011.

## 8.2. 訊息參考

- [IEEE802.15.4] IEEE Computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2006", October 2006.
- [RFC3306] Haberman, B. and D. Thaler, "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses", RFC 3306, August 2002.
- [RFC3315] Droms, R., Bound, J., Volz, B., Lemon, T., Perkins, C., and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)", RFC 3315, July 2003.
- [RFC3956] Savola, P. and B. Haberman, "Embedding the Rendezvous Point (RP) Address in an IPv6 Multicast Address", RFC 3956, November 2004.
- [RFC4302] Kent, S., "IP Authentication Header", RFC 4302, December 2005.
- [RFC4303] Kent, S., "IP Encapsulating Security Payload (ESP)", RFC 4303, December 2005. [RFC4861] Narten, T., Nordmark, E., Simpson, W., and H. Soliman, "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)", RFC 4861, September 2007.
- [RFC5246] Dierks, T. and E. Rescorla, "The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2", RFC 5246, August 2008.

## 作者地址

Jonathan W. Hui (editor)  
Arch Rock Corporation  
501 2nd St. Ste. 410  
San Francisco, California 94107  
USA

Phone: +415 692 0828  
EMail: [jhui@archrock.com](mailto:jhui@archrock.com) Pascal Thubert  
Cisco Systems  
Village d'Entreprises Green Side  
400, Avenue de Roumanille  
Batiment T3  
Biot - Sophia Antipolis 06410  
FRANCE

Phone: +33 4 97 23 26 34  
EMail: [pthubert@cisco.com](mailto:pthubert@cisco.com)