https://farid.ps/articles/rtl9210_usb_to_nvme_bridge/th.html

Linux และบริดจ์ USB ไปยัง NVMe ของ Realtek RTL9210

> **สรุป:**
> • **อาการ:** การรีเซ็ต USB ซ้ำๆ, ข้อผิดพลาด I/O, หรือดิสก์หายไปใน Linux
> • **ได้รับผลกระทบ:** Realtek RTL9210 (ยืนยันแล้ว) และ RTL9220 (อาจเป็นไปได้)
> • **สาเหตุ:** การย้อนกลับไปใช้ ROM ภายใน (**f0.01**) หลังจากเกิดข้อผิดพลาด checksum
> • **ผลกระทบ:** ความไม่เสถียรถาวร, ไม่มีเครื่องมือ reflashing สำหรับ Linux
> • **วิธีแก้ไข:** เฉพาะยูทิลิตี้ OEM ของ Windows เท่านั้นที่สามารถกู้คืนเฟิร์มแวร์ได้ – Realtek บล็อกตัวเลือกโอเพนซอร์ส

คำนำ

ในปี 2025 การบูต Raspberry Pi จาก SSD ที่เชื่อมต่อผ่าน USB ควรเป็นเรื่องที่สมเหตุสมผลอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความแปลกประหลาดของเฟิร์มแวร์ Realtek เป้าหมายที่สมเหตุสมผลนี้ได้กลายเป็นการผจญภัย หลังจากหลายเดือนของความไม่เสถียรที่อธิบายไม่ได้ – การรีเซ็ตแบบสุ่ม, ดิสก์ที่หายไป, ระบบไฟล์ที่เสียหาย – ผู้เขียนได้ลองทุกวิธีแก้ไขทั่วไป: สายเคเบิลใหม่, ฮับที่ใช้พลังงาน, การอัปเดตเคอร์เนล, การปรับแต่ง USB และการปรับแต่งเฟิร์มแวร์ ความก้าวหน้าเกิดขึ้นเมื่อ ChatGPT ตอบคำถามแปลกๆ ในช่วงดึก: “เป็นไปได้ไหมที่บริดจ์ USB ไปยัง NVMe จะย้อนกลับไปใช้เฟิร์มแวร์เก่า?”

บทนำ

หากเคส NVMe ที่ใช้ Realtek ของคุณกลายเป็นไม่เสถียรอย่างกะทันหันหลังจากทำงานได้อย่างสมบูรณ์เป็นเวลาหลายสัปดาห์ – การรีเซ็ต USB ซ้ำๆ, ข้อผิดพลาด I/O, หรือดิสก์ที่หายไป – คุณไม่ได้อยู่คนเดียว รูปแบบนี้ปรากฏในหลายยี่ห้อ ตั้งแต่หน่วยที่ไม่มีชื่อไปจนถึง OEM ที่รู้จักกันดีเช่น Sabrent และ Orico จุดร่วม: **ชิปบริดจ์ USB ไปยัง NVMe ของ Realtek RTL9210 และอาจเป็น RTL9220**

ในตอนแรกทุกอย่างทำงานได้ดี จากนั้น โดยไม่มีสาเหตุที่ชัดเจน อุปกรณ์เริ่มตัดการเชื่อมต่อเมื่ออยู่ภายใต้การโหลดหรือใช้งานเป็นเวลานาน โดยเฉพาะในระบบ Linux หรือ Raspberry Pi สาเหตุที่แท้จริงไม่ใช่ SSD หรือแหล่งจ่ายไฟ – แต่เป็นตัวควบคุมเฟิร์มแวร์เองที่ย้อนกลับไปใช้ **โค้ดสำรองที่ฝังอยู่ใน ROM** อย่างเงียบๆ ซึ่งเป็นรุ่นที่ Realtek ยังคงจัดส่งภายในเป็น **f0.01**

กลไกที่ซ่อนอยู่ – การย้อนกลับของเฟิร์มแวร์ตามการออกแบบ

ชิปบริดจ์ของ Realtek เก็บเฟิร์มแวร์การทำงานและข้อมูลการกำหนดค่าไว้ในแฟลช SPI ภายนอก เมื่อเปิดเครื่อง ตัวควบคุมจะตรวจสอบ checksum อย่างง่าย หาก checksum นั้นไม่ตรงกัน มันจะปฏิเสธการโหลดเฟิร์มแวร์ภายนอกและบูตจาก ROM ภายในแทน

เฟิร์มแวร์สำรองนี้ล้าสมัยและมีข้อบกพร่อง มันขาดการแก้ไขความเสถียรของ USB และการปรับปรุงการจัดการสถานะลิงก์ที่มีอยู่ในรุ่นที่ใหม่กว่า ซึ่งนำไปสู่ลำดับคลาสสิกที่ผู้ใช้ Linux ทุกคนรู้จัก:

> usb 3-2: รีเซ็ตอุปกรณ์ USB ความเร็วสูงหมายเลข 2 โดยใช้ xhci-hcd
> usb 3-2: อ่านตัวอธิบายอุปกรณ์/64, ข้อผิดพลาด -71
> คำเตือน EXT4-fs (อุปกรณ์ sda2): ข้อผิดพลาด I/O ขณะเขียนไปยัง inode ...

Checksum อาจกลายเป็นไม่ถูกต้องเมื่อข้อมูลการกำหนดค่าถูกเขียนทับ – ตัวอย่างเช่น เมื่อบริดจ์อัปเดตการตั้งค่าการจัดการพลังงานหรือ UAS – และอุปกรณ์สูญเสียพลังงานระหว่างการเขียน การบูตครั้งต่อไปจะตรวจพบ checksum ที่เสียหายและย้อนกลับไปใช้เฟิร์มแวร์ ROM อย่างถาวร

ในจุดนี้ “เคส NVMe ประสิทธิภาพสูง” ของคุณทำงานเหมือนกับเคสที่ถูกที่สุดที่ไม่มีชื่อ เพราะภายในมันกำลังทำงานด้วยโค้ดพื้นฐานที่มีข้อบกพร่องเดียวกันที่ถูกฝังอยู่ในซิลิคอน

การตรวจสอบปัญหา

คุณสามารถยืนยันสถานะนี้ได้อย่างง่ายดายใน Linux:

```
lsusb -v | grep -A2 Realtek
```

บริดจ์ Realtek ที่สมบูรณ์จะรายงานรุ่นเฟิร์มแวร์ (**bcdDevice**) สูงกว่า 1.00 อันที่ย้อนกลับจะแสดง:

```
bcdDevice f0.01
```

ลายเซ็น **f0.01** นี้หมายความว่าตัวควบคุมกำลังบูตจาก ROM – และการถอดปลั๊ก การฟอร์แมตใหม่ หรือการปรับแต่งเคอร์เนลใดๆ จะไม่สามารถแก้ไขได้

กลไกการย้อนกลับนี้ได้รับ **การยืนยันสำหรับ RTL9210 RTL9220** ดูเหมือนจะมีสถาปัตยกรรมการออกแบบและการจัดวางเฟิร์มแวร์เหมือนกัน ดังนั้นอาจแสดงพฤติกรรมที่เหมือนกัน แต่ยังคง **เป็นไปได้ ไม่ใช่ได้รับการพิสูจน์**

ทำไมคุณถึงแก้ไขด้วยตัวเองไม่ได้

ในทางทฤษฎี การแก้ไขนั้นง่าย: reflashing เฟิร์มแวร์ที่ถูกต้องลงใน SPI ในทางปฏิบัติ Realtek ทำให้สิ่งนี้เป็นไปไม่ได้

บริษัทจัดหายูทิลิตี้การอัปเดตแบบปิดซอร์สสำหรับ Windows ให้กับ OEM และผู้รวมระบบ ผู้ใช้ Linux ไม่ได้รับอะไรเลย นักพัฒนาชุมชนทำวิศวกรรมย้อนกลับเครื่องมือแฟลชที่เข้ากันได้ (**rtsupdater**, **rtl9210fw**, **rtsupdater-cli**) ซึ่งทำให้สามารถกู้คืนเฟิร์มแวร์ได้อย่างสมบูรณ์จากระบบ Linux – จนกระทั่ง Realtek ออก **แจ้งเตือนการถอน DMCA** เพื่อปราบปรามพวกเขา

ไม่มีเหตุผลทางปัญญาที่น่าเชื่อถือในการบล็อกเครื่องมือดังกล่าว: พวกเขาไม่ได้เปิดเผยไมโครโค้ด แต่เพียงจัดการลำดับการอัปเดตผ่าน USB การถอนของ Realtek ไม่ได้เกี่ยวกับการป้องกัน มันเป็นเรื่องของอุดมการณ์

ราคาของอุดมการณ์

นี่ไม่ใช่เรื่องของอุดมคติของโอเพนซอร์ส มันเกี่ยวกับ **ความเป็นศัตรูทางอุดมการณ์ของผู้จำหน่ายฮาร์ดแวร์ต่อระบบที่เปิดกว้าง** ที่ทำลายอุปกรณ์ที่ถูกวางตลาดว่า **เข้ากันได้กับ Linux**

การต่อต้านเอกสารและเครื่องมือที่เปิดกว้างของ Realtek มีมานานสองทศวรรษ ครอบคลุม Wi-Fi, Ethernet, เสียง และตอนนี้ตัวควบคุมการจัดเก็บ การแยกตัวนี้อาจไม่ถูกสังเกตในโลกที่ใช้เฉพาะ Windows แต่จะกลายเป็นพิษเมื่อชิปเดียวกันถูกบูรณาการเข้ากับผลิตภัณฑ์หลายแพลตฟอร์ม เช่น **Sabrent EC-SNVE** ซึ่งแสดงโลโก้ Linux อย่างเปิดเผยบนบรรจุภัณฑ์

ด้วยการห้ามใช้ยูทิลิตี้แฟลชสำหรับ Linux และปิดกั้นการบำรุงรักษาของชุมชน Realtek ได้ **ทำให้การซ่อมแซมด้วยตนเองกลายเป็นอาชญากรรม** ผลที่ตามมากระจายออกไปด้านนอก:

- ผู้ใช้ Linux เห็นฮาร์ดแวร์ที่ “รองรับ” เสื่อมสภาพเป็นความไม่เสถียร
- OEM เช่น Sabrent และ Orico เผชิญกับค่าใช้จ่าย RMA และการรับประกันที่ไม่จำเป็น
- ชื่อเสียงอันยาวนานของ Realtek ในเรื่องความเข้ากันได้กับ Linux ที่แย่ถูกย้ำอีกครั้ง

ท้ายที่สุด ไม่ใช่โอเพนซอร์สที่ทำลายอุปกรณ์ของ Realtek – มันคือ **ความเป็นศัตรูของ Realtek ต่อโอเพนซอร์ส** ที่ทำลายพวกเขา

หนทางที่สมเหตุสมผลไปข้างหน้า

วิธีแก้ไขไม่ต้องการการเปลี่ยนแปลงทางอุดมการณ์ เพียงแค่ความเป็นจริง Realtek สามารถ:

1. ออกยูทิลิตี้การอัปเดตบรรทัดคำสั่งที่ลงนามโดยผู้จำหน่ายสำหรับ Linux (ไม่จำเป็นต้องเปิดเผยซอร์สโค้ด)
2. เผยแพร่อัลกอริทึม checksum เพื่อให้ผู้รวมระบบสามารถตรวจสอบภาพแฟลชได้อย่างปลอดภัย
3. ใช้โหมดสไตล์ DFU ที่ยอมรับการอัปเดตผ่านการจัดเก็บข้อมูลมวล USB โดยไม่ขึ้นกับระบบปฏิบัติการ

แต่ละขั้นตอนนี้จะป้องกันค่าใช้จ่ายการรับประกัน ปกป้องความสัมพันธ์กับ OEM และฟื้นฟูความเชื่อมั่นในชิปบริดจ์ของ Realtek ในหมู่ผู้ใช้ Linux มืออาชีพ – ตั้งแต่ผู้สร้างเวิร์กสเตชันไปจนถึงนักพัฒนา Raspberry Pi

คุณสามารถทำอะไรได้บ้าง

หากคุณสงสัยว่าเคสของคุณย้อนกลับไปใช้เฟิร์มแวร์ ROM:

- ตรวจสอบด้วย **lsusb -v | grep bcdDevice**
- หากแสดง **f0.01** รายงานปัญหาให้กับ OEM ของคุณ
- รวมส่วนย่อยของ **dmesg** และชี้ไปที่กลไกการย้อนกลับที่ได้รับการบันทึกนี้
- ขอให้ผู้จำหน่ายของคุณยกระดับปัญหาไปยัง Realtek โดยอ้างถึงความต้องการยูทิลิตี้การอัปเดตที่เข้ากันได้กับ Linux

นโยบายเฟิร์มแวร์ของ Realtek ไม่เพียงแต่รบกวนผู้ที่ชื่นชอบเท่านั้น มันสร้างความสูญเสียทางการเงินที่จับต้องได้สำหรับระบบนิเวศของพวกเขาเอง ยิ่งความจริงนี้ได้รับการยอมรับภายในบริษัทเร็วเท่าไหร่ ผู้ใช้ Linux และพันธมิตร OEM ก็จะสามารถหยุดเสียเวลากับวงจร RMA ที่หลีกเลี่ยงได้เร็วขึ้นเท่านั้น

การตอบสนองของผู้ผลิต

ทั้ง Realtek และ Sabrent ได้รับเชิญให้ให้คำแถลงเกี่ยวกับปัญหาการย้อนกลับของเฟิร์มแวร์ที่อธิบายไว้ข้างต้น การตอบสนองของพวกเขา – หากได้รับ – จะถูกเพิ่มที่นี่

ภาคผนวก – การระบุอุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบ

ตัวควบคุม	รหัสผู้จำหน่าย	รหัสผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ	สถานะ
RTL9210	0x0bda	0x9210	บริดจ์ USB 3.1 Gen 2 10 Gb/s	**ยืนยันแล้ว** พฤติกรรมการย้อนกลับ
RTL9220	0x0bda	0x9220	บริดจ์ USB 3.2 Gen 2×2 20 Gb/s	**อาจเป็นไปได้** สถาปัตยกรรมคล้ายกัน

ลายเซ็นการย้อนกลับของเฟิร์มแวร์: **bcdDevice f0.01**
รุ่นที่รู้จักว่ามีความเสถียร: **1.23** – **1.31**