

17. RFC 8105 : Transmission of IPv6 Packets over Digital Enhanced
Cordless Telecommunications (DECT) Ultra Low Energy
(ULE)

RFC 8105 : 通過數位增強無線電信 (DECT) 傳輸 IPv6 封包超低
能耗 (ULE)

網際網路工程任務組(IETF)
Request for Comments : 8105
分類：標準
ISSN : 2070-1721

P. Mariager
J. Petersen, Ed.
RTX A/S
Z. Shelby
ARM
M. van de Logt
Bosch Sensortec GmbH
D.Barthel
Orange Labs
2017年5月

通過數位增強無線電信 (DECT) 傳輸 IPv6 封包
超低能耗 (ULE)

摘要

數位增強無線電信 (DECT) 超低功耗 (ULE) 是一種低功率空
中介面技術，由 DECT 論壇提出，由 ETSI 定義和指定。

DECT 空中介面技術已在全球通信設備中使用了 20 多年。它主
要用於承載無線電話語音，但也已部署用於以數據為中心的服
務。

DECT ULE 是 DECT 介面的最新成員，主要用於低頻寬，低功耗
應用，如傳感器設備，智能電錶，家庭自動化等。由於 DECT ULE
介面繼承了 DECT 的許多功能，因此它受益於具有遠程和無干擾
的全球保留頻段，低矽價格和成熟度的操作。通過 DECT ULE
與 IPv6 通信的能力具有附加價值，例如物聯網應用程式。

本文描述了如何使用 IPv6 通過低功耗無線個人區域網
(6LoWPAN) 技術在 DECT ULE 上傳輸 IPv6。

本備忘錄狀態

這是網際網路標準跟蹤文檔。

本文是網際網路工程任務組（IETF）的產品。它代表了 IETF 社區的共識。它已經過公眾審查，並已獲得網際網路工程指導小組（IESG）的批准發布。有關網際網路標準的更多訊息，請參見 RFC 7841 的第 2 節。

有關本文當前狀態，任何勘誤以及如何提供反饋的訊息，請訪問 <http://www.rfc-editor.org/info/rfc8105>。

版權聲明

版權所有 (c) 2017 IETF Trust 和被確定為文件作者的人員。版權所有。本文受 BCP 78 和 IETF 信託有關 IETF 文件的法律規定 (<http://trustee.ietf.org/license-info>) 的約束，該文件自本文件發布之日起生效。請仔細閱讀這些文檔，因為它們描述了您對本文的權利和限制。從本文中提取的代碼組件必須包含信任法律規定第 4.e 節中所述的簡化 BSD 許可文本，並且不提供簡化 BSD 許可中所所述的保證。

目錄

1. 前言	3
1.1. 要求表示法	4
1.2. 使用之術語	4
2. DECT超低能耗	5
2.1. DECT ULE協定疊	5
2.2. 鏈路層角色和拓撲	7
2.3. 尋址模型	8
2.4. MTU注意事項	8
2.5. 其他考慮因素	9
3. DECT ULE上的IPv6規範	9
3.1. 協定疊	9
3.2. 鏈接模型	10
3.3. 子網和網際網路連接方案	14

4. IANA注意事項	16
5. 安全注意事項	16
6. ETSI注意事項	17
7. 參考	17
7.1. 規範性引用	17
7.2. 信息參考	19
致謝	20
作者地址	21

1. 前言

數位增強無線電信（DECT）是 ETSI 規定的標準系列 [EN300.175-part1-7]，CAT-iq（無線高級技術 - 網際網路和質量）是一套產品認證和互操作性配置文件 [CAT-iq] 由 DECT 論壇定義。DECT 超低功耗（DECT ULE 或 ULE）是一種空中介面技術，建立在傳統 DECT / CAT-iq 的關鍵基礎之上，但具有特定的變化，以犧牲數據吞吐量為代價顯著降低功耗。ETSI 在 [TS102.939-1] 和 [TS102.939-2] 中規定的具有功耗要求的 DECT ULE 器件將在特殊的功率優化晶片上運行，但可以連接到支援傳統 DECT / CAT 的 DECT 網關 -iq 用於無線電話和數據以及 ULE 擴充。

DECT 術語有兩個主要的角色定義：便攜式部分（PP）是功率受限設備，而固定部分（FP）是網關或基站。該 FP 可以連接到因特網。用於 DECT ULE 的用例的示例是家庭安全傳感器，其通過 FP 以周期性間隔發送少量數據（幾個位元組），但是能夠在外部事件（例如，闖入）時喚醒並且與 FP 溝通。結合 DECT ULE 和傳統 CAT-iq 電話的另一個例子是老年人的掛件（胸針），它通常使用非常少的電池向護理提供者發送定期狀態訊息，但是在緊急情況下，老年人可以建立通過掛件到報警服務的語音連接。預計 DECT ULE 將集成到許多住宅網關中，因為其中許多已經實現了無線電話的 DECT CAT-iq。DECT ULE 可以作為 FP 的軟體選項添加。

由於大的地址空間和眾所周知的基礎設施，因此需要考慮用於 DECT ULE 設備的 IPv6。本文描述如何在 DECT ULE 鏈路上使

用 IPv6 來優化功率，同時保持 IPv6 傳輸的諸多優勢。[RFC4944]，[RFC6282]和[RFC6775]指定通過 IEEE 802.15.4 傳輸 IPv6。DECT ULE 具有許多類似於 IEEE 802.15.4 的特性，但它也有差異。定義用於通過 IEEE 802.15.4 傳輸 IPv6 的機制子集可以應用於 DECT ULE 鏈路上的 IPv6 傳輸。

本文規定了如何在受 [RFC4944]，[RFC6282]，[RFC6775] 和 [RFC7668] 啟發的 DECT ULE 上映射 IPv6。

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。

1.2. 使用之術語

6CO 6LoWPAN 上下文選項[RFC6775]

6BBR 6LoWPAN 骨幹路由器

6LBR 6LoWPAN 邊界路由器，如[RFC6775]所定義。DECT 固定零件具有此作用。[RFC6775]中定義的 6LN 6LoWPAN 節點。

DECT 便攜式部件具有此作用

低功耗無線個人區域網上的 6LoWPAN IPv6

AES128 高級加密標準，密鑰大小為 128 位

API 應用程式編程介面

ARO 地址註冊選項[RFC6775]

CAT-iq 無線高級技術-網際網路和質量 CID 上下文標識符 [RFC6775] DAC 目標地址壓縮

DAD 重複地址檢測[RFC4862]

DAM 目標地址模式

用於 IPv6 的 DHCPv6 動態主機配置協定[RFC3315]

DLC 數據鏈接控制

DSAA2 DECT 標準身份驗證算法 #2

DSC DECT 標準密碼

DSC2 DECT 標準密碼 2

FDMA 頻分多址
FP DECT 固定零件；門戶
GAP 通用訪問配置文件
IID 介面標識符
IPEI 國際便攜式設備標識； DECT 身份
MAC-48 48 位全局唯一
由 IEEE MAC 媒體訪問控制管理的 MAC 地址
MTU 最大傳輸單位
NBMA 非廣播多址
ND 鄰居發現[RFC4861] [RFC6775]
PDU 協定數據單元
PHY 物理層
PMID 便攜式 MAC 身份； DECT 身份
PP DECT 便攜式零件；通常是傳感器節點（6LN）
PVC 永久虛電路
RFPI 無線電固定部件標識； DECT 身份
SAC 源地址壓縮
SAM 源地址模式
TDD 時分雙工
TDMA 時分多址
TPUI 臨時便攜式用戶身份； DECT 身份
UAK 用戶身份驗證密鑰； DECT 主安全密鑰
ULA 唯一本地地址[RFC4193]

2. DECT 超低能耗

DECT ULE 是一種低功耗空中介面技術，旨在以適度的數據速率支援電路交換服務，如語音通信和分組模式數據服務。本文僅解決 DECT ULE 的分組模式數據服務。

2.1. DECT ULE 協定疊

DECT ULE 協定疊包含一個 PHY 層，工作頻率在 1880 - 1920 MHz 頻段，具體取決於區域，並使用 1.152 Mbaud 的符號率。通過使用 FDMA / TDMA / TDD 技術分配無線電承載。

在其通用網路拓撲中，DECT 被定義為蜂窩網路技術。但是，最常見的配置是星型網路，其中單個 FP 定義了連接了多個 PP 的網路。MAC 層支援傳統的 DECT 電路模式操作，因為它用於發現，配對，安全功能等服務，並且它支援新的 ULE 分組模式操作。電路模式功能已從 DECT 重複使用。

DECT ULE 設備可以利用新的 ULE MAC 層功能切換到 ULE 操作模式。DECT ULE 數據鏈路控制 (DLC) 為來自上層的較大封包提供多路復用以及分段和重組。DECT ULE 層還實現了每個訊息的身份驗證和加密。DLC 層確保封包完整性並保留封包順序，但交付基於盡力而為。

當前的 DECT ULE MAC 層標準支援低頻寬數據廣播。但是，本文未考慮在 DECT ULE 上使用 DECT ULE MAC 層廣播服務。

通常，可以從 FP 側和 PP 側發起通信會話。根據 PP 中使用的關閉模式，從 FP 端啟動會話時可能會發生延遲。MAC 層通信可以使用面向連接的分組傳輸，對於短會話具有低開銷或者包括媒體預留的面向連接的承載。MAC 層自主地選擇頻帶內可用的無線電頻譜位置，並且可以重新排列這些位置以避免干擾。MAC 層具有內置的重傳過程以提高傳輸可靠性。

DECT ULE 設備通常包含應用程式編程介面 (API) 以及稱為通用訪問配置文件 (GAP) 的公共元素，用於註冊到網路中。DECT ULE 堆疊為應用層建立永久虛擬電路 (PVC)，並為一系列不同的應用協定提供支援。當建立 PVC 通信服務時，在 PP 和 FP 之間協商應用協定。[TS102.939-1] 定義了此協商，並為 6LoWPAN 指定了設置為 0x06 的應用協定標識符。本文定義了該應用程式協定的行為。

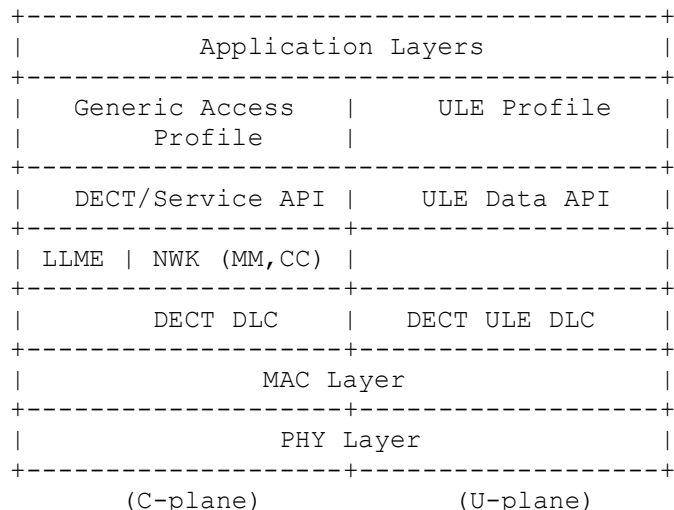


圖 1：DECT ULE 協定疊

圖 1 顯示了 DECT ULE 堆疊，分別分為左側和右側的控制平面(C 平面)和用戶數據平面 (U 平面)。堆疊中顯示的實體是物理層 (PHY)，媒體訪問控制 (MAC) 層，數據鏈路控制 (DLC) 層和網路層 (NWK)，以及以下子組件：下層管理實體 (LLME)，移動性管理 (MM) 和呼叫控制 (CC)。上面是典型的應用程式編程介面 (API) 和特定於應用程式配置文件的層。

2.2. 鏈路層角色和拓撲

假設 FP 比 PP 更少受約束。因此，在主要情況下，FP 和 PP 將分別充當 6LBR 和 6LN。本文僅針對此主要方案，並且具有 FP 和 PP 的不同角色的所有其他方案都超出了範圍。

在 DECT ULE 中，在鏈路層，通信僅發生在 FP 和 PP 之間。FP 能夠處理多個 PP 的多個同時連接。因此，在使用 IPv6 的 DECT ULE 網路中，無線電跳躍相當於 IPv6 鏈路，反之亦然（參見第 3.3 節）。

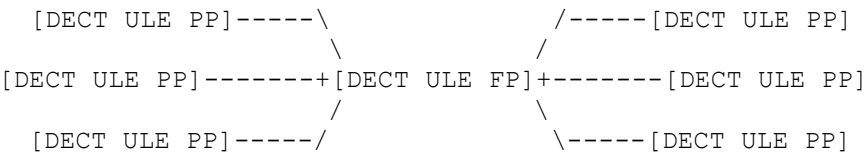


圖 2：DECT ULE 星型拓撲

IEEE 802.15.4 和 DECT ULE 之間的顯著差異在於前者支援星型和網狀拓撲（並且需要路由協定），而其主要配置中的 DECT ULE 不支援在鏈路層形成多跳網路。因此，[RFC4944]中定義的網格頭不用於 DECT ULE 網路。DECT ULE 中繼器被認為在 DECT 協定域中透明地操作，並且不在本文的範圍內。

2.3. 尋址模型

每個 DECT PP 在製造期間被分配 IPEI。該標識具有 40 位元的大小並且在 DECT 尋址空間內是全局唯一的，並且可以用於構成用於導出鏈路本地地址的 IID 的 MAC 地址。在 DECT 位置註冊過程期間，FP 為 PP 分配 20 位 TPUI。FP 在指定的 TPUI 和每個 PP 的 IPEI 之間創建唯一的映射。該 TPUI 用於在 FP 和 PP 之間的訊息中尋址（第 2 層）。儘管 TPUI 在定義上是臨時的，但許多實現對任何給定的 PP 重複分配相同的值，因此它似乎不適合構建 IID（參見[RFC8065]）。

在製造期間為每個 DECT FP 分配 RFPI。該標識具有 40 位元的大小並且在 DECT 尋址空間內是全局唯一的，並且可以用於構成用於導出鏈路本地地址的 IID 的 MAC 地址。可選地，除了要由 6LoWPAN 使用的 DECT 標識之外，還可以為每個 DECT PP 和 DECT FP 分配唯一的（IEEE）MAC-48 地址。在本文規定的非鏈路本地地址的地址註冊期間，FP 和 PP 可以使用這種 MAC-48 來構建 IID。但是，由於這些地址被認為是永久性的，因此根據 [RFC8065] 不推薦這樣的方案。

2.4. MTU 注意事項

理想情況下，DECT ULE FP 和 PP 可以根據應用生成適合於單個 MAC 層封包（38 個八位元組）的數據，以便定期傳輸訊息。但是，IP 封包可能要大得多。DECT ULE DLC 程式本身支援分段和重組，並提供低於 65536 個八位元組的任何 MTU 大小。DECT ULE [TS102.939-1] 中定義的默認 MTU 大小為 500 個八位元組。為了支援完整的 IPv6 封包，根據此規範，DECT ULE 的 DLC 層應配置為 1280 個八位元組的 MTU 大小，因此不需要 [RFC4944] 分段/重組。

重要的是要意識到較大封包的使用將以電池壽命為代價，因為 DECT ULE 堆疊內的大封包將被分段為幾個或多個 MAC 層封包，每個封包消耗功率以進行傳輸/接收。增加的 MTU 大小不會改變 MAC 層分組和 PDU 大小。

2.5. 其他考慮因素

DECT ULE 標準允許 PP 被 DECT 註冊（綁定）到多個 FP 並在它們之間漫遊。這些 FP 及其 6LBR 功能可以單獨運行，也可以根據[BACKBONE-ROUTER]通過骨幹路由器連接。

3. DECT ULE 上的 IPv6 規範

在通過 DECT ULE 進行任何 IP 層通信之前，啟用 DECT-ULE 的節點（例如 6LN 和 6LBR）必須找到彼此並建立合適的鏈路層連接。ETSI 在規範 [EN300.175-part1-7]，[TS102.939-1] 和 [TS102.939-2] 中記錄了獲取 - 訪問權登記和位置登記程式。

DECT ULE 技術對低功耗設定了嚴格的要求，因此限制了允許的協定開銷。6LoWPAN 標準[RFC4944]，[RFC6775]和[RFC6282]提供了有用的功能，可以減少可應用於 DECT ULE 的開銷。此功能包括鏈路本地 IPv6 地址和無狀態 IPv6 地址自動配置，鄰居發現和標頭壓縮。

ULE 6LoWPAN 適配層可以直接在該 U 平面 DLC 層上運行。圖 3 顯示了 IPv6 over DECT ULE 堆疊。

由於 DECT ULE 在其主要配置中不支援在鏈路層形成多跳網路，因此不得使用[RFC4944]中為網狀路由下定義的網狀標頭。此外，根據此規範，未定義 6LoWPAN 路由器（6LR）的角色。

3.1. 協定疊

為了通過 DECT ULE 實現數據傳輸，必須在 FP 和 PP 之間配置和打開永久虛擬電路(PVC)。這是通過在 PP 和 FP 之間建立 DECT 服務調用來完成的。在 DECT 協定域中，PP 應在發送[TS102.939-1]中定義的服務改變（恢復）訊息之前在服務改變（其他）訊息中

指定<>。 <>應將 ULE 應用協定標識符設置為 0x06，將 MTU 大小設置為 1280 個八位元組或更大。FP 發送一個必須包含有效的尋呼描述符的 service-change-accept (resume)。PP 必鬚根據接收的尋呼描述符中的訊息監聽來自 FP 的尋呼訊息。在此之後，可以開始傳輸 IPv6 分組。

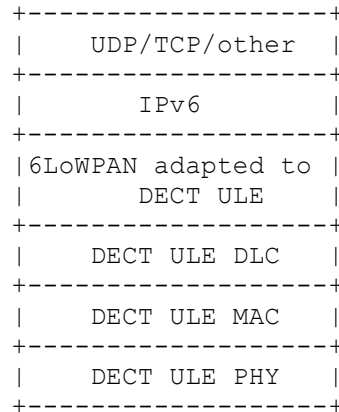


圖 3：基於 DECT ULE 堆疊的 IPv6

3.2. 鏈接模型

一般模型是 IPv6 是第 3 層，DECT ULE MAC 和 DECT ULE DLC 是第 2 層。DECT ULE 已經實現了分段和重組功能；因此，不得使用[RFC4944]中描述的碎片和重組功能。

FP 和 PP 在 DECT ULE 級別連接後，可以認為鏈路已啟動，IPv6 地址配置和傳輸可以開始。6LBR 確保不會發生地址衝突。

根據此規範，必須使用[RFC6282]中指定的 IPv6 標頭壓縮格式。IPv6 有效載荷長度可以從 ULE DLC 分組長度導出。可以從較低層地址重建可能省略的 IPv6 地址（參見第 3.2.4 節）。

由於 DECT ULE 星形拓撲結構（參見第 2.2 節），每個 PP 都有一個到 FP 的單獨鏈路；因此，PP 不能彼此直接聽到並且不能彼此交談。如[RFC4903]中所討論的，IPv6 的傳統使用預期 IPv6 子網跨越鏈路層的單個鏈路。為了避免為每個 DECT ULE 鏈路實現單獨子網的複雜性，選擇了多鏈路子網模型[RFC4903]，特別是第 2 層的非廣播多路訪問（NBMA）。因此，鏈接 - 本地多播通信只能在單個 DECT ULE 連接中發生；因此，使用鏈路本地地址的 6LN 到 6LN 通信是不可能的。連接到同一 6LBR 的 6LN 必須使用子

網上使用的共享前綴相互通信。6LBR 將一個 6LN 發送的封包轉發給另一個 6LN。

3.2.1. 無狀態地址自動配置

在網路介面初始化時，6LN 和 6LBR 都應根據用於建立基礎 DECT ULE 連接的 DECT 設備地址（參見第 2.3 節）生成並分配 IPv6 鏈路本地地址到 DECT ULE 網路介面[RFC4862]。

DECT 設備尋址 IPEI 和 RFPI 必須分別用於導出 6LN 和 6LBR 的 IPv6 鏈路本地 64 位介面標識符（IID）。

從 DECT 設備地址導出 IID 的規則如下：由 40 位組成的 DECT 設備地址必須用前導零位擴充以形成 48 位中間地址。該新形成的 48 位中間地址中的最高有效位對於從 RFPI 導出的地址設置為 1，對於從 IPEI 導出的地址設置為 0。根據[RFC4291]附錄 A 中的指導，從這些中間 48 位地址導出 64 位 IID。但是，由於 DECT 和 IEEE 地址空間不同，因此不能認為該中間地址在 IEEE 地址空間內是唯一的。在派生的 IID 中，通用/本地（U/L）位（第 7 位）將為零，這表示派生的 IID 不是全局唯一的，請參見[RFC7136]。例如，從 RFPI = 11.22.33.44.55，派生的 IID 是 80：11：22：ff：fe：33：44：55；從 IPEI = 01.23.45.67.89，派生的 IID 是 00：01：23：ff：fe：45：67：89。

不需要鏈路本地地址中的 IID 的全局唯一性，因為它們永遠不會洩漏到子網域之外。

如[RFC4291]中所定義，IPv6 鏈路本地地址是通過將 IID 附加到前綴 FE80 :: / 64 形成的，如圖 4 所示。

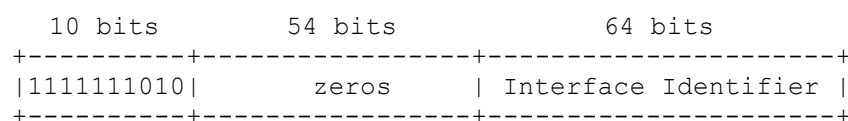


圖 4：DECT ULE 中的 IPv6 鏈接本地地址

6LN 必須加入全節點多播地址。

在鏈路本地地址配置之後，6LN 發送路由器請求訊息，如 [RFC4861] 的第 6.3.7 節和 [RFC6775] 的第 5.3 節所述。

對於非鏈路本地地址，6LN 不應配置為使用從 MAC-48 設備地址或 DECT 設備地址派生的 IID。默認情況下應該使用替代方案，如密碼生成地址（CGA）[RFC3972]，隱私擴充[RFC4941]，基於哈希的地址（HBA）[RFC5535]，DHCPv6 [RFC3315]或靜態，語義不透明地址[RFC7217]。另請參閱[RFC8065]以獲取 IID 中所需熵的指導以及所用 IID 的推薦壽命。當生成的 IID 不是全局唯一時，必須使用重複地址檢測（DAD）[RFC4862]。在部署約束要求將設備的地址嵌入 IID 的情況下，6LN 可以通過利用 MAC-48 設備地址或 DECT 設備地址形成 64 位 IID。6LN 生成的非鏈路本地地址必須按照第 3.2.2 節中的描述在 6LBR 中註冊。

6LBR 獲取用於編號 DECT ULE 網路的 IPv6 前綴的方法超出了本文的範圍，但是前綴可以例如通過 DHCPv6 前綴授權[RFC3633]或使用 IPv6 單播唯一本地地址（ULAs）分配。）[RFC4193]。由於 DECT ULE 的鏈路模型，6LBR 必須在前綴訊息選項[RFC4861]中將“on-link”（L）標誌設置為零。這將導致 6LN 總是將封包發送到 6LBR，包括目的地是使用相同前綴的另一個 6LN 的情況。

3.2.2. 鄰居發現

“通過低功率無線個域網（6LoWPAN）的 IPv6 的鄰居發現優化”[RFC6775]描述了適用於若干 6LoWPAN 拓撲的鄰居發現方法，包括網狀拓撲。由於 DECT ULE 不支援網狀網路，因此僅考慮適用於星型拓撲的[RFC6775]的那些方面。

鄰居發現優化的以下方面[RFC6775]適用於 DECT ULE 6LN：

1. 對於發送路由器請求和處理路由器通告，DECT ULE 6LN 必須分別遵循[RFC6775]的第 5.3 和 5.4 節。
2. DECT ULE 6LN 絕不能註冊其鏈接本地地址。由於鏈路本地地址中使用的 IID 是從 DECT 地址派生的，因此鏈路本地和第 2 層地址之間始終存在唯一的映射。
3. DECT ULE 6LN 必須通過發送帶有地址註冊選項（ARO）的 Neighbor Solicitation（NS）訊息來註冊其 6LBR 的非鏈路本地地址，並相應地處理 Neighbor Advertisement（NA）。無論用於生成 IID 的方法如何，都必須發送帶有 ARO 選項的 NS。

3.2.3. 單播和多播地址映射

DECT MAC 層廣播服務被認為不適合 IP 多播，因為它不支援 IPv6 所需的 MTU 大小。

因此，流量總是在兩個 DECT ULE 節點之間單播。即使在 6LBR 連接到多個 6LN 的情況下，6LBR 也不能對所有連接的 6LN 進行多播。如果 6LBR 需要向其所有 6LN 發送組播封包，則必須複製封包並在每個鏈路上單播。但是，這可能不節能，如果 FP 由電池供電，則應特別小心。為了進一步節省功耗，6LBR 必須以 DECT ULE 鏈路級粒度跟蹤多播偵聽器，並且它絕不能將組播封包轉發到尚未註冊封包所屬的組播組的 6LN。在相反的方向上，6LN 只能向 6LBR 傳輸數據或通過 6LBR 傳輸數據。因此，當 6LN 需要發送 IPv6 組播分組時，6LN 將相應的 DECT ULE 分組單播到 6LBR。然後，6LBR 將組播封包轉發到其他 6LN。

3.2.4. 標頭壓縮

如[RFC6282]中定義的那樣，它指定了 IEEE 802.15.4 之上的 IPv6 資料封包的壓縮格式，本文中的頭壓縮是 DECT ULE 之上的 IPv6 頭壓縮的基礎。必須根據[RFC6282]中描述的編碼格式壓縮所有頭。可以利用 DECT ULE 的星型拓撲結構 ARO 和 6CO 來提供地址壓縮機制。以下文本描述了 DECT ULE 之上的 IPv6 地址壓縮原理。

3.2.4.1. 鏈接本地標頭壓縮

在以 6LN 和 6LBR 終止的鏈路本地通信中，必須省略 IPv6 源地址和目的地址，因為所使用的 IID 唯一地映射到 DECT 鏈路端點地址。接收包含 IPv6 分組的 PDU 的 6LN 或 6LBR 可以推斷出相應的 IPv6 源地址。對於本段中考慮的單播類型的通信，必須在 IPv6 壓縮標頭中使用以下設置：CID = 0，SAC = 0，SAM = 11，DAC = 0 和 DAM = 11。

3.2.4.2. 非鏈接本地標頭壓縮

為了實現有效的標頭壓縮，6LBR 必須包含 6LoWPAN 上下文選項（6CO）[RFC6775]，用於 6LBR 在路由器公告中通告的所有前綴，以用於無狀態地址自動配置。

當 6LN 使用全球單播 IPv6 地址將 IPv6 封包發送到目的地時，如果為 6LN 全局 IPv6 地址的前綴定義了上下文，則 6LN 必須按照部分在壓縮 IPv6 標頭的相應源字段中指示此上下文 3.1 [RFC6282] 並且必須完全忽略最新註冊的 IPv6 源地址。為此，6LN 必須在 IPv6 壓縮標頭中使用以下設置：CID = 1，SAC = 1，SAM = 11。在這種情況下，6LBR 可以推斷出省略的 IPv6 源地址，因為 1) 6LBR 先前已經為 6LN 分配了前綴，並且 2) 6LBR 維護了與設備地址和相應 PP 的 IID 相關的鄰居緩存。如果為 IPv6 目標地址定義了上下文，則 6LN 還必須在壓縮 IPv6 標頭的相應目標字段中指示此上下文，並且必須忽略目標 IPv6 地址的前綴。為此，6LN 務必將壓縮 IPv6 標頭的 DAM 字段設置為 CID = 1，DAC = 1，DAM = 01 或 DAM = 11。請注意，當為 IPv6 目標地址定義上下文時，6LBR 可以使用上下文推斷省略的目標前綴。

當 6LBR 收到具有全球單播 IPv6 地址的 IPv6 封包並且封包的目的地是 6LN 時，如果為 6LN 的全局 IPv6 地址的前綴定義了上下文，則 6LBR 必須在相應的目標字段中指示該上下文。如果目標地址是 6LN 針對指示的上下文註冊的最新地址，則壓縮的 IPv6 標頭必須完全忽略封包的 IPv6 目標地址。為此，6LBR 必須將 IPv6 壓縮標頭的 DAM 字段設置為 DAM = 11。CID 和 DAC 必須設置為 CID = 1 且 DAC = 1。如果為 IPv6 源地址的前綴定義了上下文，則 6LBR 必須在壓縮 IPv6 標頭的源字段中指示此上下文，並且必須除去該前綴。為此，6LBR 必須將 IPv6 壓縮標頭的 SAM 字段設置為 CID = 1，SAC = 1，SAM = 01 或 SAM = 11。

3.3. 子網和網際網路連接方案

在 DECT ULE 星型拓撲中（參見第 2.2 節），每個 PP 都有一個到 FP 的單獨鏈路，FP 充當 IPv6 路由器而不是鏈路層交換機。已經選擇了多鏈路子網模型[RFC4903]，特別是在第 2 層的非廣播多路訪問（NBMA），如圖 5 中進一步所示。6LBR 將由一個 6LN 發送的分組轉發到另一個 6LN。在典型情況下，DECT ULE 網路連接到網際網路，如圖 5 所示。在此方案中，DECT ULE 網路使

用一個/ 64 IPv6 前綴部署為一個子網。 6LBR 充當路由器，並在 6LN 之間轉發來自網際網路的封包。

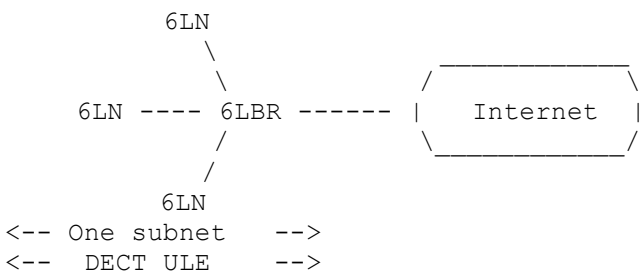


圖 5：DECT ULE 網路已連接到網際網路

在某些情況下，DECT ULE 網路可能暫時或永久成為隔離網路，如圖 6 所示。在這種情況下，整個 DECT ULE 網路由一個具有多個鏈路的子網組成，其中 6LBR 在 6LN 之間路由封包。

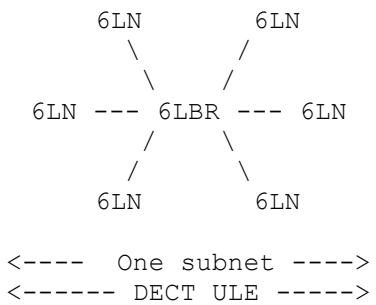


圖 6：隔離的 DECT ULE 網路

多個小區中的相同/ 64 子網前綴內運行，如圖 7 所示。在這種情況下，FP 應該像定義的骨幹路由器（6BBR）一樣運行在 [BACKBONE-ROUTER] 中。

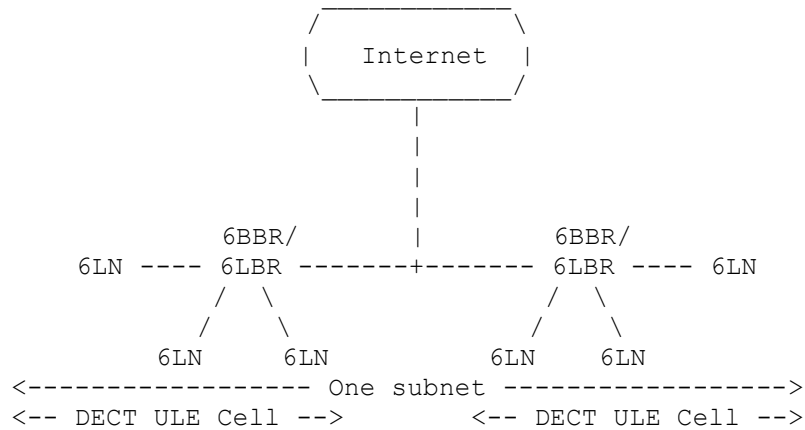


圖 7：單個多鏈路子網中的多個 DECT ULE 單元

4. IANA 注意事項

本文不要求任何 IANA 行動。

5. 安全注意事項

DECT 中電路模式服務的安全傳輸基於 ETSI 技術委員會 (TC) DECT 和 ETSI 安全算法專家組 (SAGE) 開發的 DSAA2 和 DSC / DSC2 規範。

通過類似於[RFC3610]的 CCM (具有密碼塊鏈接訊息認證碼 (CBC-MAC) 的計數器) 模式，通過加密和每訊息認證在鏈路層 (DLC) 保護 DECT ULE 通信。提供加密和身份驗證的基礎算法是 AES128。

DECT ULE 配對過程生成主用戶認證密鑰 (UAK)。在位置註冊過程期間，或者當建立永久虛擬電路時，生成會話安全密鑰。主認證密鑰和會話安全密鑰都是使用 DSAA2 算法 [EN300.175-part1-7] 生成的，該算法使用 AES128 作為基礎算法。會話安全密鑰可以定期更新。生成的安全密鑰 (UAK 和會話安全密鑰) 對於每個 FP-PP 綁定是獨立的; 因此，系統中的所有 PP 都具有不同的安全密鑰。DECT ULE PP 不使用任何共享加密密鑰。

儘管 DECT ULE 提供鏈路層安全性，但仍建議使用 6LoWPAN 以上的安全傳輸或應用協定。

從隱私的角度來看，第 3.2.1 節中描述的 IPv6 鏈路本地地址配置僅顯示 6LBR 已經從鏈路層連接知道的 6LBR 的 6LN 訊息。對於

非鏈路本地 IPv6 地址，默認情況下，6LN 應該使用隨機生成的 IID，例如，如[RFC8064]中所討論的，或使用替代方案，如密碼生成地址（CGA）[RFC3972]，隱私擴充[RFC4941]，基於散列的地址（HBA，[RFC5535]）或靜態，語義不透明的地址[RFC7217]。

6. ETSI 注意事項

ETSI 正在標準化可以使用 DECT ULE 永久虛擬電路分組數據服務的已知應用層協定列表。每個協定由唯一的已知標識符標識，該標識符在[TS102.939-1]中定義的服務改變過程中交換。本文中描述的 IPv6 / 6LoWPAN 被認為是 DECT ULE 之上的應用層協定。為了提供 6LoWPAN / DECT ULE 設備之間的互操作性，6LoWPAN 的通用協定標識符由 ETSI 標準化。對於 6LoWPAN [TS102.939-1]，ETSI DECT ULE 應用協定標識符設置為 0x06。

7. 參考

7.1. 規範性引用

[EN300.175-part1-7]

ETSI, "Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 1: Overview", European Standard, ETSI EN 300 175-1, V2.6.1, July 2015, <https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300100_300199/30017501/02.06.01_60/en_30017501v020601p.pdf>.

[RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, RFC 2119, DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.

[RFC3633] Troan, O. and R. Droms, "IPv6 Prefix Options for Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) version 6", RFC 3633, DOI 10.17487/RFC3633, December 2003, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3633>>.

[RFC4193] Hinden, R. and B. Haberman, "Unique Local IPv6 Unicast Addresses", RFC 4193, DOI

- 10.17487/RFC4193, October 2005,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4193>>.
- [RFC4291] Hinden, R. and S. Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture", RFC 4291, DOI 10.17487/RFC4291, February 2006,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4291>>.
- Mariager, et al. Standards Track [Page 18] RFC 8105 IPv6 over DECT ULE May 2017
- [RFC4861] Narten, T., Nordmark, E., Simpson, W., and H. Soliman, "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)", RFC 4861, DOI 10.17487/RFC4861, September 2007,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4861>>.
- [RFC4862] Thomson, S., Narten, T., and T. Jinmei, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC 4862, DOI 10.17487/RFC4862, September 2007,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4862>>.
- [RFC4941] Narten, T., Draves, R., and S. Krishnan, "Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6", RFC 4941, DOI 10.17487/RFC4941, September 2007,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4941>>.
- [RFC4944] Montenegro, G., Kushalnagar, N., Hui, J., and D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks", RFC 4944, DOI 10.17487/RFC4944, September 2007,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4944>>.
- [RFC6282] Hui, J., Ed. and P. Thubert, "Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks", RFC 6282, DOI 10.17487/RFC6282, September 2011,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6282>>.
- [RFC6775] Shelby, Z., Ed., Chakrabarti, S., Nordmark, E., and C. Bormann, "Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)", RFC 6775, DOI 10.17487/RFC6775, November 2012,
<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6775>>.
- [RFC7136] Carpenter, B. and S. Jiang, "Significance of IPv6 Interface Identifiers", RFC 7136, DOI 10.17487/RFC7136, February 2014,

<<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7136>>.

[TS102.939-1]

ETSI, "Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Ultra Low Energy (ULE); Machine to Machine Communications; Part 1: Home Automation Network (phase 1)", Technical Specification, ETSI TS 102 939-1, V1.2.1, March 2015, <https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/10293901/01.02.01_60/ts_10293901v010201p.pdf>. Mariager, et al. Standards Track [Page 19] RFC 8105 IPv6 over DECT ULE May 2017

[TS102.939-2]

ETSI, "Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Ultra Low Energy (ULE); Machine to Machine Communications; Part 2: Home Automation Network (phase 2)", Technical Specification, ETSI TS 102 939-2, V1.1.1, March 2015, <https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/10293902/01.01.01_60/ts_10293902v010101p.pdf>.

7.2. 信息参考

[BACKBONE-ROUTER]

Thubert, P., "IPv6 Backbone Router", Work in Progress, draft-ietf-6lo-backbone-router-03, January 2017.

[CAT-iq]

DECT Forum, "CAT-iq at a Glance", January 2016, <http://www.dect.org/userfiles/Public/DF_CAT-iq%20at%20a%20Glance.pdf>.

[RFC3315]

Droms, R., Ed., Bound, J., Volz, B., Lemon, T., Perkins, C., and M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)", RFC 3315, DOI 10.17487/RFC3315, July 2003, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3315>>.

[RFC3610]

Whiting, D., Housley, R., and N. Ferguson, "Counter with CBC-MAC (CCM)", RFC 3610, DOI 10.17487/RFC3610, September 2003,

- [RFC3972] <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3610>>. Aura, T., "Cryptographically Generated Addresses (CGA)", RFC 3972, DOI 10.17487/RFC3972, March 2005, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc3972>>.
- [RFC4903] Thaler, D., "Multi-Link Subnet Issues", RFC 4903, DOI 10.17487/RFC4903, June 2007, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc4903>>.
- [RFC5535] Bagnulo, M., "Hash-Based Addresses (HBA)", RFC 5535, DOI 10.17487/RFC5535, June 2009, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc5535>>.
- [RFC7217] Gont, F., "A Method for Generating Semantically Opaque Interface Identifiers with IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)", RFC 7217, DOI 10.17487/RFC7217, April 2014, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7217>>.
- [RFC7668] Mariager, et al. Standards Track [Page 20] RFC 8105 IPv6 over DECT ULE May 2017
- [RFC7668] Nieminen, J., Savolainen, T., Isomaki, M., Patil, B., Shelby, Z., and C. Gomez, "IPv6 over BLUETOOTH(R) Low Energy", RFC 7668, DOI 10.17487/RFC7668, October 2015, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc7668>>.
- [RFC8064] Gont, F., Cooper, A., Thaler, D., and W. Liu, "Recommendation on Stable IPv6 Interface Identifiers", RFC 8064, DOI 10.17487/RFC8064, February 2017, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc8064>>.
- [RFC8065] Thaler, D., "Privacy Considerations for IPv6 Adaptation- Layer Mechanisms", RFC 8065, DOI 10.17487/RFC8065, February 2017, <<http://www.rfc-editor.org/info/rfc8065>>.

致謝

我們感謝 IETF 6lo 工作組的成員；這份文件大量借鑒了他們的工作。

Ralph Droms , Samita Chakrabarti , Kerry Lynn , Suresh Krishnan ,
Pascal Thubert , Tatuya Jinmei , Dale Worley 和 Robert Sparks 為本
文提供了寶貴的反饋。

作者地址

Peter B. Mariager
RTX A/S
Stroemmen 6
DK-9400 Noerresundby
Denmark
Email: pm@rtx.dk

Jens Toftgaard Petersen (editor)
RTX A/S
Stroemmen 6
DK-9400 Noerresundby
Denmark
Email: jtp@rtx.dk

Zach Shelby
ARM
150 Rose Orchard
San Jose, CA 95134
United States of America
Email: zach.shelby@arm.com

Marco van de Logt
Bosch Sensortec GmbH
Gerhard-Kindler-Str. 9
72770 Reutlingen
Germany
Email: marco.vandelogt@bosch-sensortec.com

Dominique Barthel
Orange Labs
28 chemin du Vieux Chene
38243 Meylan
France
Email: dominique.barthel@orange.com

