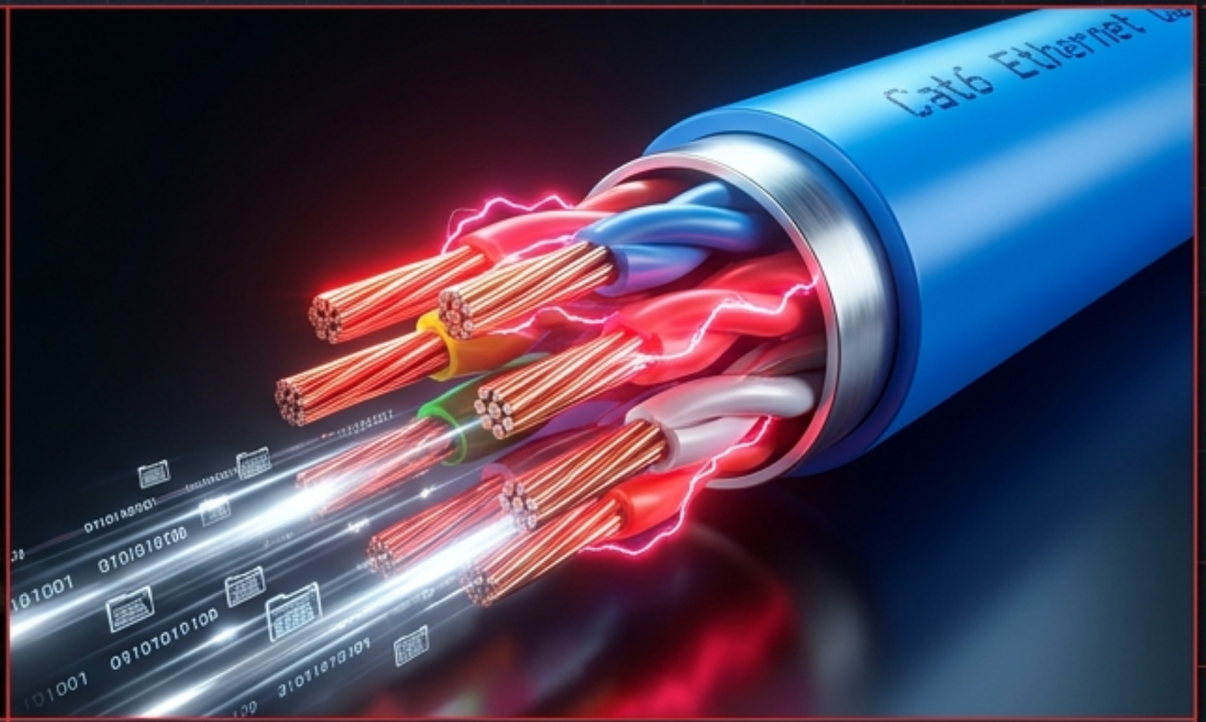
สถาปัตยกรรมและการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิด IP

(IP Camera & PoE Installation Architecture) เจาะลึกโครงสร้างเครือข่าย พลังงาน และการแก้ปัญหาขั้นสูง

นายจิโรจน์ แสงอ่อน
สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล
วิทยาลัยการอาชีพหลังสวน

NotebookLM

การก้าวข้ามขีดจำกัดด้วย Power over Ethernet (PoE)



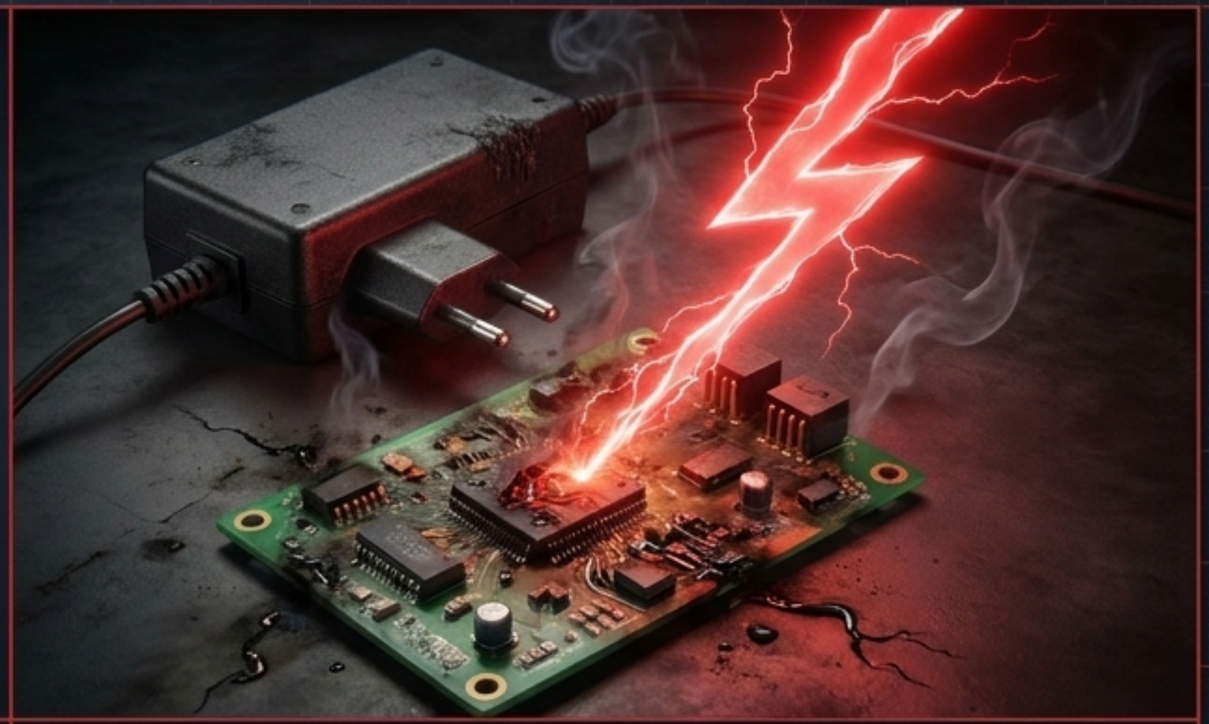
ยุคแอนะล็อก (อดีต): สาย Coaxial ส่งภาพ + สายไฟแยก = ต้นทุนสูงและซับซ้อน

ยุคดิจิทัล (ปัจจุบัน): สาย LAN (UTP) เส้นเดียว = ส่งข้อมูล (Data Packets) + กระแสไฟฟ้าตรง (DC Current) พร้อมกัน

ลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐาน และปลดล็อกอิสระในการติดตั้งทุกพื้นที่

NotebookLM

การเจรจาต่อรองพลังงาน: Active vs. Passive PoE



Active PoE (มาตรฐาน IEEE):

มีระบบ Handshake Protocol ตรวจสอบค่าความต้านทาน 25 กิโลโอห์ม ก่อนจ่ายไฟ 48V ปลอดภัยสูงสุดหากเสียบผิดอุปกรณ์

Passive PoE (ลดต้นทุน):

จ่ายไฟ 24V/48V ทันทีแบบตาบอด ไม่มีการตรวจสอบ **สถานะความเสี่ยงวิกฤต:** หากเสียบผิดพอร์ต อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไปจะแผงวงจรไหม้ทันที

NotebookLM

งบประมาณพลังงาน (PoE Power Budgets) และมาตรฐาน IEEE

power meter

Type 4 (High PoE): 100.0W
| ป้ายโฆษณาดิจิทัล / อุปกรณ์ขนาดใหญ่

Type 3 (PoE++ / IEEE 802.3bt): 60.0W
| กล้อง PTZ สมรรถนะสูงพร้อมไฟส่องสว่าง

Type 2 (PoE+ / IEEE 802.3at): 30.0W
| กล้อง PTZ ระดับเริ่มต้น / ระบบกันฝ้า

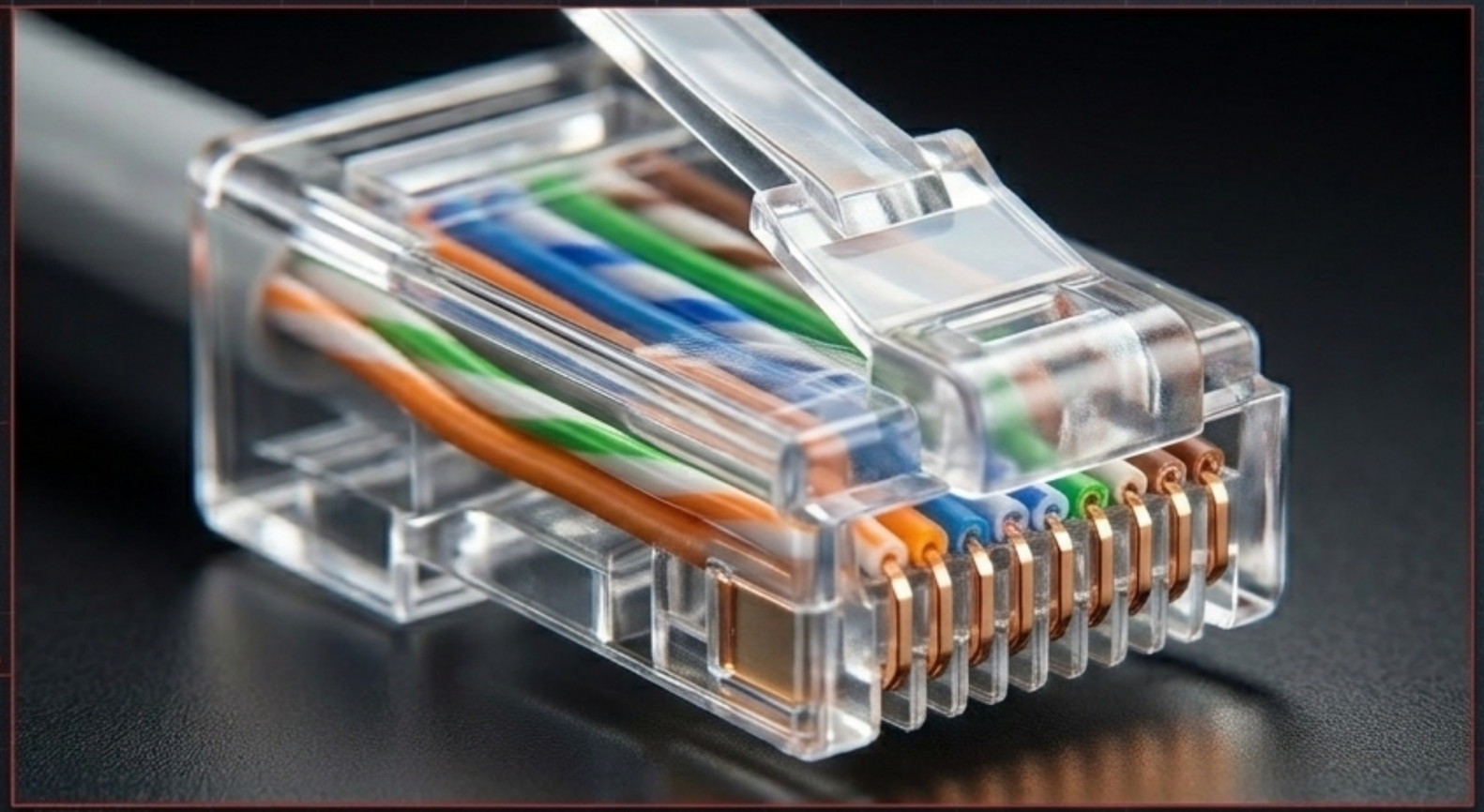
Type 1 (IEEE 802.3af):
15.4W | กล้อง IP
ความละเอียดพื้นฐาน

Engineering Warning Box: ⚠

ปรากฏการณ์แรงดันตก (Power Dissipation):
พลังงานเอาต์พุตจากสวิตช์
จะสูงกว่าพลังงานที่ปลายทางได้รับเสมอ
เนื่องจากการสูญเสียในสายทองแดง

NotebookLM

โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ: มาตรฐาน T568B



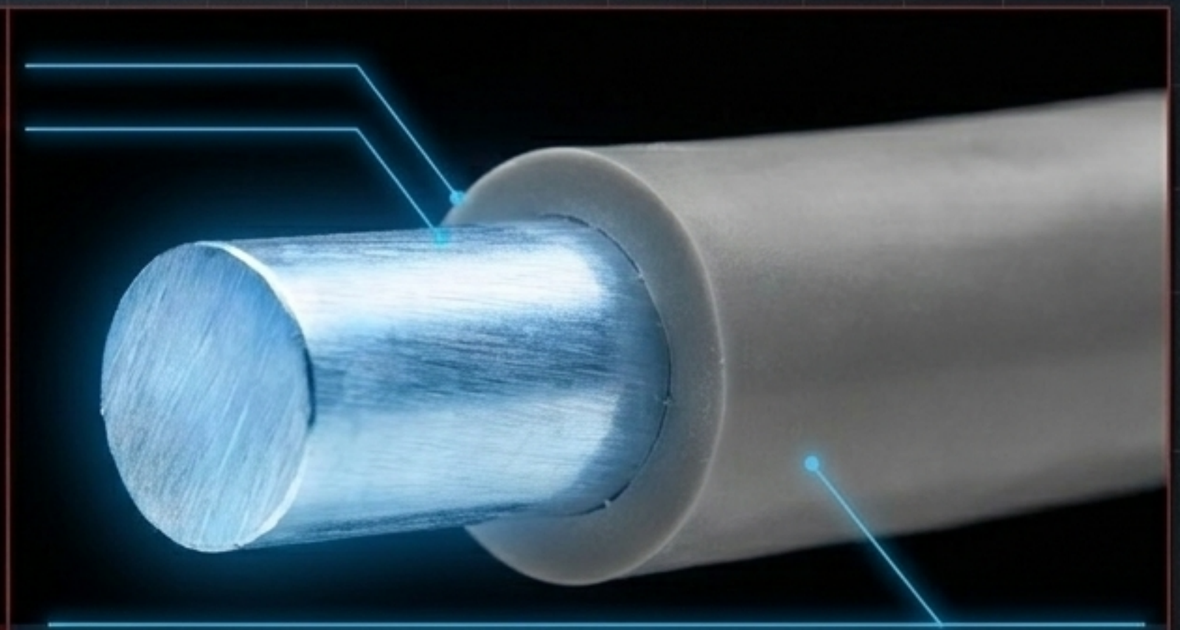
- ☑ **Auto MDI-X:** อุปกรณ์รุ่นใหม่ใช้สายแบบเดินตรง (Straight-through) ทั้งหมด
- ☑ **Quality Control:** ต้องใช้ LAN Tester ทดสอบพิน 1-8 ทุกครั้ง ป้องกันไฟกระโดดข้ามช่องก่อนจ่ายกระแสไฟ PoE จริงเข้าสู่ระบบ

1. ขาว-ส้ม | 2. ส้ม | 3. ขาว-เขียว | 4. น้ำเงิน | 5. ขาว-น้ำเงิน | 6. เขียว | 7. ขาว-น้ำตาล | 8. น้ำตาล

NotebookLM

วิกฤตการณ์สาย CCA (Copper-Clad Aluminum)

CCA (Copper-Clad Aluminum)



สายทองแดงแท้ (Solid Copper)

ความต้านทานสูง: อะลูมิเนียมต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าทองแดงถึง 55%

Voltage Drop รุนแรง: เสียแรงดันมากกว่า 3V ที่ 100 เมตร ทำให้กล้องปลายทางดับ

ความร้อนสะสม: อุณหภูมิสายทะยานสูง 20-30°C ภายใต้โหลด PoE ทำลายฉนวนและเสี่ยงอัคคีภัย

กลศาสตร์: เปราะบาง หักง่าย และเกิดออกไซด์ขัดขวางกระแสไฟฟ้า

NotebookLM

การทะลวงขีดจำกัด 100 เมตรด้วย Extend Mode

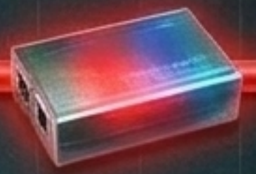
ข้อจำกัดทางฟิสิกส์ (100m):
การหน่วงเวลา (Propagation Delay)
และสัญญาณอ่อนกำลัง

ทางออก: Extend Mode (CCTV Mode):

1. **ปรับลดความเร็ว:** ลดจาก 1000/100Mbps เหลือ 10Mbps (เพียงพอสำหรับวิดีโอ 4MP)
2. **ทะลุระยะทาง:** ยืดระยะสาย LAN ได้ไกลสุด 250 เมตร
3. **เปิด Port Isolation (VLAN):** พอร์ตลูกข่ายคุยกันเองไม่ได้ ส่งข้อมูลตรงหา NVR เท่านั้น ป้องกัน Broadcast Storms

NotebookLM

สถาปัตยกรรมระดับองค์กร (Enterprise Scaling)



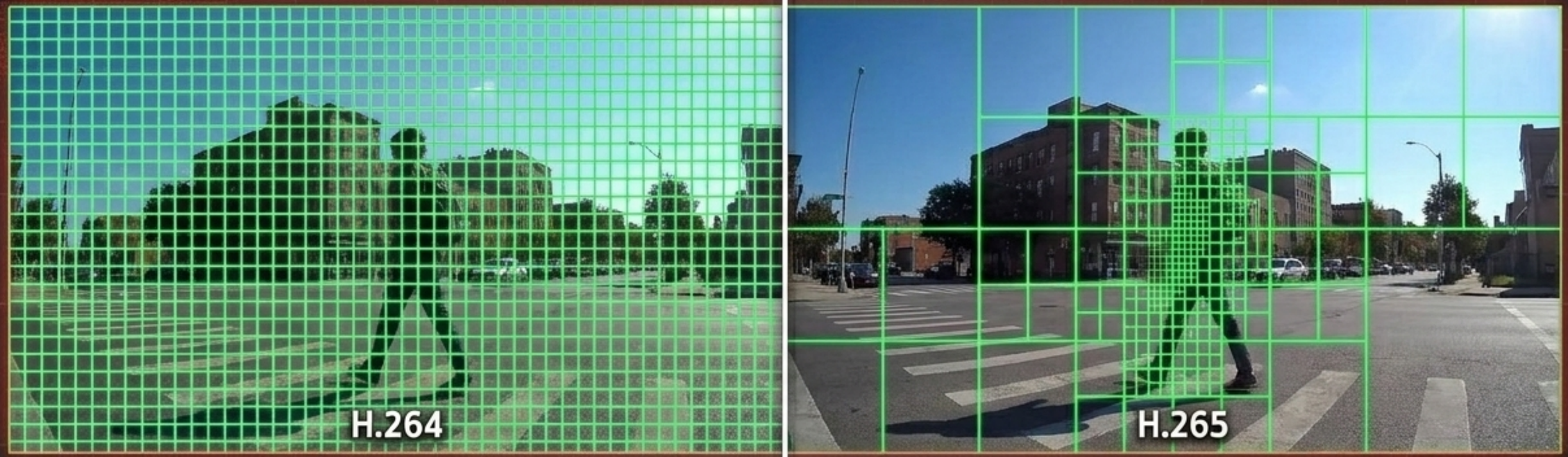
PoE Extender (Repeater): ดึงพลังงานบางส่วนมาฟื้นฟูสัญญาณ (Signal Regeneration) และขยายระยะทางแบบลูกโซ่

Media Converter

Fiber Optic Media Converters: เส้นใยแก้วนำแสง ทนทานต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) สมบูรณ์แบบ ลากได้ไกลหลายกิโลเมตร แต่ไม่ส่งไฟฟ้า จึงต้องมีแหล่งจ่ายไฟเฉพาะที่ (Local Power)

NotebookLM

คณิตศาสตร์ของการเข้ารหัสภาพ: H.264 ปะทะ H.265



H.264 (Macroblocks):
ตารางคงที่ขนาด 16x16 พิกเซล
บริโภคแบนด์วิดท์สูง

H.265 (HEVC / CTUs):
โครงสร้างต้นไม้ปรับขนาดได้ 4x4 ถึง 64x64 พิกเซล
โฟกัสเฉพาะวัตถุที่เคลื่อนไหว

ผลลัพธ์: H.265 ประหยัดแบนด์วิดท์และพื้นที่ฮาร์ดดิสก์ได้สูงสุดถึง **50%** ด้วยคุณภาพ 4K ที่เท่ากัน

NotebookLM

สถาปัตยกรรมการจัดการจราจร (Dual-Stream Topology)

Substream (สายธารย่อย): ลดความละเอียดและเฟรมเรต ส่งผ่าน 4G/5G สำหรับดูสด (Live View) บนมือถือ ป้องกันไม่ให้ CPU ของ NVR และเครือข่ายเกิดภาวะ Overload

Mainstream (สายธารหลัก):
ความละเอียดสูงสุด, บิต, บิตเรตสูงสุด
ส่งเข้าเครื่อง NVR เพื่อบันทึกเป็นพยานหลักฐานทางกฎหมาย

NotebookLM

วิศวกรรมเครือข่าย: Static IP และ VLAN

Static IP (พิกัดคงที่)

- ความเสี่ยงของ DHCP: หากไฟตก เราเตอร์จะสุ่มแจก IP ใหม่ ทำให้ NVR หากโกล้องไม่เจอและหยุดบันทึก
- การล็อกพิกัด (Static IP Configuration): ต้องกำหนด IP Address, Subnet Mask (255.255.255.0) และ Gateway (192.168.1.1) แบบสถิตถาวร

VLAN (เครือข่ายเสมือน)

VLAN (เครือข่ายเสมือน):
แยกท่อข้อมูลวิดีโอออกจากอินเทอร์เน็ตออฟฟิศ ป้องกันปัญหาคอขวดและตัดขาดความเสี่ยงทางไซเบอร์

NotebookLM

ทลายกำแพงแพลตฟอร์มด้วย ONVIF และ SADP

- **ONVIF:** ภาษาสากลของระบบกล้อง เปิดทางให้อุปกรณ์ข้ามค่าย (เช่น กล้องแบรนด์ A + เครื่อง NVR แบรนด์ B) คุยกันได้ ไร้รอยต่อ

- **SADP Tool (Search Active Devices Protocol):**
  - เครื่องมือแสกนหาระดับเลเยอร์ 2 (ผ่าน MAC Address)
  - พบกล้องได้แม้ยังไม่มี IP
  - ตั้งค่า IP, รหัสผ่าน แบบกลุ่ม (Batch) รวดเร็วในพริบตาโดยไม่ต้องเข้าเว็บบราวเซอร์ทีละตัว

NotebookLM

การวิเคราะห์ความล้มเหลว: ‘วัฏจักรการรีบูตวนซ้ำยามราตรี’

1. พลบค่ำ:
เซนเซอร์แสงทำงาน
สั่งเปิดโหมดกลางคืน

2. โหลดพลังงานพุ่งกระชาก:
หลอด IR LEDs ทำงาน
ดึงกระแสไฟฟ้าพุ่งสูงขึ้น 2-3 เท่า

3. แรงดันตก (Voltage Drop):
สาย CCA ต้านทานกระแสไฟ
ทำให้แรงดันตกต่ำกว่า 10V (จาก 12V)

4. ระบบล่ม & รีสตาร์ท:
กล้องดับ -> โหลดหายไป -> ไฟวิ่งกลับมา -> บูตเครื่องใหม่ -> เปิด IR -> ดับวนซ้ำไปเรื่อยๆ

NotebookLM

การวินิจฉัยความล้มเหลวเชิงกลของ NVR

ภาคจ่ายไฟเสื่อม (PSU Degradation):
ตัวเก็บประจุ (Capacitors) เสื่อมสภาพตามกาลเวลา ทำให้จ่ายไฟผันผวน เมนบอร์ดจะตัดไฟและรีบูตเพื่อป้องกันความเสียหาย

ระบบจานหมุนฮาร์ดดิสก์พัง (HDD Mechanical Failure):
การบันทึก 24/7 ทำให้เกิด Bad Sector เมื่อพื้นที่เต็มและหัวอ่านพยายามเขียนทับส่วนที่พัง จะเกิดภาวะ Kernel Panic ทำให้ NVR ค้างและรีสตาร์ทตัวเอง

NotebookLM

สถาปัตยกรรมระดับภูมิภาคและการประเมินระบบ

ระดับที่อยู่อาศัย (Home)	กล้อง 2-4 ตัว | ระบบพื้นฐาน P2P	งบประมาณ 6,900 - 19,900 บาท
ธุรกิจขนาดย่อม (SMB / ร้านค้า)	กล้อง 4-8 ตัว | บังคับใช้ Static IP & แยก Substream	18,900 - 49,900 บาท
อุตสาหกรรม (Enterprise / โกดัง)	สเกลใหญ่ซับซ้อน | ต้องใช้ Fiber Optic, VLAN และ Rack Cabinets	(ประเมินตามหน้างานจริง)

เสถียรภาพของระบบกล้องวงจรปิด ไม่ใช่แค่การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์
แต่คือผลงานวิศวกรรมเครือข่ายขั้นสุดยอดที่ไม่อาจประนีประนอม

NotebookLM