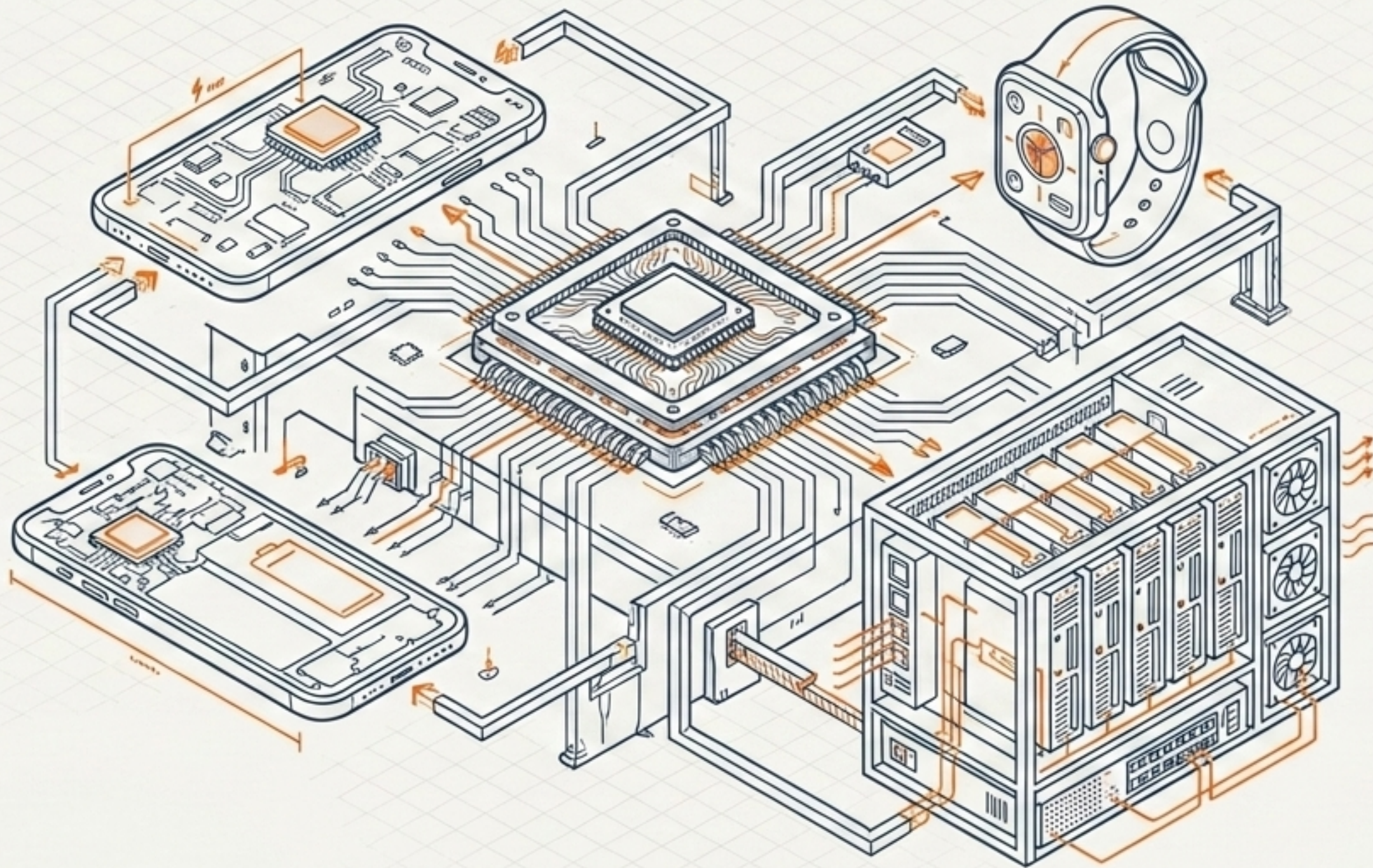
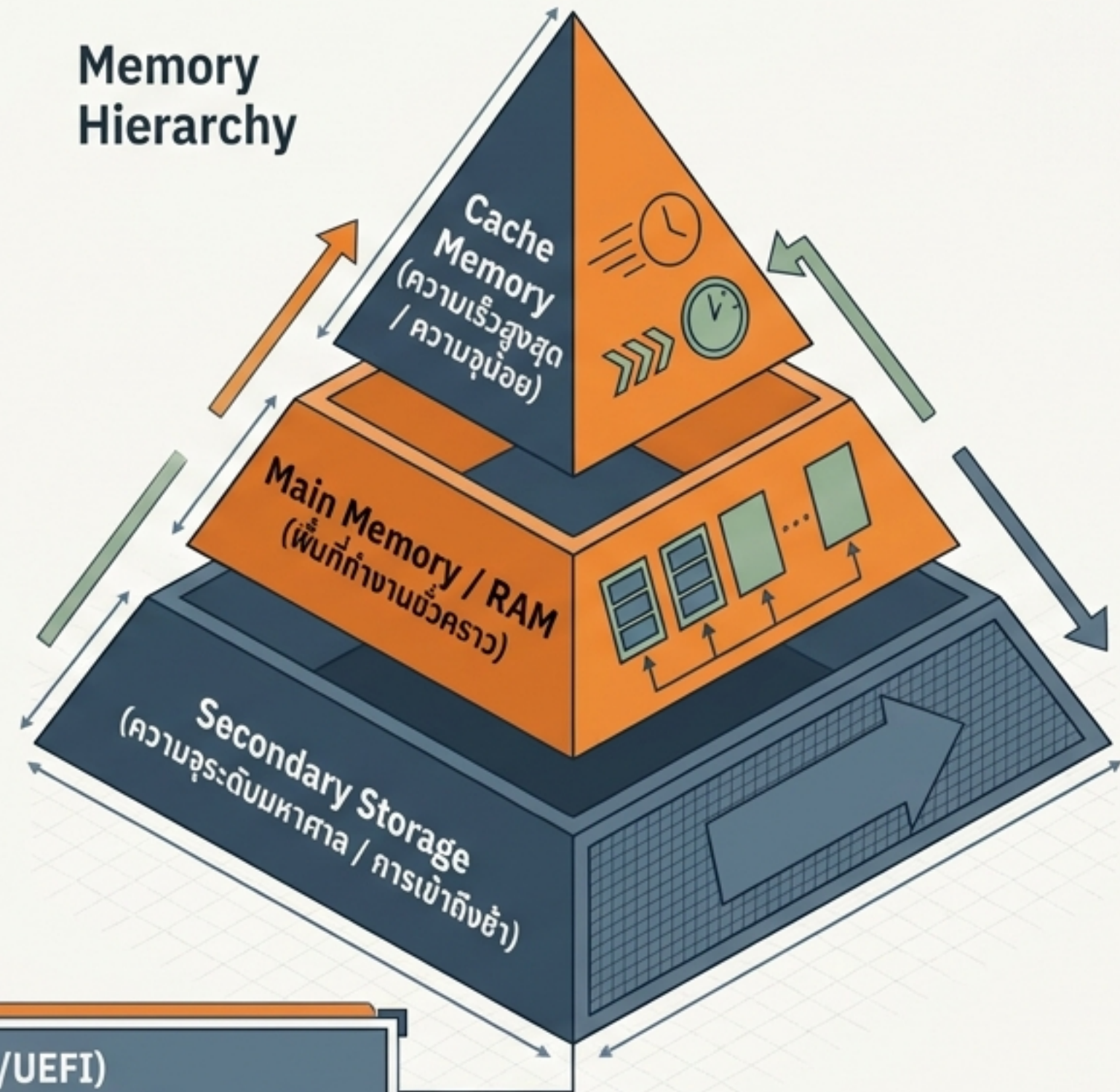
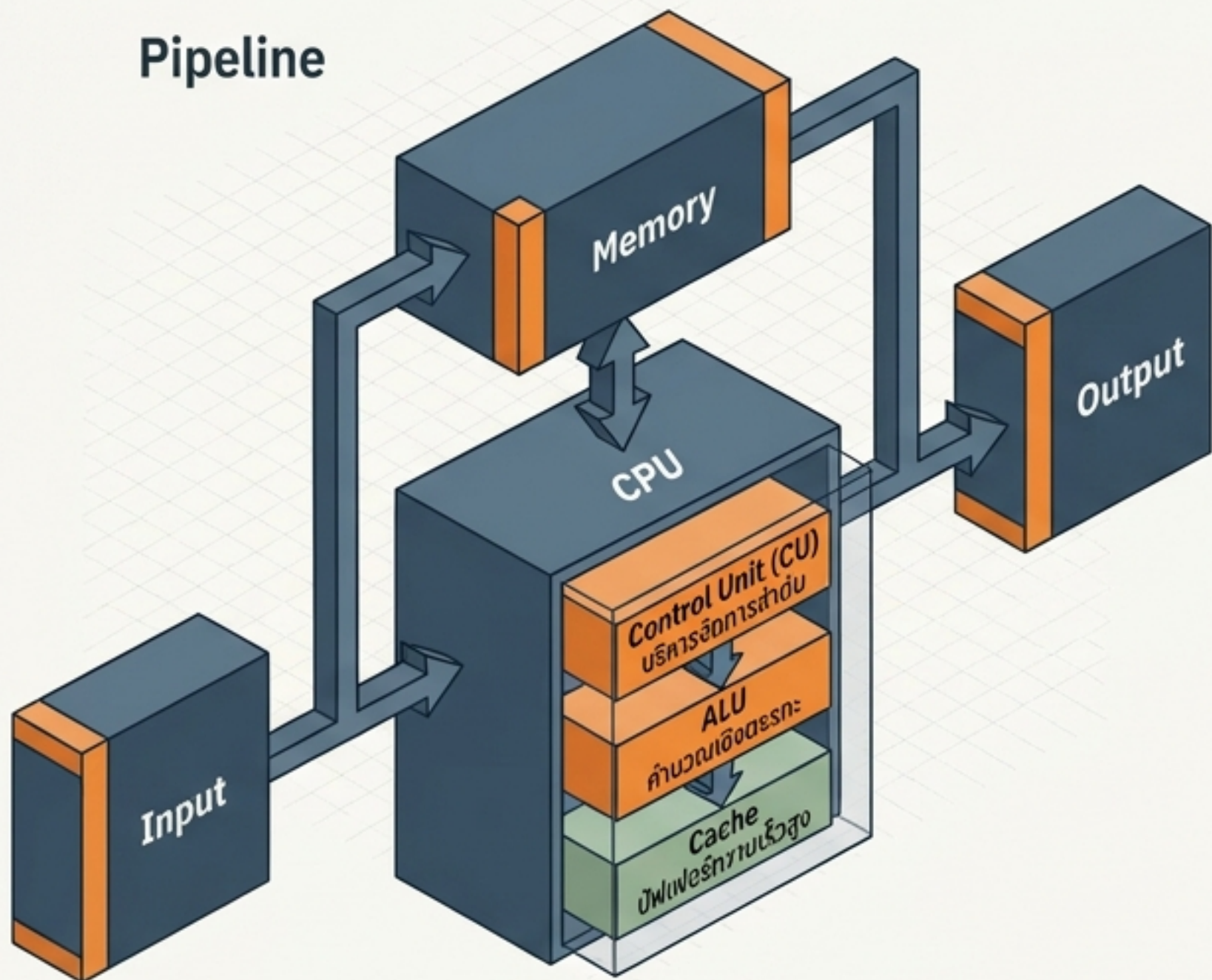


ดิจิทัล: สถาปัตยกรรมและพลวัต ของระบบคอมพิวเตอร์ในยุคหลอมรวม



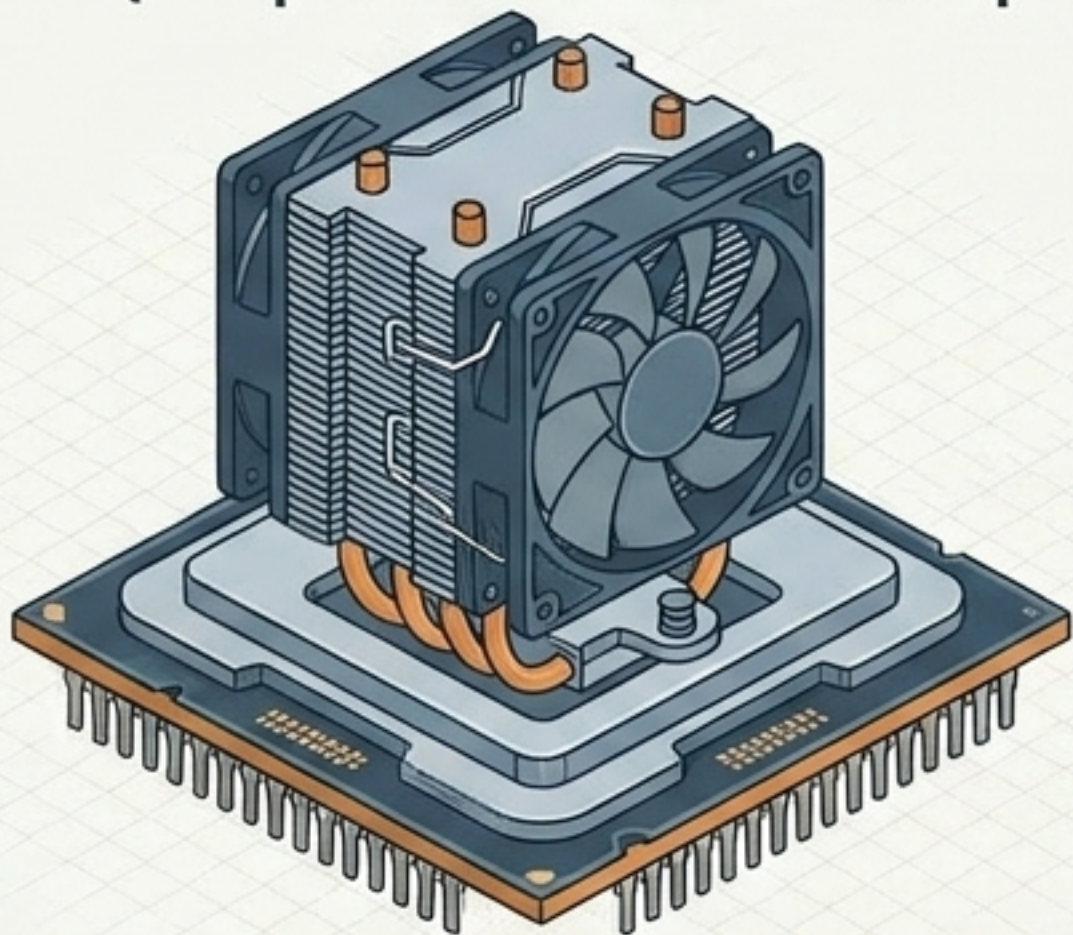
กายวิภาคศาสตร์แกนกลางและการไหลของข้อมูล



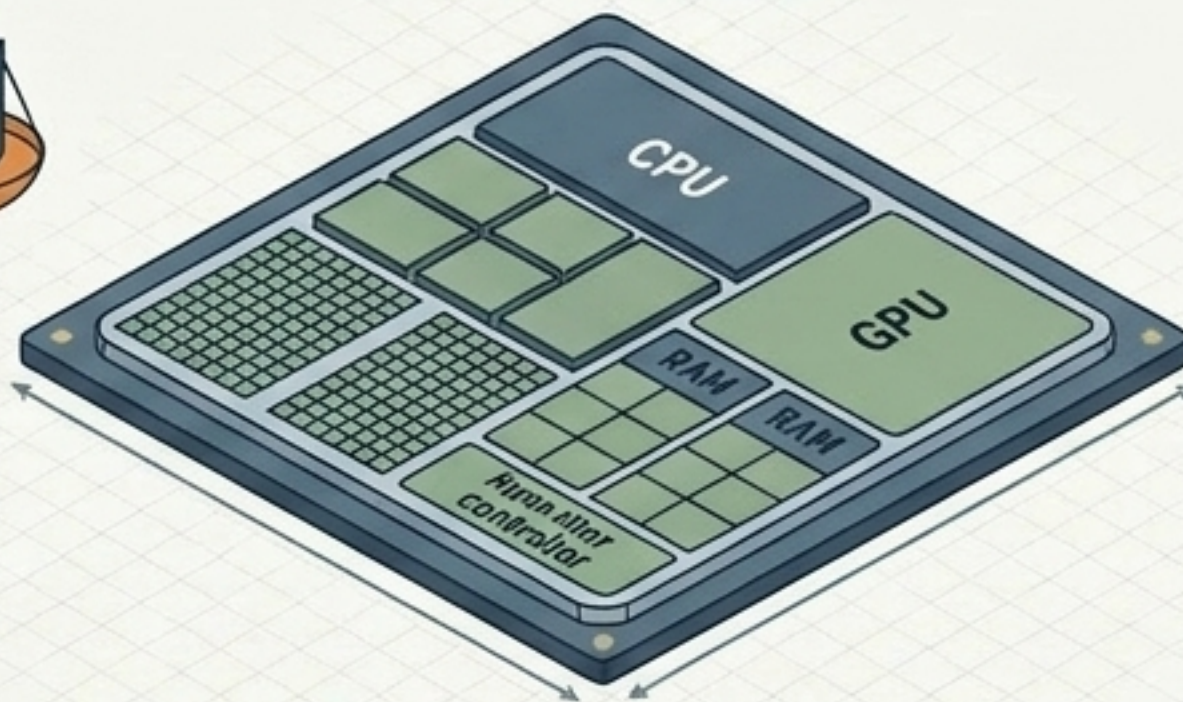
กระบวนการ Boot: เฟิร์มแวร์ระดับต่ำ (BIOS/UEFI)
จัดเตรียมฮาร์ดแวร์ก่อนส่งมอบสิทธิ์การควบคุมทั้งหมดให้ระบบปฏิบัติการ (OS)

สงครามสถาปัตยกรรม: เดสก์ท็อปปะทะอุปกรณ์เคลื่อนที่

CISC (Complex Instruction Set Computer)



RISC (Reduced Instruction Set Computer)



บริโภคไฟสูง (35W ถึง >100W TDP)
ต้องใช้ระบบระบายความร้อนแบบแอกทีฟ

พลังงานและความร้อน

ประหยัดพลังงานสุดขีด (<15W)
ระบายความร้อนผ่านโครงสร้างอุปกรณ์

เน้นประสิทธิภาพสูงสุด (Top-end performance)
ขยายฮาร์ดแวร์ได้ผ่าน PCIe

สถาปัตยกรรม

บูรณาการ CPU, GPU, RAM ในชิปเดียว (SoC)
เน้นความสมดุลต่อวัตต์

นิเวศวิทยาาระบบสมองกลฝังตัว (The Embedded Ecosystem)



Real-Time

ไร้ความหน่วง (ระบบควบคุมการบิน)



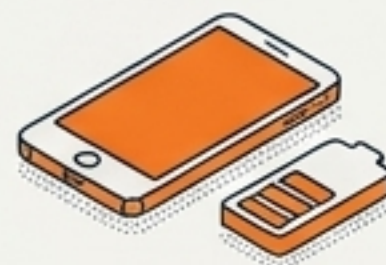
Stand-alone

ประมวลผลอิสระไร้เครือข่าย



Networked

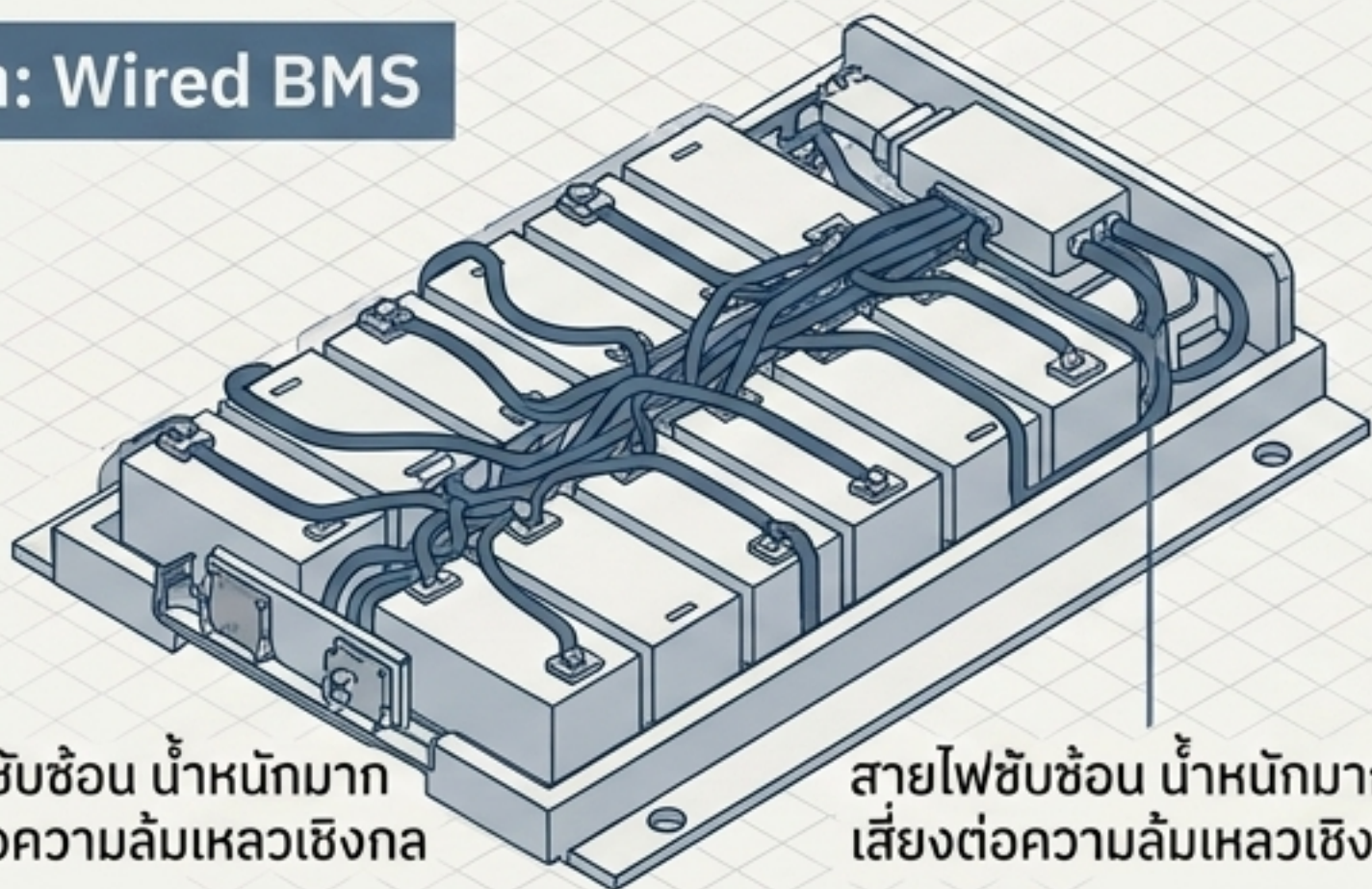
สื่อสารผ่านเซิร์ฟเวอร์กลาง



Mobile

ข้อจำกัดแบตเตอรี่สูงสุด

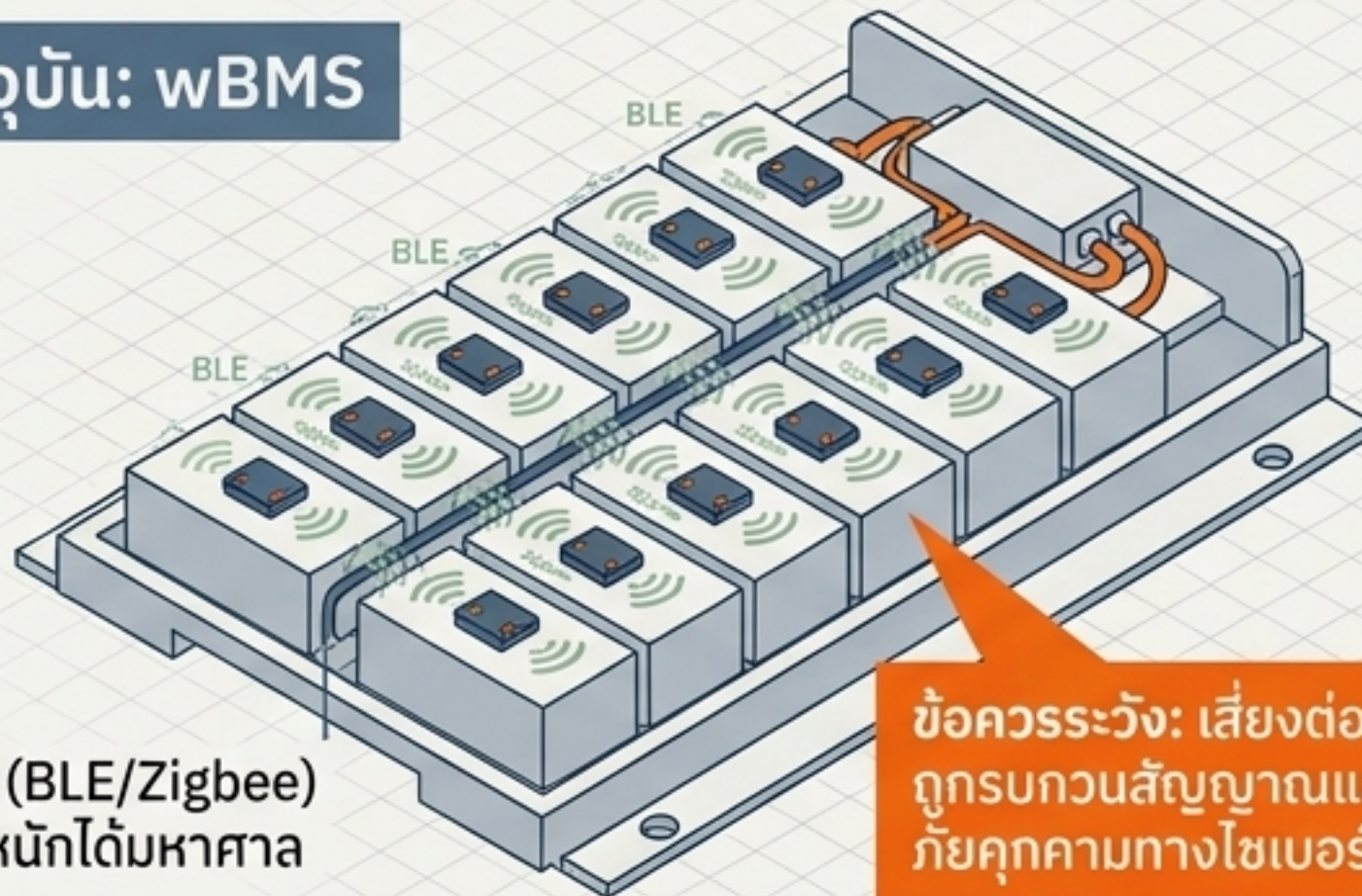
อดีต: Wired BMS



สายไฟซับซ้อน น้ำหนักมาก
เสี่ยงต่อความล้มเหลวเชิงกล

สายไฟซับซ้อน น้ำหนักมาก
เสี่ยงต่อความล้มเหลวเชิงกล

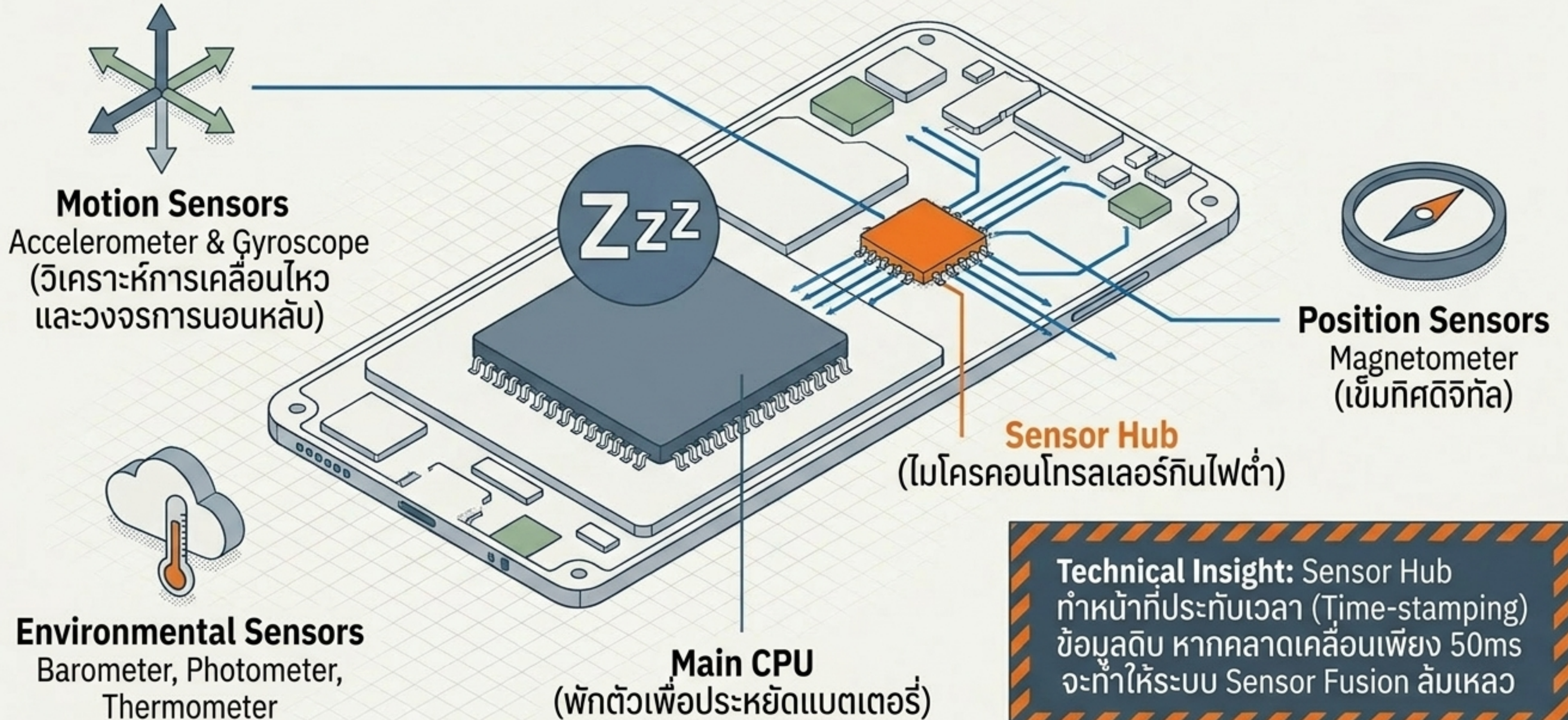
ปัจจุบัน: wBMS



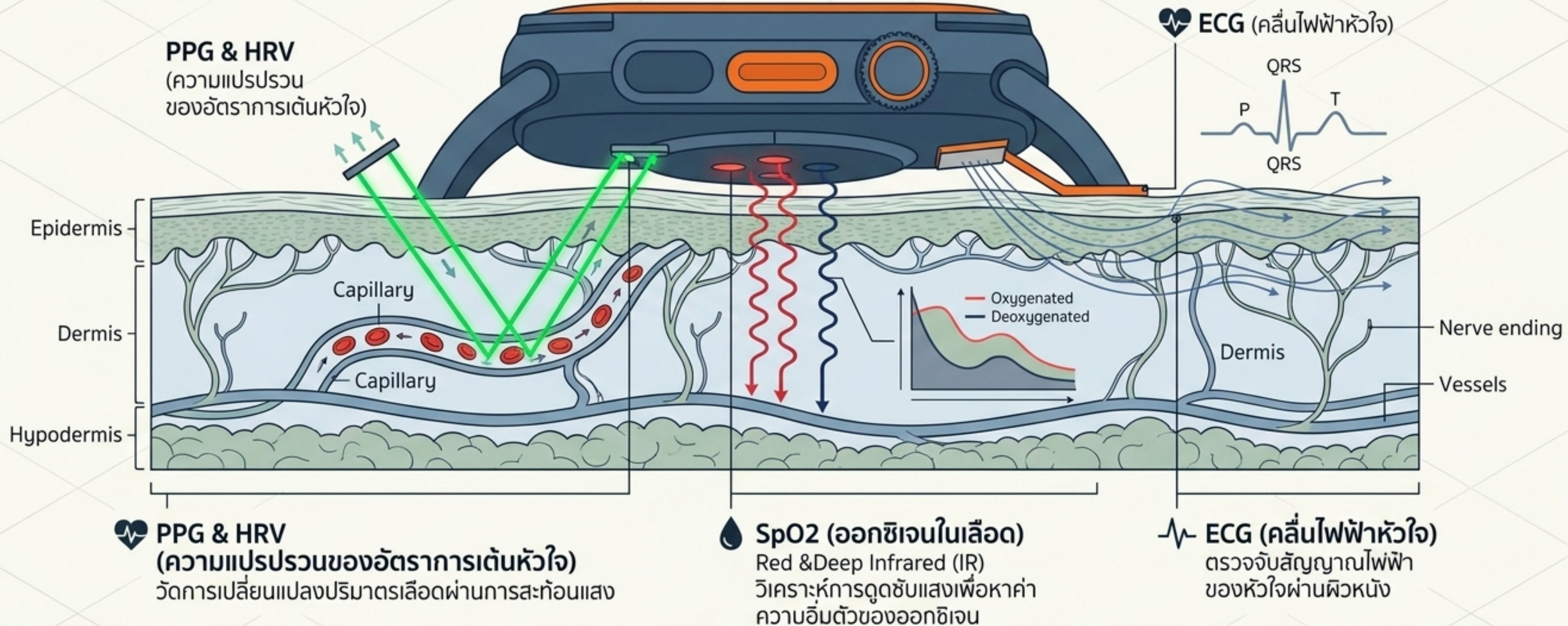
ไร้สาย (BLE/Zigbee)
ลดน้ำหนักได้มหาศาล

ข้อควรระวัง: เสี่ยงต่อการ
ถูกรบกวนสัญญาณและ
ภัยคุกคามทางไซเบอร์

โครงข่ายประสาทสัมผัสและกลไกประหยัดพลังงาน

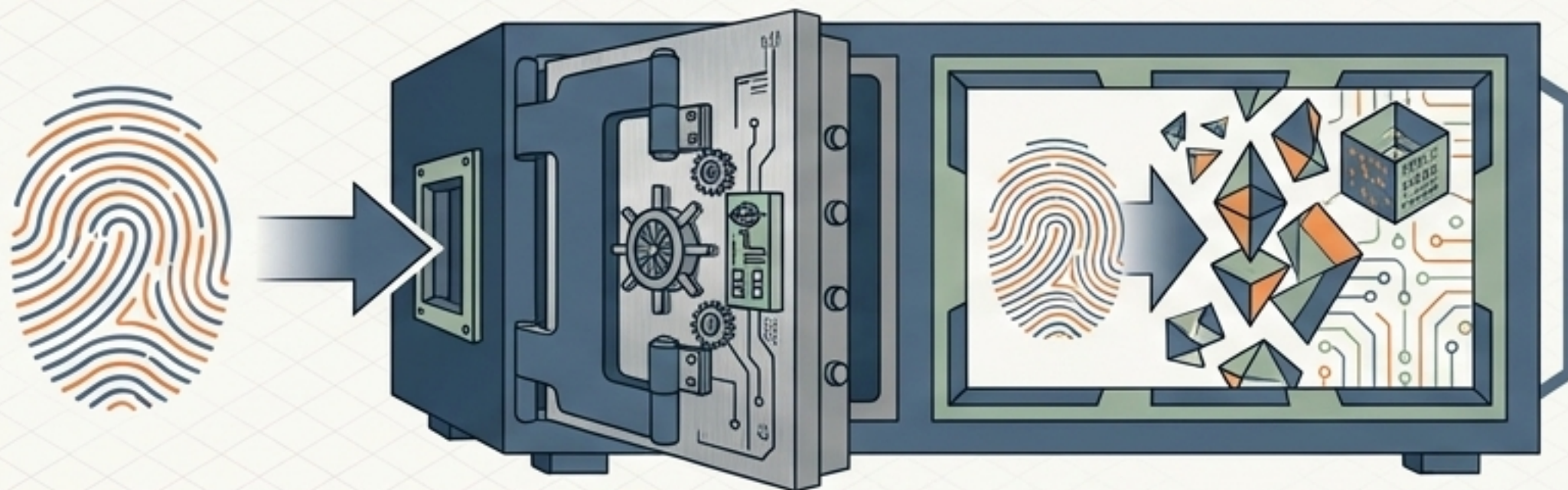


นวัตกรรมติดตามสุขภาพทางทัศนศาสตร์



วิวัฒนาการความปลอดภัยระดับชีวมิติ

ออปติคัล (Optical)	คาปาซิทีฟ (Capacitive)	อัลตราโซนิค (Ultrasonic)
		
<p>ความปลอดภัยต่ำ - บันทึกภาพ 2 มิติ เสี่ยงต่อการถูกลอกด้วยภาพถ่าย</p>	<p>ความปลอดภัยสูง - ตรวจจับเนื้อเยื่อมีชีวิต แต่ล้มเหลวหากนิ้วเปียกชื้น</p>	<p>ความปลอดภัยสูงสุด - สร้างแผนที่ 3 มิติเชิงลึก ไม่หวั่นคราบสกปรก แต่ต้นทุนสูง</p>

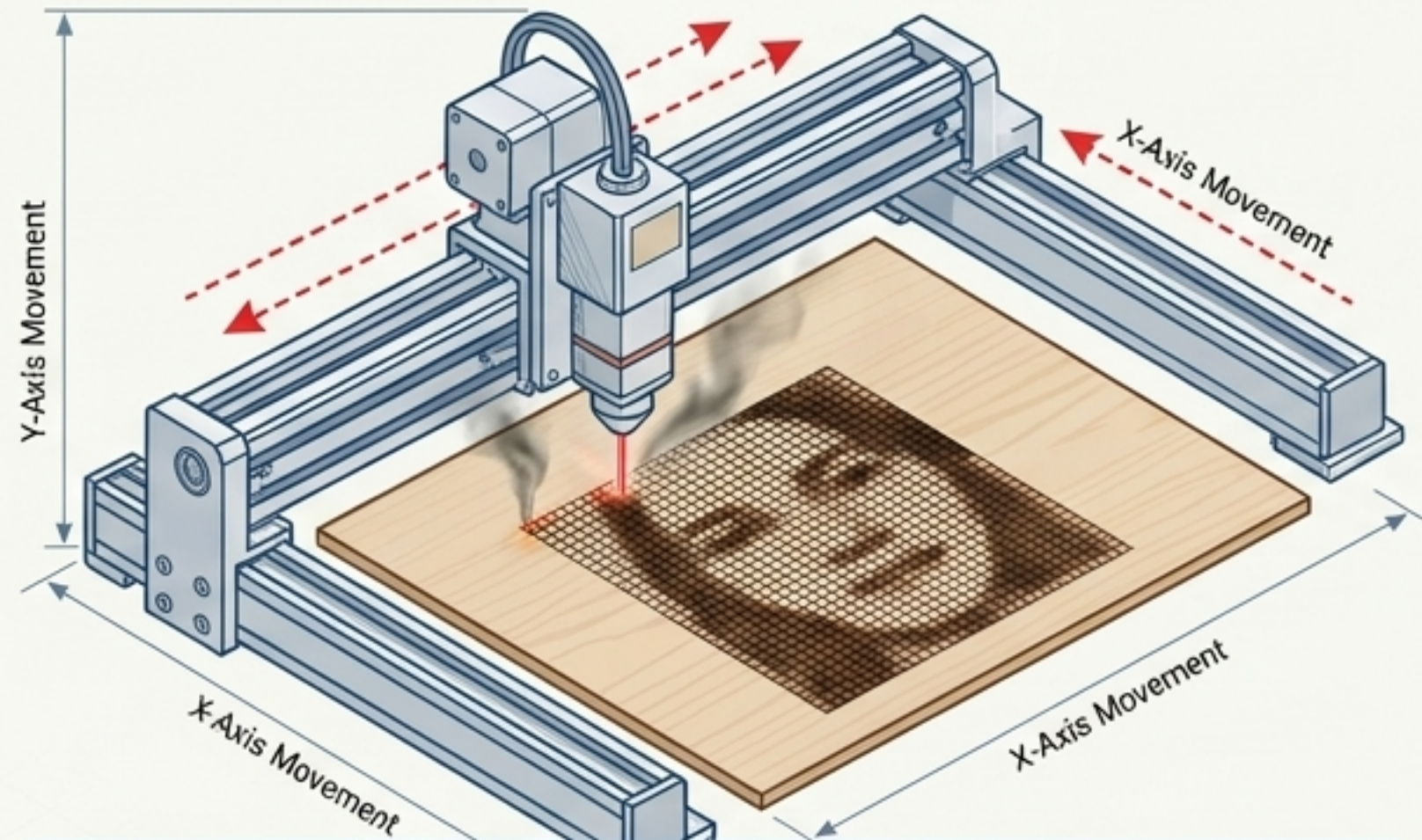


Secure Enclave: สกัดข้อมูลลายนิ้วมือเป็นรหัสคณิตศาสตร์ที่ถูกแยกขาดระดับฮาร์ดแวร์ OS หรือแอปพลิเคชันไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง

พลวัตอุปกรณ์ต่อพ่วง: โลกดิจิทัลสู่กายภาพ

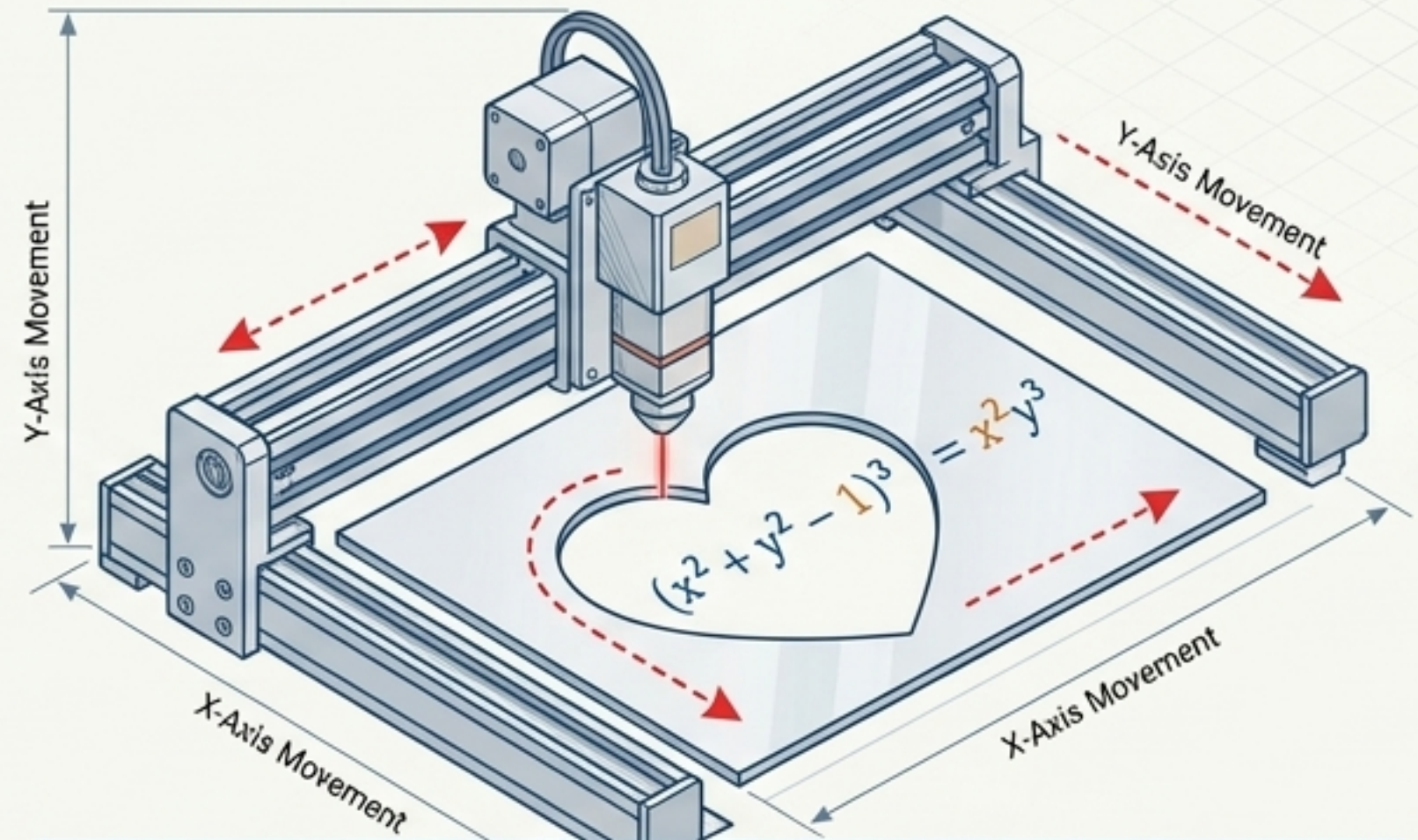
กรณีศึกษา: กลไกการขับเคลื่อนของเครื่องตัดเลเซอร์

กลไกแบบเรสเตอร์ (Raster)



สร้างภาพจากจุดพิกเซล
เลเซอร์กวาดซ้าย-ขวาทีละบรรทัด ปรับกำลังไฟตามเฉดสี
เหมาะสำหรับสลักภาพถ่าย (ใช้เวลาประมวลผลนาน)

กลไกแบบเวกเตอร์ (Vector)



ประมวลผลผ่านเส้นทางสมการคณิตศาสตร์
หัวเลเซอร์เคลื่อนที่ตามพิกัดอย่างต่อเนื่อง
เหมาะสำหรับการตัดขาดที่ต้องการขอบคมชัด (รวดเร็วสูง)

การทลายคอขวดระบบข้อมูล (Overcoming Hardware Bottlenecks)

ระบบ Polling (คอขวดดั้งเดิม)

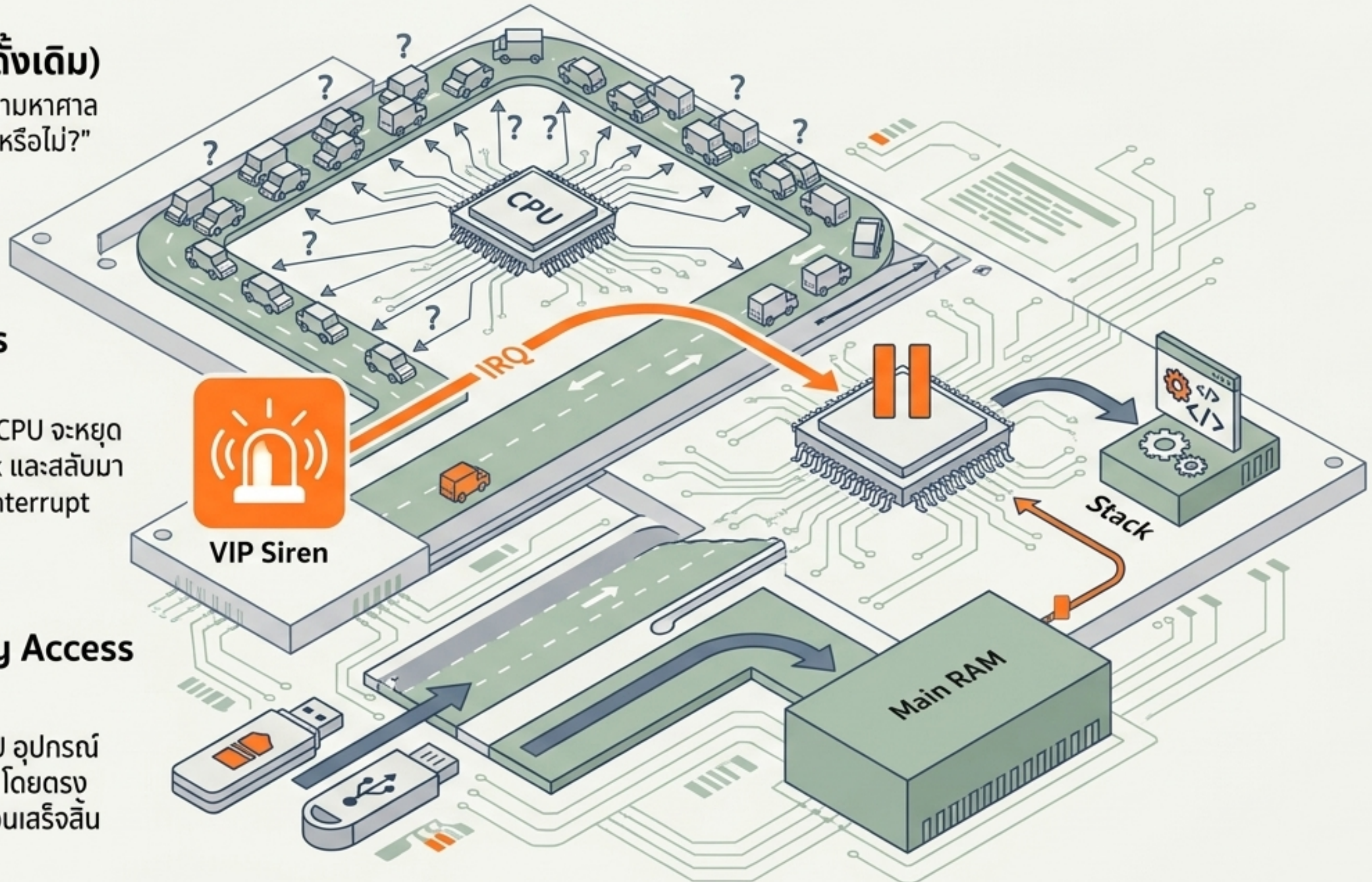
CPU สูญเสียรอบสัญญาณนาฬิกาหาศาล เพื่อคอยถามอุปกรณ์ว่า "มีข้อมูลหรือไม่?" เกิดรถติดทางข้อมูล

Hardware Interrupts (สัญญาณขัดจังหวะ)

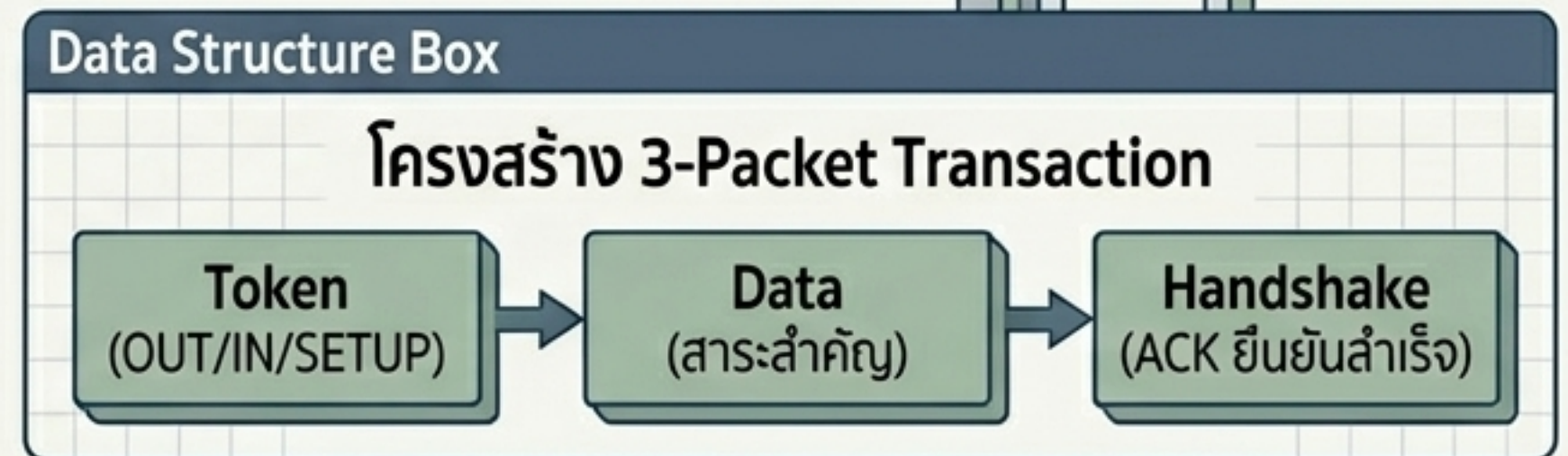
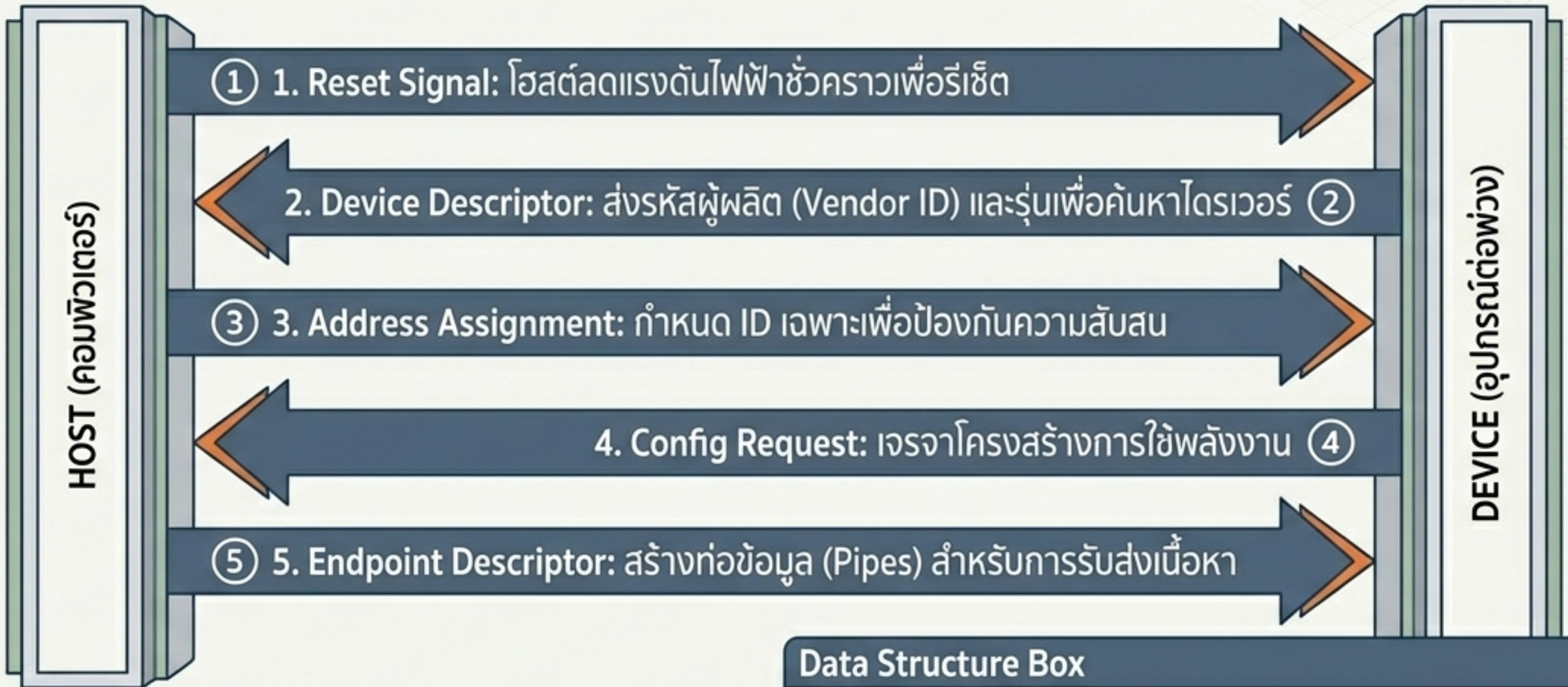
สาย IRQ ส่งสัญญาณแจ้งเตือน CPU จะหยุดงานชั่วคราว เก็บสถานะลง Stack และสลับมารันโปรแกรมจัดการเหตุการณ์ (Interrupt Handler) ทันที

DMA: Direct Memory Access (ทางด่วนข้อมูล)

สถาปัตยกรรมทางด่วนข้าม CPU อุปกรณ์ความเร็วสูงเขียนข้อมูลลง RAM โดยตรง และส่ง Interrupt แจ้งเมื่อถ่ายโอนเสร็จสิ้น



ภาษากระแสข้อมูลของ USB (USB Enumeration Protocol)



ระบบนิเวศไร้สายของบลูทูธ (Bluetooth Profile Ecosystem)

HID (Human Interface)
- เลียนแบบโครงสร้าง USB สำหรับคีย์บอร์ดและเมาส์ไร้สายโดยไม่ต้องพึ่งไดรเวอร์



A2DP / AVRCP -
สตรีมมิ่งเสียงสเตอริโอคุณภาพสูงและแพลตฟอร์มควบคุมสื่อ



GATT
- โครงสร้างข้อมูลสำหรับ Bluetooth Low Energy (BLE) ในสมาร์ตวอตช์และเซ็นเซอร์แพทย์



HSP / HFP -
ส่งข้อมูลเสียงสองทิศทางสำหรับหูฟังโทรศัพท์และเครื่องเสียงรถยนต์



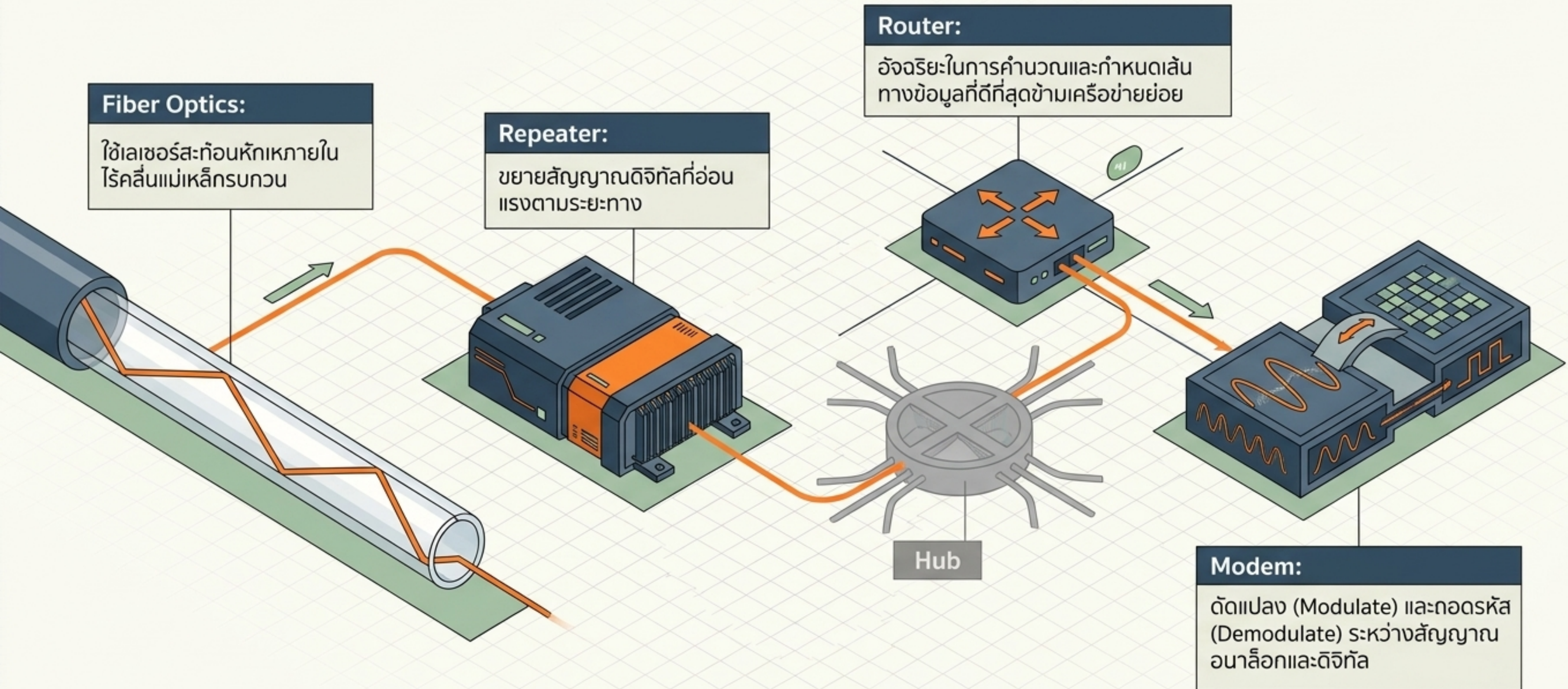
OOB (Out of Band)
- แตะ NFC เพื่อข้ามขั้นตอนค้นหาและเริ่มจับคู่ได้ทันที



PAN (Personal Area Network)
- สร้าง Virtual LAN เสมือนต่อสายแลนข้ามอุปกรณ์

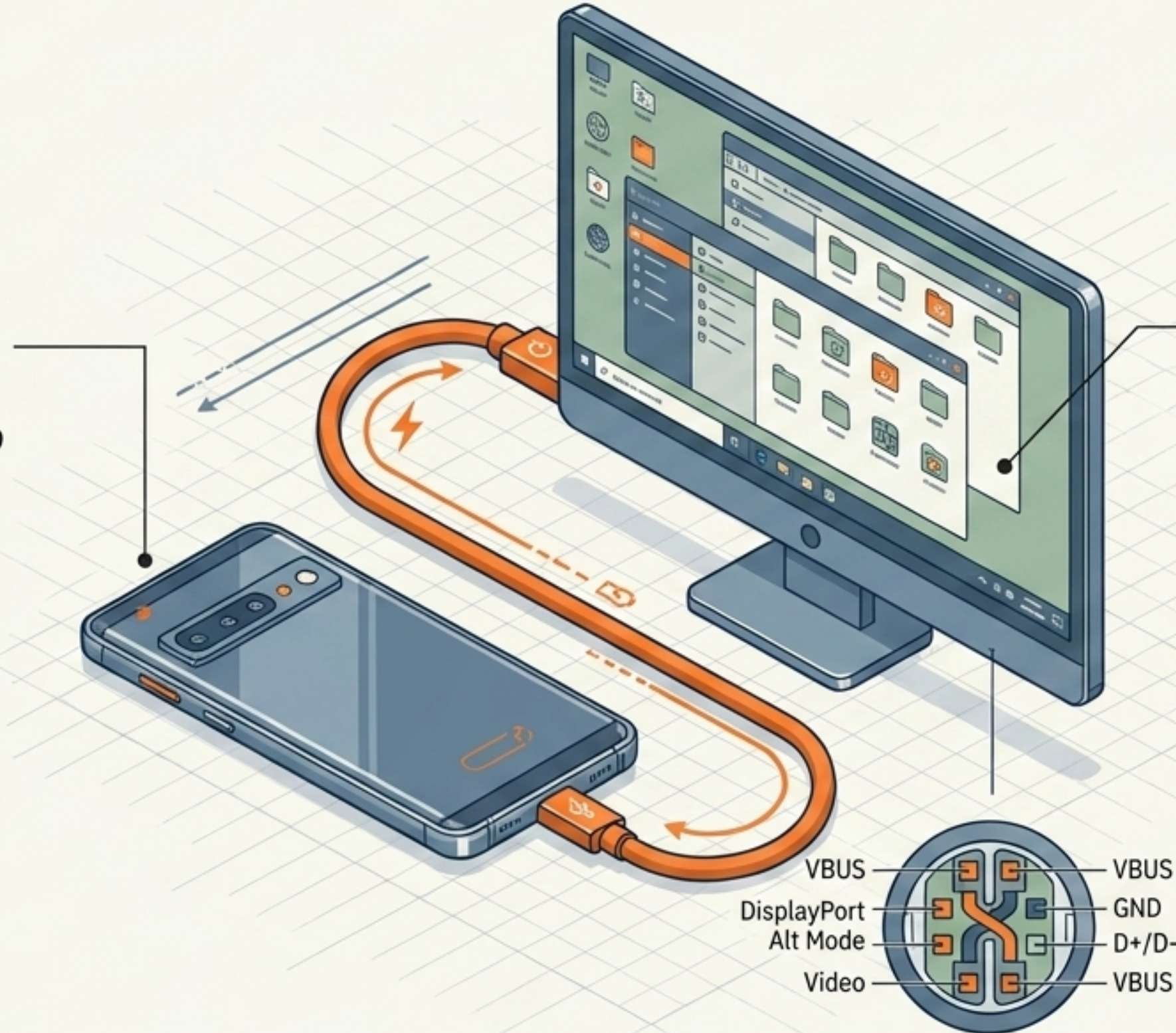


โครงสร้างพื้นฐานระดับมหภาค (Macro Network Infrastructure)



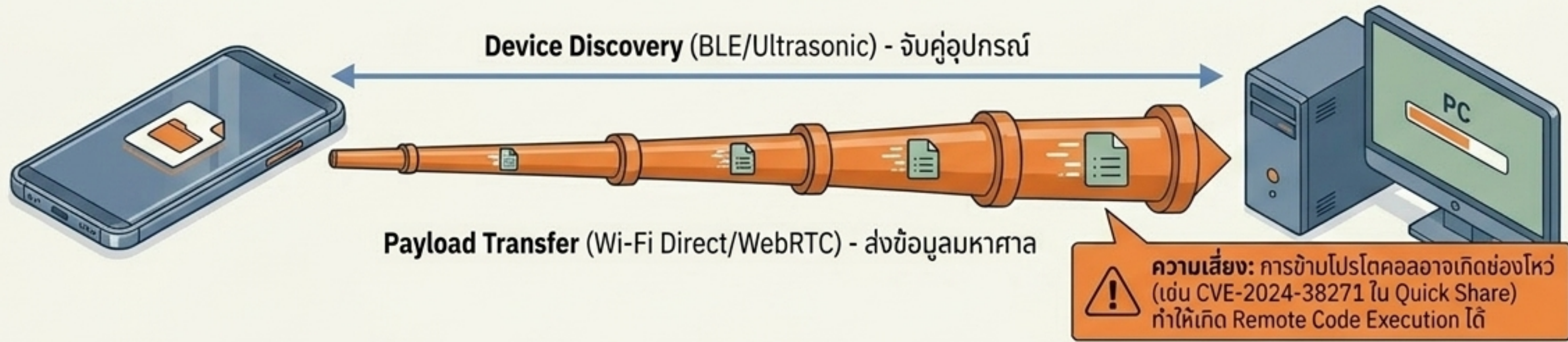
จุดบรรจบแห่งสถาปัตยกรรม: พรอมแดนที่สูญสลาย (Device Convergence)

กลไก **USB OTG (Dual-Role Devices)**: โทรศัพท์สลับบทบาทเป็น 'โฮสต์' จ่ายไฟและควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงได้โดยตรงผ่านโปรโตคอล HNP และ SRP

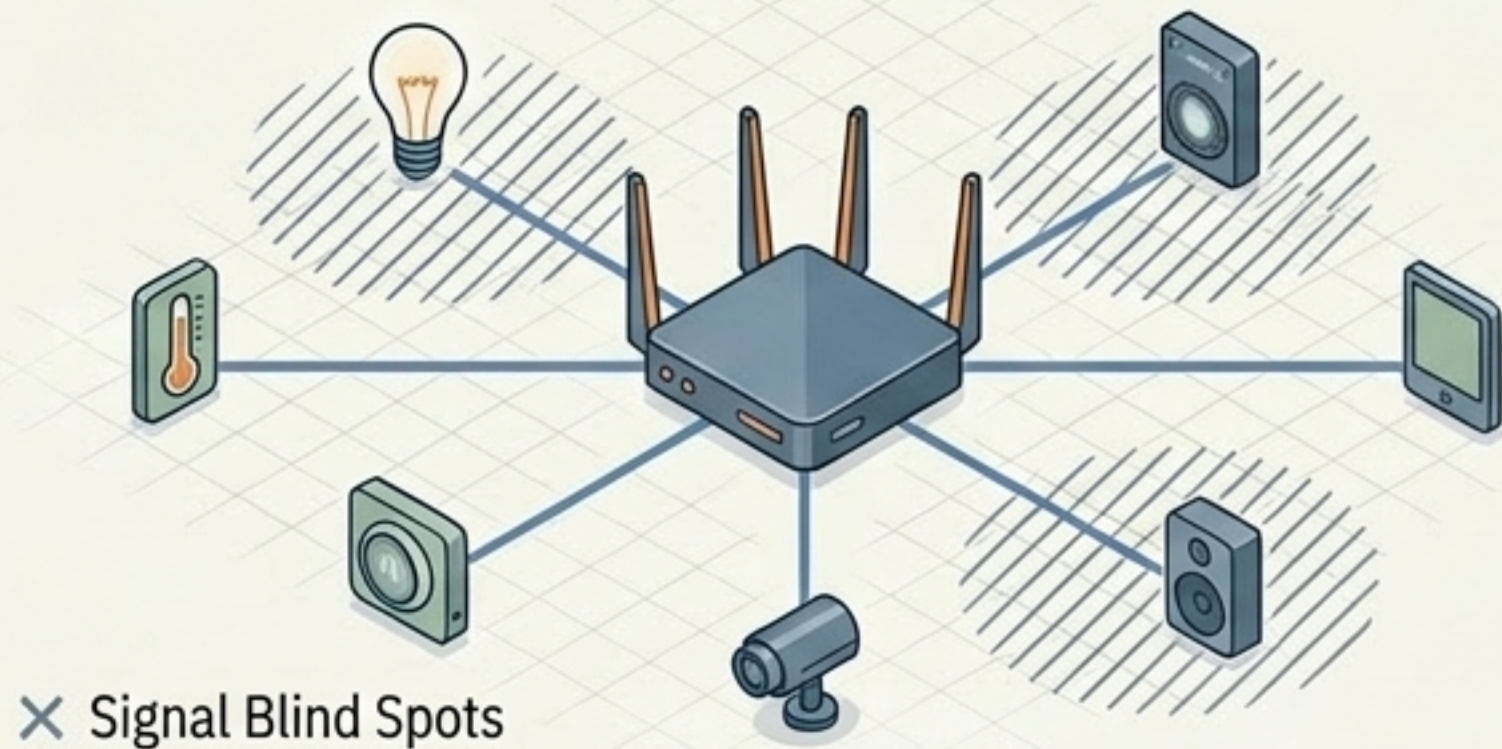


กลไก **DP Alt Mode**: จัดสรรพิน USB-C ใหม่ (Reconfigured) ให้ส่งมอบภาพดิบระดับ DisplayPort, ชาร์จแบตเตอรี่, และส่งข้อมูลคีย์บอร์ดพร้อมกันในสายเดียว เปลี่ยน SoC มือถือให้เรนเดอร์สภาพแวดล้อม Desktop สมบูรณ์แบบ (DeX)

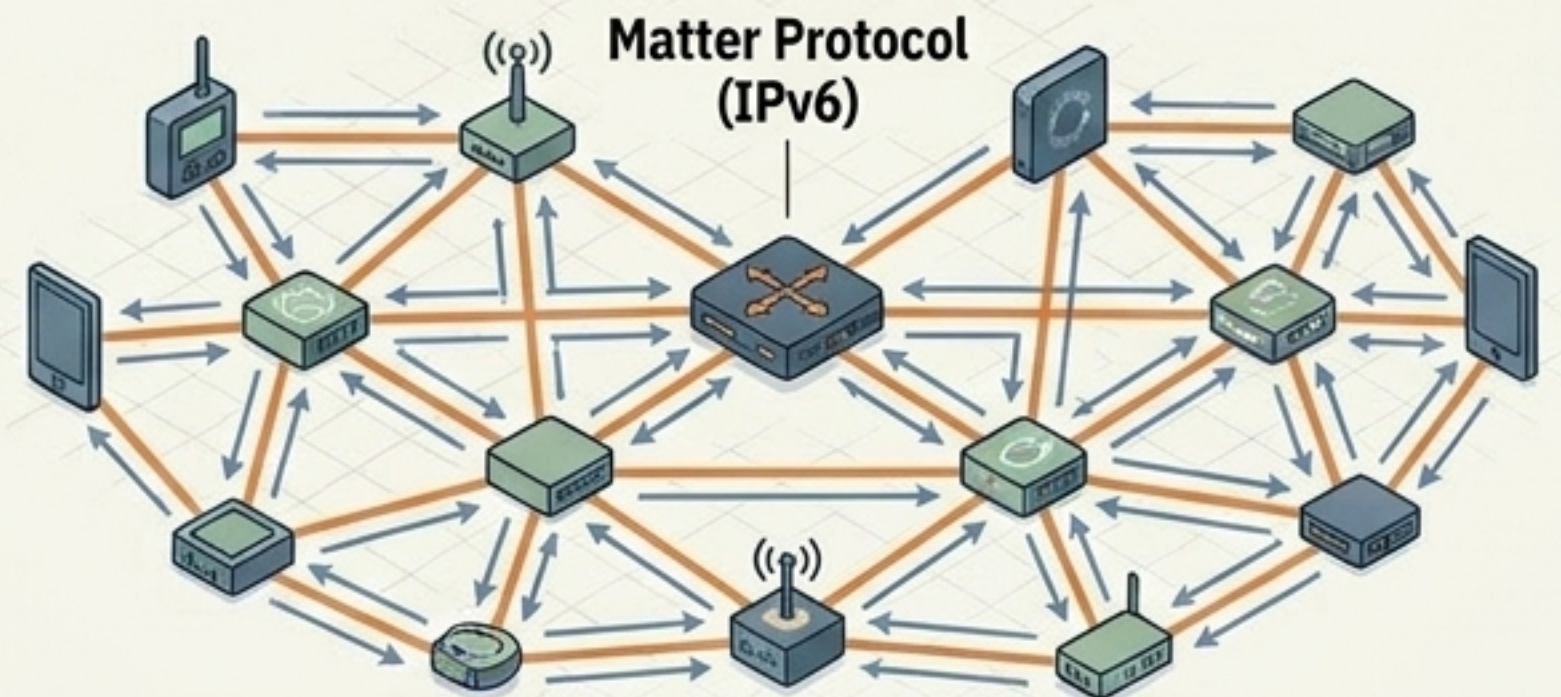
ระบบนิเวศไร้รอยต่อและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Cross-Device & IoT)



เครือข่ายดาว (Wi-Fi): พังพาศูนย์กลาง มีจุดบอดสัญญาณ



เครือข่ายตาข่าย (Thread / IEEE 802.15.4): อุปกรณ์ทำหน้าที่ทวนสัญญาณให้กันและกัน ใช้พลังงานต่ำ มี Matter เป็นภาษากลางระดับ IPv6



บทสรุปทิศทางวิศวกรรมระดับโลก (Macro Engineering Takeaways)



**ทลายขีดจำกัด
ความร้อน**

การเปลี่ยนผ่านจาก CISC สู่ SoC
RISC มุ่งเน้นประสิทธิภาพต่อวัตต์
อย่างไร้ที่ติโดยไม่ต้องสูญเสีย
พลังประมวลผล



**วิวัฒนาการสู่
เครื่องมือแพทย์**

อุปกรณ์พกพากระดับสูโครง
ขยายประสิทธิภาพหีส ผลาน 3D
Ultrasound และ PPG เพื่อ
วินิจฉัยสุขภาพเชิงคลินิกเบื้องต้น



**การพังทลายของ
พรมแดน**

การรวบรวมฮาร์ดแวร์ข้ามผ่าน
USB-C (DP Alt Mode / OTG)
ทำให้สมาร์ตโฟนกลายเป็นศูนย์
กลางการทำยานแทนเดสก์ท็อป



**โครงข่ายอัจฉริยะ
และความปลอดภัย**

โปรโตคอล Mesh (Matter/Thread)
สร้างเครือข่ายไร้จุดบอด
แต่เรือธงสถาปัตยกรรม
ป้องกันไอเบอร์ที่รัดกุมยิ่งขึ้น

