

6. RFC 7228：Terminology for Constrained-Node Networks

RFC 7228：受限制節點網路的術語

網際網路工程任務組 (IETF)

Request for Comments:7228

分類：資訊類

ISSN: 2070-1721

C. Bormann

Universitaet Bremen TZI

M. Ersue

Nokia Solutions and Networks

A. Keranen

Ericsson

2014 年 5 月

受限制節點網路的術語

摘要

越來越多的網路通訊協定套件開始被用於對於電力，記憶體以及處理資源有著很強烈的限制要求的小型設備，從而創建受限制節點網路。此份檔提供了一些對於受限制節點網路標準化工作有作用的條款。

本文的狀態

本文不是網際網路標準協定；該文被出版用於散播訊息的目的。本文是屬於網際網路工程任務組 (IETF) 的產品。它代表了 IETF 團體的一致意見。它接受公眾的監督，並且經過網際網路工程指導小組 (IESG) 的批准後出版。並非所有經過 IESG 批准的檔都適用於任何級別的網際網路規範；參考 RFC5741 的第二節。

關於該文當前狀況的資訊，所有勘誤表，以及如何對其提供反饋，可以通過該網址瞭解：<http://www.rfceditor.org/info/rfc7228>

版權聲明

版權所有 (c) 2014 IETF Trust 和確定為文件作者的人員。版權所有。

本文受 BCP 78 和 IETF Trust 關於 IETF 文件的法律規定

(<http://trustee.ietf.org/license-info>) 的受限制，自本文發布之日起生效。請仔細閱讀這些文件，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《信託法律條款》第 4.e 節中所述的 BSD 簡化許可證文本，並且如 BSD 簡化許可證中所述，不附帶任何保證。

目錄

1.	前言	3
2.	核心術語	4
2.1.	受限制節點	4
2.2.	受限制網路	5
2.2.1.	受挑戰網路	6
2.3.	受限制節點網路	7
2.3.1.	LLN	7
2.3.2.	LoWPAN, 6LoWPAN	8
3.	受限制設備的分級	8
4.	電力術語	10
4.1.	縮放屬性	10
4.2.	能源限制分級	11
4.3.	用於通訊的電力使用策略	11
5.	安全注意事項	13
6.	致謝	13
7.	資訊參考	14

1. 前言

擁有受到限制的 CPU，記憶體，以及能源的小型設備被稱為“受限制設備”（通常用作傳感器/驅動器，智慧物品，或者只能設備）能形成網路，在這種網路中，它們會成為“受限制節點”。這類網路會顯現出自己的限制，例如，有不可靠或者受損的頻道，受限制的以及不可預測的頻寬，以及高度動態的拓撲結構。

受限制性設備可能負責在各種各樣的環境中收集資訊。包括自然生態系統，建築和工廠，以及發送資訊給一個或多個伺服器站。他們會通過物理操作來對資訊進行動作，包括顯示資訊。受限制性設備會在有限的電池以及有限的計算能力，無線頻寬以及通訊能力不足等資源受限的條件下運作；這些限制經常會加劇相互之間影響。網路上的其他實體，如基站，控制伺服器，擁有更多的計算以及通訊資源，在更加傳統的網路中可以支援受限制性設備以及應用程式之間的交互。

如今，不同大小的，以及擁有不同資源和能力的受限制性設備被連接在一起。移動個人裝置，建築自動化裝置，蜂窩網路電話，機器對機器（M2M）設備，以及其他設備，都在和附近或者網路上的“物品”進行交互時受益。通過這些，那些唯一的可識別的和可找到位置的對象（物品）構築到一起，使物聯網（IoT）成為了現實。在下一個十年，這些連接到網際網路的受限制性設備的數量會增長到 500 億個，極大的增長了網際網路的規模和範圍。

目前的檔提供了一些對於受限制環境的標準化工作有作用的基礎術語。檔的意圖並不是為了徹底的覆蓋這些欄位，而是為了確保在這一領域合作的不同小組之間使用的一些核心術語可以保持一致。

在本文中。術語“byte”在現在的習慣上一般作為“octet”的同義詞。在給出半導體記憶體尺寸的情況下，首碼“kibi”（1024）與“byte”組合在一起成為“kibibyte”，縮寫為“kib”，表示 1024 位元組 [isq-13]。

在計算方面，和用於描述 CPU 的表現的方式，術語“power”通常被用於表達“計算能力”或者“處理能力”的概念。在本檔中，如無

特別說明，此術語只用於表示電力能源。“Mains-powered”用作永久連接到穩定電網的簡寫。

2. 核心術語

在物聯網中，擴展（等比例放大）有兩個重要的方面：
將網際網路技術按比例放大到大量（500 億個）廉價節點，
同時將每個節點，以及為這些節點所搭建的網路的特性按比例降低，以此來按比例擴大其在經濟以及物理上的可行性。

按比例縮小節點的特性，就會導致“受限制節點”的產生。

2.1. 受限制節點

術語“受限制節點”最好的定義方法，是通過將受限制節點的特性和那些我們平時更加熟悉的網路節點進行對比，比較兩者間的某些廣泛抱有期望：

受限制節點：一個節點的一些對於網際網路節點而言理所當然應該存在的特性，在被寫入時，時常由於成本約束和/或對諸如大小、重量、可用電力和能源等特性的物理約束，而無法得到這些特性。對於電力，記憶體，以及處理資源的嚴格限制導致了對於狀態，代碼空間，處理循環的嚴格上限，這也使得對於能源以及網路頻寬使用的優化成為了所有設計要求的主要考慮因素。然而，對於第二層的服務，例如完全連接和廣播/多播而言還是比較缺乏這方面的考慮。

雖然這不是一個嚴格的定義，但是它基於當前的技術水準，並且清楚地把受限制節點同其他的一些設備，如伺服器系統，桌上式或者筆記本式電腦，能力強大的移動設備比如智慧手機等等，區分開來。也會有很多的設計考慮，比如成本，重量，或者其他的擴充因數會導致這些限制。

（另一種說法是，當屬性類似於網路節點但是並不受關注時，叫做“受限制設備”）

節點的限制往往有多個方面，通常要結合在一起運用，例如：

- 最大代碼複雜度的限制（ROM/Flash）
- 運行狀態和緩衝區大小的限制(RAM)
- 一段時間內可行計算量的限制(“處理能力”)
- 可用電力的限制
- 用戶交互和部署速率的限制。(設置密鑰，升級軟體的能力等等)

第3章節定義了一些有趣的受限制節點分級("class-N" for $N = 0, 1, 2$)，主要關注與前兩個限制的相關組合。關於可用電力的方面，[RFC6606] 可以分辨“電力富餘”節點（主電力或者會定期重新充電）和“電力受限制節點”，這些限制節點的電能來自於一次性電池或者是電力收集裝置。更多細緻化的電力術語在第4章節。

使用網路中的受限制節點通常也會造成網路本身的限制。但是，網路上的限制也會跟這些節點是相互獨立的。所以我們因此將“受限制網路”和“受限制節點”區分開來。

2.2. 受限制網路

我們也通過相似的方式來定義“受限制網路”：

一些在網際網路中普遍使用的連接層中的理所應當擁有的特性，在寫入這些網路時這些網路並沒有辦法得到這些特性。

這些限制可能包括：

- 較低的可達到的位元元元元元速率/輸送量（包括佔空比限制），
- 高丟包以及高丟包變異性（丟失率），
- 高度不對稱鏈路特性

- 使用較大資料封包的嚴重後果(例如，由於鏈路層碎片導致的高資料封包丟失)，
- 隨著時間的推移，對可達性的限制(大量設備可能在任何時間點斷電，但會週期性地“醒來”，並能在短時間內進行通信)，
- 缺乏(或嚴重限制)高級服務，如 IP 組播。

更一般地說，當網路中至少有一些節點表現出這些特徵時，我們就稱這些為受限制網路。

這裡還有一些理由：

- 網路的受限制成本，
- 節點形成的限制（對於受限制節點網路而言）
- 物理限制（例如，電力限制，環境限制，媒體限制，如水下作業，在很大密度下的頻譜限制，電磁相容能力限制等）
- 管制受限制，比如頻譜的利用率非常有限（包括有效輻射功率和佔空比的限制）或者爆炸安全相關。
- 技術受限制，比如老舊，低速度的技術現在仍在操作，而且會需要保持運行更長的時間。

2.2.1. 受挑戰網路

受限制網路並不一定是“受挑戰網路”：

受挑戰網路: 在維護應用程式當前對端到端 IP 模型的期望時遇到嚴重問題的網路，例如：

- * 根本無法提供端到端的 IP 鏈接
- * 在端到端 IP 連接中出現嚴重中斷
- * 顯示延遲超出 TCP[RFC0793]定義的最大段壽命。

某種意義上來說所有的受挑戰網路都是受限制網路，但不是所有的受限制網路都是受挑戰網路。但是，兩者之間沒有很明顯的界限。延遲容忍網路（DTN）旨在應對受挑戰網路。[RFC4838]

2.3. 受限制節點網路

受限制節點網路：一種特徵受到受限制節點重要部分影響的網路。

受限制節點網路始終是一種受限制網路，因為網路限制源自於節點限制，但它也會有其他方面的限制，從而使其成為受限制網路。

本小節的其餘部分介紹了在受限制節點網路領域中使用非常有效的其他兩個附加術語，但沒有定義他們：LLN 和 (6) LoWPAN。

2.3.1. LLN

用於描述 IETF ROLL 工作組重點的相關術語是“低功耗和有損網路（LLN）”。ROLL（低功耗和有損路由）術語文件[RFC7102]定義 LLN 如下：

LLN：低功耗和有損網路。通常由許多嵌入式設備組成，這些設備具有通過各種鏈路互連的有限電力，記憶體和處理資源，例如 IEEE 802.15.4 或低功耗 Wi-Fi。LLN 有廣泛的應用領域，包括工業監控，樓宇自動化（供暖，通風和空調（HVAC），照明，門禁，火災），聯網家庭，醫療保健，環境監測，城市感測器網路，能源管理，資產跟蹤和製冷。

除此之外，LLNs 在實體層經常表現出相當大的損失，具有顯著的交付率變化，以及一些短期不可靠性，再加上一些中期穩定性，這使得構建中期的有向無環圖非常值得，穩定的路由和邊緣測量，如預期傳輸計數（ETX）[RFC6551]。並非所有 LLN 都包含低功耗節點[RPL-DEPLOYMENT]。

LLN 通常由受限制的節點組成；這影響了操作模式的設計，例如由 RPL（用於低功耗和有損網路的 IPv6 路由式通訊協定

[RFC6550]) 定義的“非存儲模式”。因此，在本文的術語中，LLN 是具有某些網路特性的受限制節點網路，其也包括對網路的限制。

2.3.2. LoWPAN, 6LoWPAN

受限制網路的一個有趣的類別叫做"LoWPAN"[RFC4919]，它也經常被用作受限制節點網路，這個術語的靈感來自 IEEE 802.15.4 工作組的名稱（低速率無線個人區域網路（LR-WPAN））。 “LoWPAN”是單詞"Low-Power Wireless Personal Area Network"（低功耗無線個人區域網路）的縮寫詞，它包含了一個難以證明的“個人”，這是基於 IEEE 802 中任務組命名的歷史，而不是 LoWPANs 圍繞個人而展開的取向。實際上，LoWPAN 被建議用於城市監控，大型建築物控制和工業控制應用，因此“個人”只能被視為殘餘（? vestige）。有時，該術語被稱為“低功耗無線區域網路”（Low-Power Wireless Area Networks）。最初其專注於 IEEE 802.15.4，“LoWPAN”（或用於 IPv6 時，“6LoWPAN”）也指由類似受限制的鏈路層技術構建的網路[V6-BTLE] [V6-DECT-ULE] [V6-G9959]。

3. 受限制設備的分級

儘管可以設想的網際網路連接設備種類繁多，但為不同類型的受限制設備提供一些簡潔的術語可能是值得的。在本文中，表 1 中的類名稱可用作設備功能的粗略指示：

Name	data size (e.g., RAM)	code size (e.g., Flash)
Class 0, C0	<< 10 KiB	<< 100 KiB
Class 1, C1	~ 10 KiB	~ 100 KiB
Class 2, C2	~ 50 KiB	~ 250 KiB

表 1：受限制設備的類別 (KiB = 1024 bytes)

在撰寫本文時，這些特徵對應於可採購晶片的可區分集群和受限制設備的設計核心。雖然預計這些類別的界限會隨著時間的推移而發生變化，但摩爾定律在嵌入式空間中的效率往往低於個人計

算設備：電晶體數量和密度增加所帶來的收益更可能用於減少成本和電力要求，而不是用於不斷增加計算能力。

0 類設備是類似於感測器並且非常受限制的微塵。它們在記憶體和處理能力方面受到如此嚴格的限制，以至於它們很可能無法得到所需的資源來憑藉安全的方式直接與網際網路通信（儘管有罕見的少數勇士，可以有針對性的實工作）。0 類設備將在充當代理，閘道或伺服器的大型設備的說明下參與網際網路通信。一般而言，我們無法在傳統意義上全面保護或管理 0 類設備。它們大部分會是預配置的（並且很少會重新配置，如果有的話）而且會使用非常小的資料集。出於管理目的，他們可以回復保持活動的信號並發送開/關或基本健康指數。

1 類設備在代碼空間和處理能力方面受到很大限制，因此它們無法輕鬆地與採用完整協定棧的其他網際網路節點通信，例如使用 HTTP，傳輸層安全性（TLS）以及相關的安全協定和基於 XML 的資料表示。但是，它們可以使用專門為受限制節點設計的協定棧（例如 UDP 上的受限制應用協定（CoAP）[COAP]），並且無需閘道節點的幫助即可參與有意義的對話。比較特別的是，它們可以為大型網路上所需的安全功能提供支援。因此，它們可以作為開發完全的對等體集成到 IP 網路中，但是它們需要通過改良狀態記憶體，代碼空間，以及協定和應用程式使用的功耗，來變得簡約。

2 類設備的限制較少，並且基本上能夠支援與筆記型電腦或伺服器上使用的大多數相同的協定棧。但是，即使這些設備也可以從羽量級和節能協定，以及減少頻寬消耗中受益。此外，使用較少的網路資源可以為應用程式提供更多可用資源。因此，使用為 2 類設備上的更多受限制設備而定義的協定棧，可能會降低開發成本並且提高互通性。

具有顯著超出 2 類設備能力的設備是存在的。從標準開發的角度來看，它們要求較低，因為它們可以在很大程度上使用現有協定。因此，本檔沒有試圖定義第 2 類以外的類別。這些設備仍然受到有限能量供應的限制。

關於檢查受限制節點的能力，特別是對於 1 類設備，重要的是要瞭解它們能夠運行的應用程式類型以及哪種協定機制最合適。由於記憶體和其他限制，每個特定的 1 類設備可能只能支援其預期操作所需的一些選定功能。換句話說，實際上可以支援的一組函數對於每種設備類型不是靜態的：具有類似限制的設備可能選擇支援不同的功能。儘管 2 類設備具有更多可用功能並且可能能夠提供更完整的功能集，但仍需要評估它們將運行的應用程式類型以及它們所需的協定功能。為了能夠得出任何要求，需要分析用例和設備在應用程式和操作場景中的參與。用例可以組合多個類的受限制設備以及更傳統的網際網路節點。

4. 電力術語

設備不僅在計算能力方面不同，而且在可用電力和/或能量方面也不同。雖然在這個空間中很難找到可識別的集群，但引入一些常用術語仍然很有用。

4.1. 縮放屬性

設備可用的電力和/或能量可能大不相同，從千瓦到微瓦，從基本上無限到數百微焦耳。

我們使用國際單位制（SI 單位）簡單地說明表 2 中列出的一個或兩個數量的近似值，而不是定義類或集群：

Name	Definition	SI Unit
Ps	Sustainable average power available for the device over the time it is functioning	W (Watt)
Et	Total electrical energy available before the energy source is exhausted	J (Joule)

表 2：與電力和能源有關的數量單位

Et 的值可能需要結合指示值的給定時間來解釋；見 4.2 節。

一些設備在一段時間內可用的能量耗盡之前進入“低功耗”模式，或者甚至在耗盡的途中有多個這樣的步驟。對於這些設備，需要為每個模式/步驟給出 Ps。

4.2. 能源限制分級

如上所述，與可用電力受限相反（或除此之外），一些裝置的可用能量受到限制。如果在能量方面不存在相關限制，則該設備被歸類為 E9。能量限制可以指的是在設備的可用壽命中的總能量（例如，當其不可替換的一次電池耗盡時被丟棄的設備），被分類為 E2。如果相關限制是針對特定時期，則該設備被分類為 E1，例如，具有有限量的夜間可用能源的太陽能設備，手動連接到充電器在充電之間具有一段時間的設備，或具有週期性（主要）電池更換間隔的設備之間。最後，可能存在可用於特定事件的有限量的能量，例如，用於能量收集燈開關中的按鈕按壓；這些設備被歸類為 E0。注意，在某種意義上，許多 E1 設備也是 E2，因為可充電電池具有有限數量的有用再充電迴圈。

表 3 總結了上述分類。

Name	Type of energy limitation	Example Power Source
E0	Event energy-limited	Event-based harvesting
E1	Period energy-limited	Battery that is periodically recharged or replaced
E2	Lifetime energy-limited	Non-replaceable primary battery
E9	No direct quantitative limitations to available energy	Mains-powered

表 3：能源限制等級

4.3. 用於通訊的電力使用策略

特別是當使用無線傳輸時，無線電通常消耗設備消耗的總能量的很大一部分。設計參數，例如可用頻譜，期望範圍和目標位元元

元元元速率，影響發送和接收期間消耗的電力；傳輸和接收的持續時間（包括潛在接收）影響總能量消耗。

基於能量源的類型（例如，電池或電力供電）以及設備需要與之通信的頻率，可以使用用於電力使用和網路附接的不同策略。

電力使用的一般策略可以描述如下：

持續運作：如果沒有理由採取極端的節電措施，這種策略最為適用。該設備可以一直保持常規方式。使用電力友好的硬體或限制無線傳輸的數量，CPU 速度以及其他方面以滿足一般的節能和冷卻需求非常有用，但設備會一直連接到網路。

日常關閉：在這種策略下，設備直到被喚醒時會睡眠很長時間，因此在睡眠期間不會假裝它已連接到網路的動作，這是有意義的：設備在喚醒時重新連接到網路。主要優化目標，是最小化重新附加過程中的工作量，以及任何最終的應用程式通信。

如果設備長時間睡眠並且不需要經常通信，則重新連接期間能量消耗的相對增加量是可接受的。

低功耗：此策略最適用於需要以非常小的電力運行但仍需要能夠在相對頻繁的基礎上進行通信的設備。這意味著需要將極低功耗的解決方案用於硬體，選擇的鏈路層機制等。通常，考慮到傳輸之間的少量時間，儘管它們處於睡眠狀態，但這些設備會對網路保持某種形式的連接。用於最小化網路通信的電力使用的技術，包括最小化在喚醒和調整通信頻率之後重建通信時的所有工作（包括“工作迴圈”，其中元件在常規週期中接通和斷開）和其他參數適當。

表 4 提供了上述策略的總結。

Name	Strategy	Ability to communicate
P0	Normally-off	Reattach when required
P1	Low-power	Appears connected, perhaps with high latency
P9	Always-on	Always connected

表 4：使用電力進行通信的策略

請注意，上面的討論是在設備級別；類似的考慮因素可以應用於通信介面層面。本文未定義後者的術語。

通常用於描述節能方法的術語是“工作迴圈”。這描述了所有形式的週期性關閉某些功能，只在一定時間內保持開啟（“占空比”）。

[RFC7102]僅區分兩個級別，將非休眠節點定義為始終保持完全電力開啟狀態（始終處於喚醒狀態）的節點，其中它具有執行通信的能力（P9）和作為節點的睡眠節點有時可能會進入睡眠模式（低功耗狀態以節省電量）並暫時中止協定通信（P0）；沒有明確提到 P1。

5. 安全注意事項

本文介紹了不會引起任何新安全問題的常用術語。在特定協定的上下文中需要討論由本文中所提及的限制引發的安全性考慮。例如，[COAP]的第 11.6 節“受限制節點注意事項”討論了特定限制對所採用的安全機制的影響。[ROLL-SEC-THREATS]為 RPL 路由式通訊協定提供安全威脅分析。在[IKEV2-MINIMAL]和[TLS-MINIMAL]中討論了受限制節點上安全協定的實現注意事項。在[IOT-SECURITY]中提供了受限節點網路中更廣泛的安全視圖。

6. 致謝

Dominique Barthel 和 Peter van der Stok 提供了有用的評論；Charles Palmer 提供了完整的編輯評論。

Peter van der Stok 堅持認為我們應該包括電力術語，因此第 4 節。
第 4.3 節的文本大多取自之前版本的[COAP-CELLULAR]並且已經適用於本文。

7. 資訊參考

[COAP] Shelby, Z., Hartke, K., and C.Bormann, "Constrained Application Protocol (CoAP)", Work in Progress, June 2013.

[COAP-CELLULAR] Arkko, J., Eriksson, A., and A. Keranen, "Building Power Efficient CoAP Devices for Cellular Networks", Work in Progress, February 2014.

[FALL] Fall, K., "A Delay-Tolerant Network Architecture for challenged Internets", SIGCOMM 2003, 2003.

[FIFTY-BILLION] Ericsson, "More Than 50 Billion Connected Devices", Ericsson White Paper 284 23-3149 Uen, February 2011,
<<http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-50-billions.pdf>>.

[IKEV2-MINIMAL] Kivinen, T., "Minimal IKEv2", Work in Progress, October 2013.

[IOT-SECURITY] Garcia-Morchon, O., Kumar, S., Keoh, S., Hummen, R., and R. Struik, "Security Considerations in the IP-based Internet of Things", Work in Progress, September 2013.

[ISQ-13] International Electrotechnical Commission, "International Standard -- Quantities and units -- Part 13: Information science and technology", IEC 80000-13, March 2008.

[RFC0793] Postel, J., "Transmission Control Protocol", STD 7, RFC0793, September 1981.

- [RFC4838] Cerf, V., Burleigh, S., Hooke, A., Torgerson, L., Durst, R., Scott, K., Fall, K., and H. Weiss, "Delay-Tolerant Networking Architecture", RFC 4838, April 2007.
- [RFC4919] Kushalnagar, N., Montenegro, G., and C. Schumacher, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals", RFC4919, August 2007.
- [RFC6550] Winter, T., Thubert, P., Brandt, A., Hui, J., Kelsey, R., Levis, P., Pister, K., Struik, R., Vasseur, JP., and R.Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks", RFC 6550, March 2012.
- [RFC6551] Vasseur, JP., Kim, M., Pister, K., Dejean, N., and D. Barthel, "Routing Metrics Used for Path Calculation in Low-Power and Lossy Networks", RFC 6551, March 2012.
- [RFC6606] Kim, E., Kaspar, D., Gomez, C., and C. Bormann, "Problem Statement and Requirements for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN) Routing", RFC 6606, May 2012.
- [RFC7102] Vasseur, JP., "Terms Used in Routing for Low-Power and Lossy Networks", RFC 7102, January 2014.
- [ROLL-SEC-THREATS] Tsao, T., Alexander, R., Dohler, M., Daza, V., Lozano, A., and M. Richardson, "A Security Threat Analysis for Routing Protocol for Low-power and lossy networks (RPL)", Work in Progress, December 2013.
- [RPL-DEPLOYMENT] Vasseur, J., Ed., Hui, J., Ed., Dasgupta, S., and G. Yoon, "RPL deployment experience in large scale networks", Work in Progress, July 2012.

- [TLS-MINIMAL] Kumar, S., Keoh, S., and H. Tschofenig, "A Hitchhiker's Guide to the (Datagram) Transport Layer Security Protocol for Smart Objects and Constrained Node Networks", Work in Progress, March 2014.
- [V6-BTLE] Nieminen, J., Ed., Savolainen, T., Ed., Isomaki, M., Patil, B., Shelby, Z., and C. Gomez, "Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH Low Energy", Work in Progress, May 2014.
- [V6-DECT-ULE] Mariager, P., Ed., Petersen, J., and Z. Shelby, "Transmission of IPv6 Packets over DECT Ultra Low Energy", Work in Progress, July 2013.
- [V6-G9959] Brandt, A. and J. Buron, "Transmission of IPv6 packets over ITU-T G.9959 Networks", Work in Progress, May 2014.
- [WEI] Shelby, Z. and C. Bormann, "6LoWPAN: the Wireless Embedded Internet", ISBN 9780470747995, 2009.

作者資訊

Carsten Bormann
Universitaet Bremen TZI
Postfach 330440
D-28359 Bremen
Germany

Phone: +49-421-218-63921
EMail: cabo@tzi.org

Mehmet Ersue

Nokia Solutions and Networks
St.-Martinstrasse 76
81541 Munich
Germany

Phone: +49 172 8432301
EMail: mehmet.ersue@nsn.com

Ari Keranen
Ericsson
Hirsalantie 11
02420 Jorvas
Finland

EMail: ari.keranen@ericsson.com