

ภาพรวมการใช้งานระบบ Chiller Plant Manager System (CPMS) ในประเทศไทยและต่างประเทศ และระบบ Cloud การเก็บข้อมูล



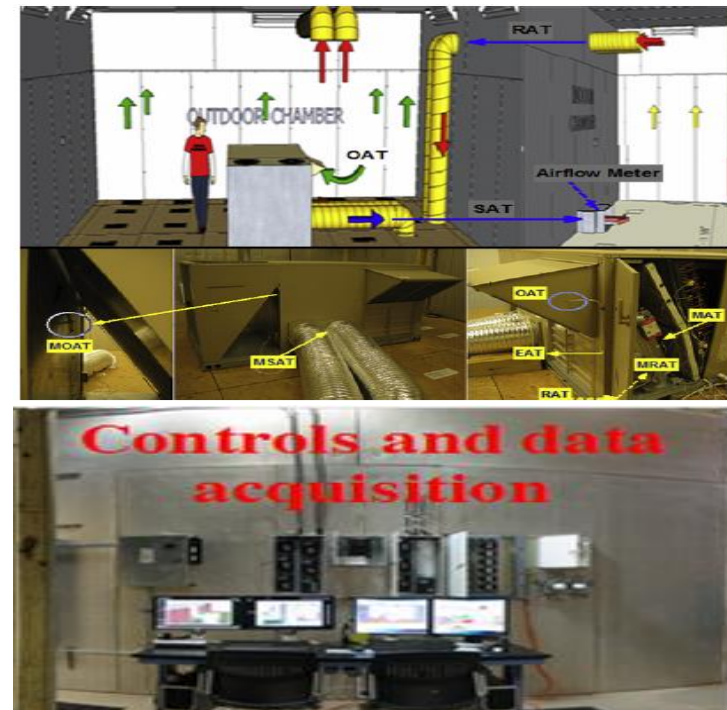
ผศ. ดร. เด่นชัย วรเดชจำเริญ

Head and Founder of Intelligent Building Collaboration (IBC) Research Unit

Sripatum University

Study and Research Backgrounds

The Nebraska Building Environment and Energy Engineering Research Group (N-BE³RG) is a group of faculty and graduate students who research topics related to high-performance buildings. Our focus is specifically on the mechanical systems in buildings and the indoor environment that they control. We meet every two or three weeks to hear a formal presentation by a researcher, and then discuss the research with the presenter. N-BE³RG was started in November 2014.



Smart Building Systems

ASHRAE Technical Committee 7.5

Wednesday, June 17, 2020	Link
3:00 PM - 3:45 PM FDD	Zoom Link
3:45 PM - 4:30 PM Enabling Technologies	Zoom Link
4:30 PM - 5:15 PM Smart Grid	Zoom Link
5:15 PM - 6:00 PM Handbook	Zoom Link



วุฒิศึกษา :
ปริญญาเอก : Ph.D. in Architectural Engineering:
University of Nebraska - Lincoln, USA in 2015

ปริญญาโท : M. Eng in Mechanical Engineering:
Chulalongkorn University, Thailand in 2009

ปริญญาตรี : B. Eng in Mechanical Engineering:
Chulalongkorn University, Thailand in 2005
ความเชี่ยวชาญ

มีความเชี่ยวชาญทางด้าน Fault detection and diagnosis, Advanced control in HVAC&R, Building data analytics, Virtual sensing and modeling, building simulation platform สำหรับระบบอาคารอัจฉริยะ มากกว่า 10 ปี

พัฒนาระบบวินิจฉัยระบบปรับอากาศแบบอัตโนมัติ (AFDD), ผู้พัฒนาระบบ IoT เพื่อส่งเสริมกระบวนการ monitoring based Commissioning (MBCx)

หน้าโครงการวิจัย

พัฒนาระบบควบคุมและแนวทางการสร้างมาตรฐานการใช้งานระบบอาคารอัตโนมัติสำหรับการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ด้วย EMIS tool - ระยะที่ 1 ทุน กฟผ - สกว ปี 2562 - 2563

Intelligent Building Collaboration (IBC) Research Unit

Established since 2015 by engineers with expertise in HVAC and advanced telecommunication. We transform building data into meaning full analytics and advantage resolutions to not only optimize building operation but also keep satisfy thermal environmental comfort



Our service solutions for buildings and factories



Consulting

- Monitoring based commissioning (MBCx)
- LEED EBOM
- Energy Audit
- Sustainable building consultant



Digital Doctor Energy Platform

- Building big data
- Automated Fault Detection and Diagnostics
- Intelligent self recovery
- Auto optimization for HVACs
- Smart advisory report



IoT sensor network

- Building application
- Food factory application



Experiences for Smart HVAC&R (5-years research in Thailand)

- อาคารอัจฉริยะ โดยเฉพาะด้าน ระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ มากกว่า 10 ปี
- พัฒนาระบบวินิจฉัยระบบปรับอากาศแบบอัตโนมัติด้วย AI platform
- พัฒนาระบบ IoT and Monitoring based Commissioning (MBCx) for all type HVAC systems

Projects

- การพัฒนากระบวนการและแนวทางการสร้างมาตรฐานการใช้งานระบบอาคารอัตโนมัติสำหรับการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ด้วย EMIS tool – ระยะที่ 1 ทน กฟผ – สกว ปี 2562 – 2563
- ASHRAE RP 1615 – Fault Diagnostics for supermarket systems (USA)
- ASHRAE RP 1486 – Fault diagnostics for a chiller system (USA vs. THA)
- ไอโอทีแพลตฟอร์มอัจฉริยะสำหรับระบบควบคุมของระบบปรับอากาศหลายเครื่องสำหรับอาคารพาณิชย์ขนาดเล็กถึงกลาง (Control)
- ระบบควบคุมเพื่อการฟื้นฟูประสิทธิภาพระบบปรับอากาศขนาดใหญ่แบบอัตโนมัติ (Control)
- ต้นแบบการปรับปรุงระบบอาคารอัตโนมัติแบบ Non-invasive ด้วยวิธีความสัมพันธ์ (Diagnostics)
- ต้นแบบอาคารอัจฉริยะเพื่อการวินิจฉัยความผิดปกติของระบบчилเลอร์อัตโนมัติ (Diagnostics)
- การพัฒนามาตรฐานการคอมมิชชันนิ่งด้วยระบบตรวจวัด (Monitoring for Commissioning (Cx))
- การออกแบบมาตรฐานระบบวินิจฉัยความผิดพลาดระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (Diagnostics standard)
- การสร้างฐานข้อมูลออนไลน์ระบบปรับอากาศจากระบบอัตโนมัติให้ประเทศไทย Phase II (Big data for diagnostics)

Current Status of Building Technologies

Global Market Insights
Insights to innovation.

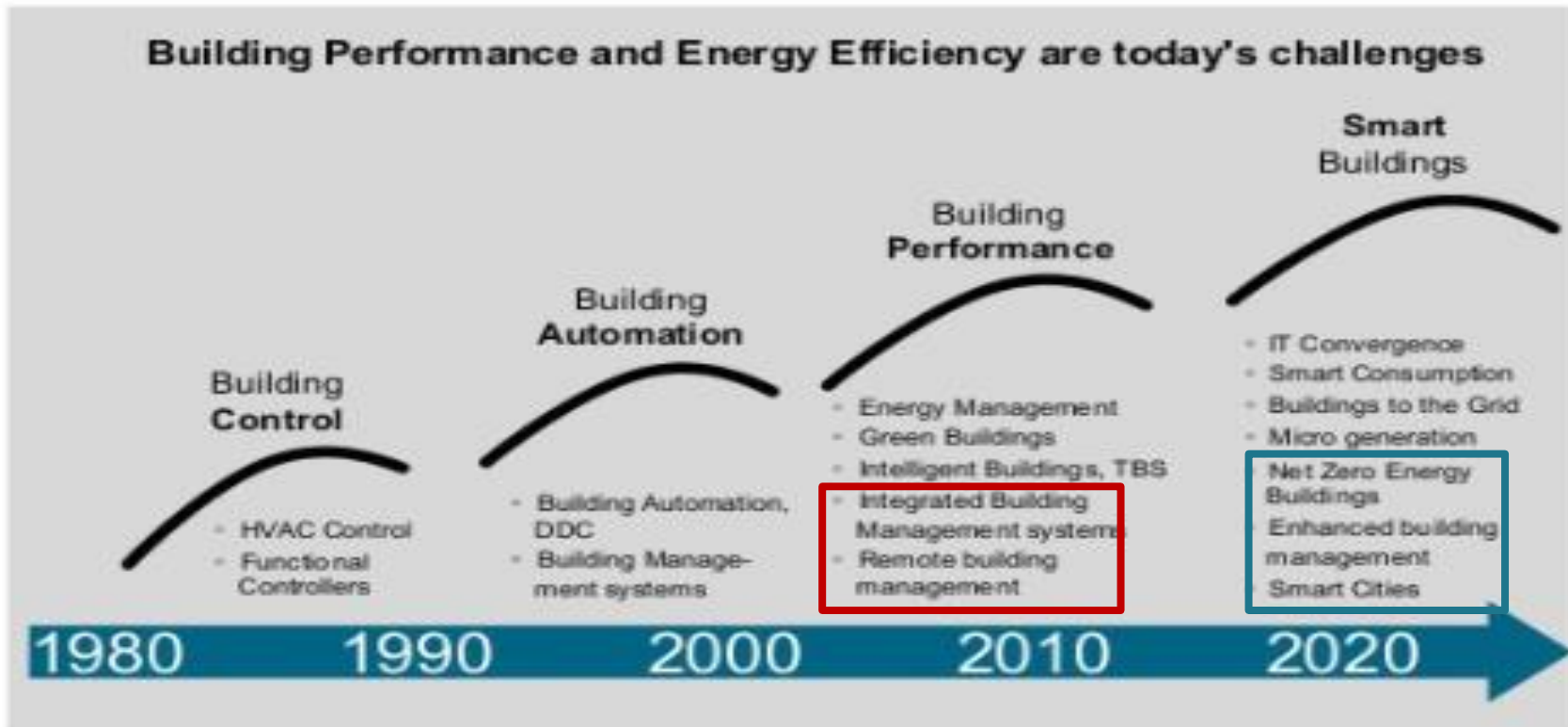
ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (EMS) MARKET



Current Status of Building Technologies

SIEMENS

Evolution of Building Management



<https://www.slideshare.net/liegecreative/smart-buildings-in-smart-cities-par-serge-molinari>.

BAS backgrounds – ROI < 2 years

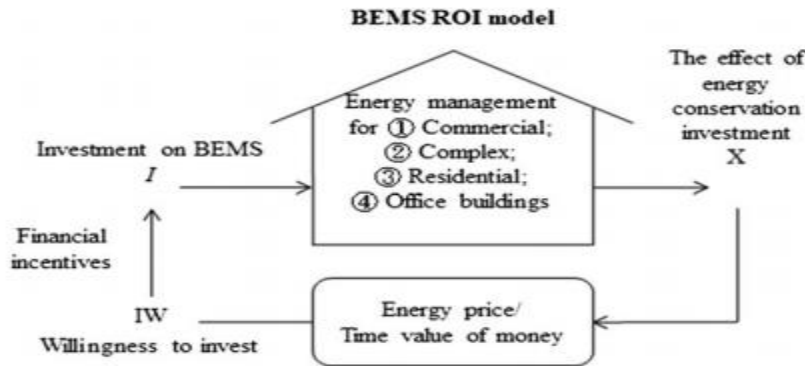
Received: 7 April 2018 | Revised: 11 June 2018 | Accepted: 17 June 2018
 DOI: 10.1002/er.4159

REVIEW PAPER

WILEY ENERGY RESEARCH

Return on investment of building energy management system: A review

Chin-Chi Cheng  | Dasheng Lee 



For commercial buildings, technology progress yields payback periods of BEMS decreased from 5.4 yrs to 0.7 yr. ($P = 0.002 < 0.05$)

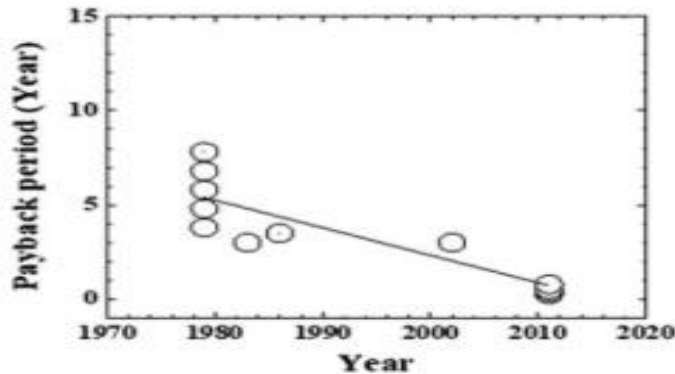


FIGURE 2 Payback periods of building energy management system (BEMS) for commercial buildings

For compound buildings, technology progress yields payback periods of BEMS decreased from 3.74 yrs to 1.8 yrs. ($P = 0.041 < 0.05$)

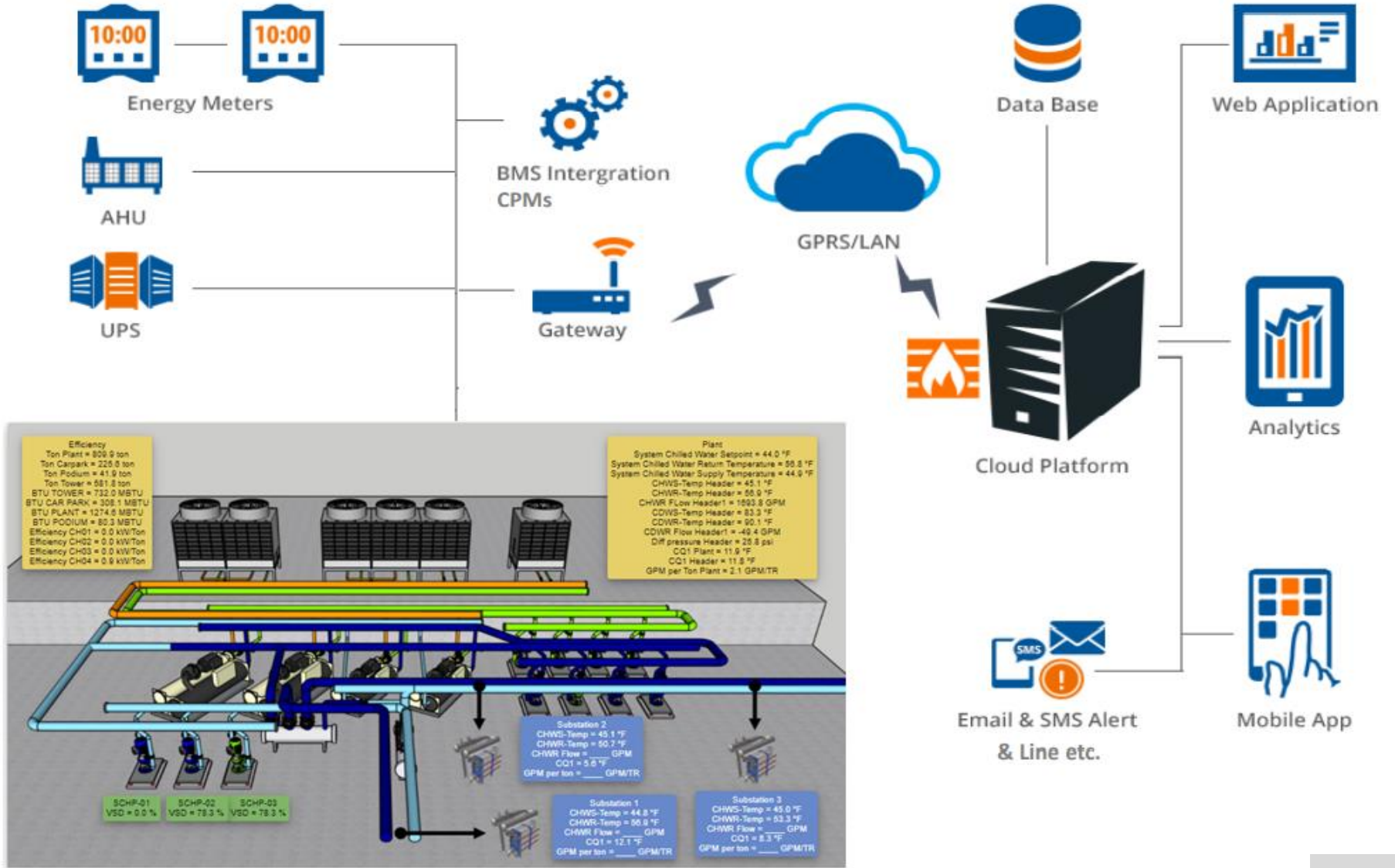
Technologies (1980 - 2010)

- Schedule control of central plant system
- Thermal comfort ตามมาตรฐานอาคาร
- Variable speed control (VSD)
- Occupant-based control ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้า
- การควบคุมระบบแสงสว่าง

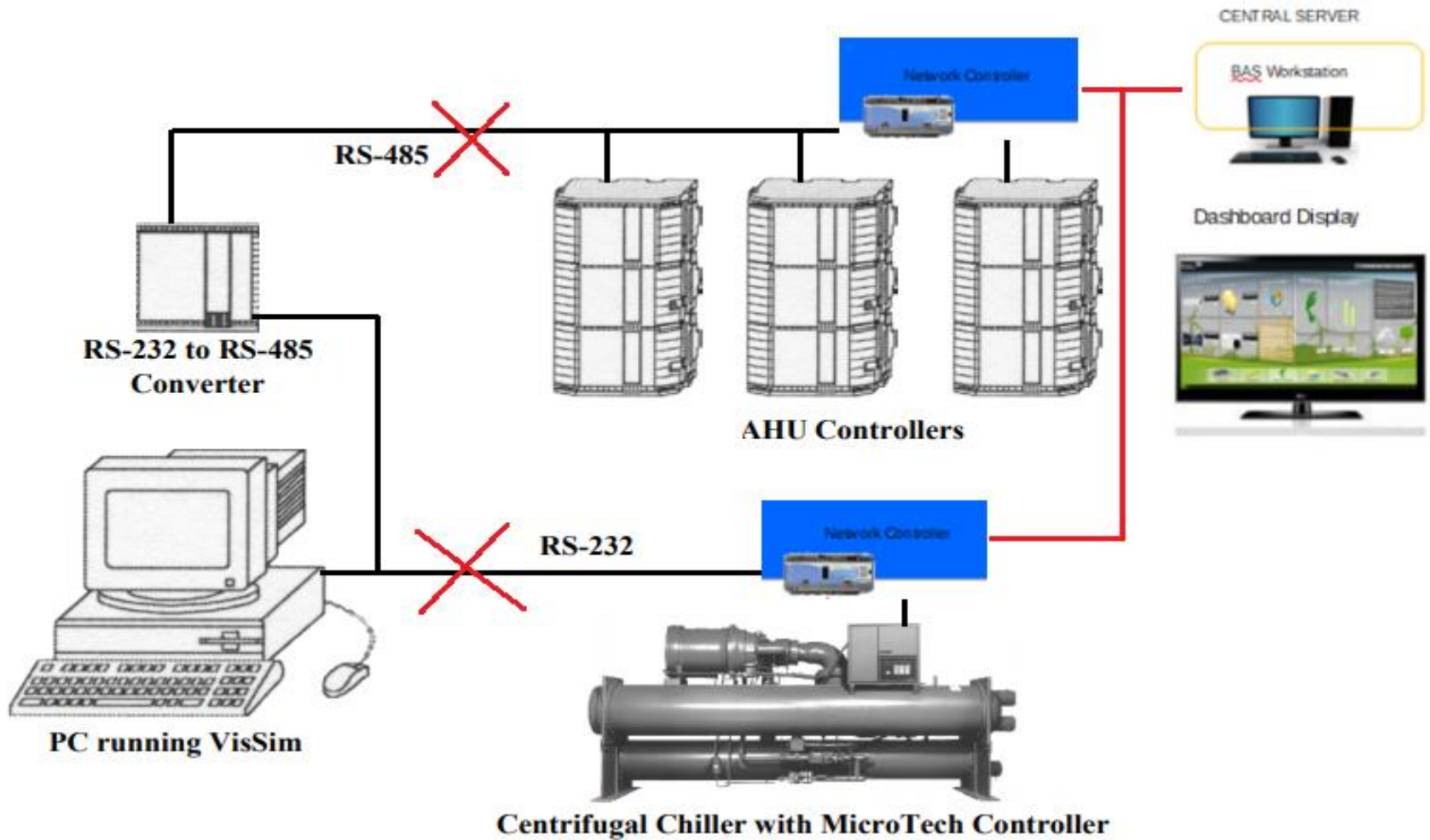
ROI (Return of investment)

- 1980: 5 – 8 years
- 2010: reduced from 5.4 to 0.7 years
- How?

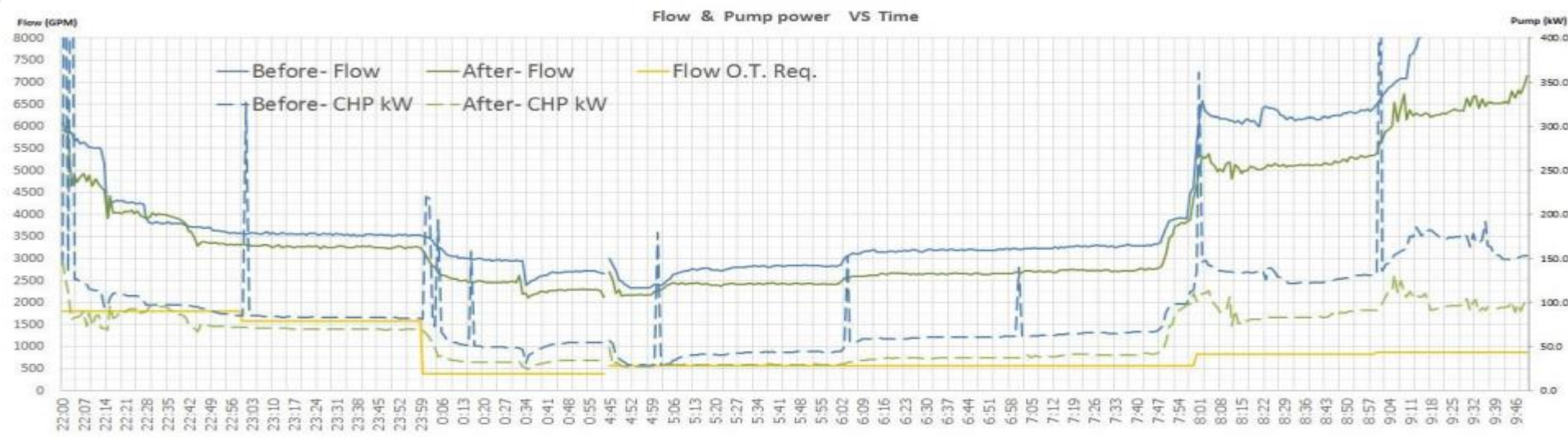
Current Status of Building Technologies (IP controller)



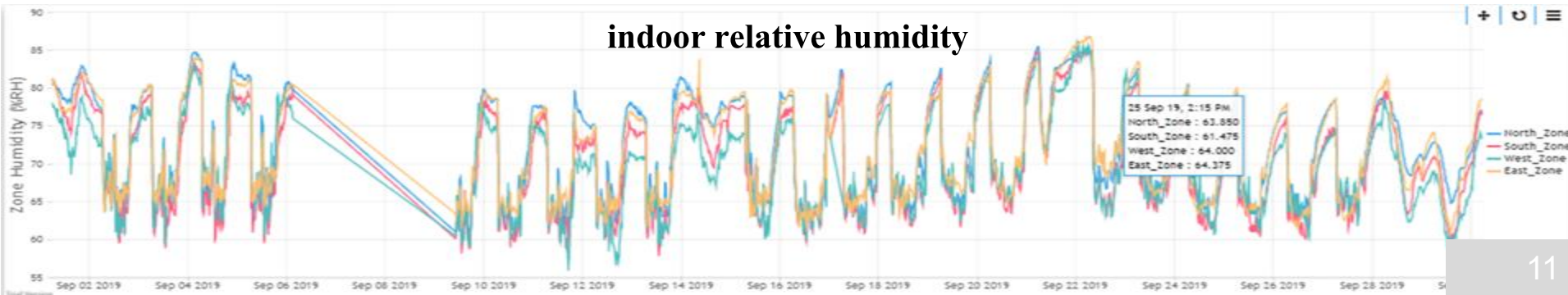
Current Status of Building Technologies (RS485)



ปัจจุบันใช้กันอย่างไร - การอบรมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



ปรับปรุงระบบ cooling tower pump โดยไม่คำนึงความเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น



From world market > 40 ปี

- ตลาด BAS มากกว่า 65% เป็นกลุ่มประเทศที่พัฒนา
- ความคุ้มทุนที่ชัดเจนน้อยกว่า 2 ปี
- 4 – 5 Technologies being similar to Thai Market

สรุปปัจจัยที่ไม่ได้ทำการพูดถึงและหาข้อมูลสนับสนุน

- มาตรฐานและข้อบังคับการติดตั้งระบบ BMS ในอาคารเขียว
- ลักษณะและความสามารถของผู้ดูแลระบบ
- non-commissioning
- BAS ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 3 ระบบอย่างน้อย (chiller plant manager (CPM), BAS and EMS)

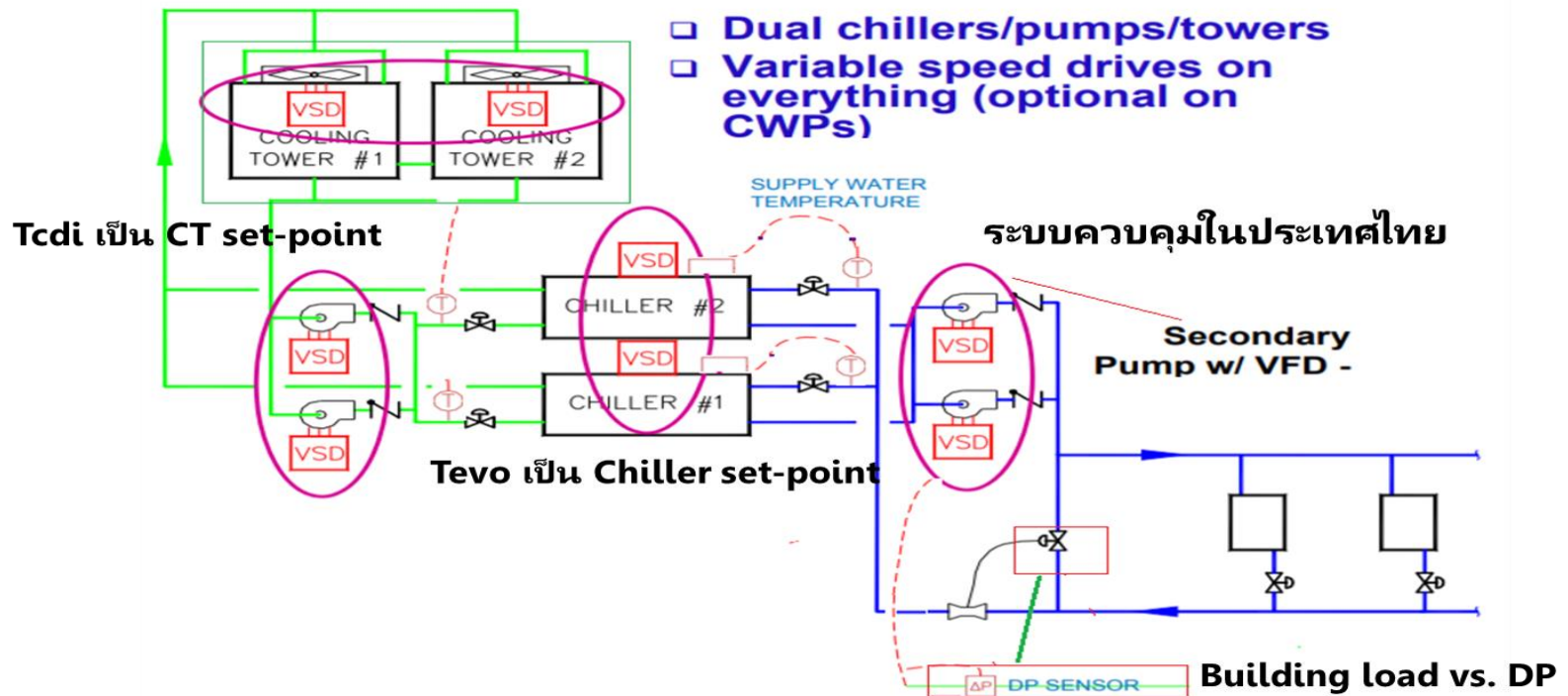
สรุปปัญหา จากการสำรวจ 30 อาคาร

ด้านคน :

- ไม่ได้ถูกอบรมและเลือกใช้ให้เหมาะกับงาน
- ขาดกระบวนการส่งเสริมสนับสนุน

แบ่ง 3 ระดับ ผู้ดูแล – Bank of Thailand

1. ช่างชำนาญ - ระบบ BAS พื้นฐาน
2. ช่างชำนาญการพิเศษ - ความผิดปกติส่วนความผิดปกติ - เพื่อแก้ไขกระบวนการ
3. วิศวกรผู้วิเคราะห์ภาพรวมของปัญหาจากการใช้ข้อมูลระบบ BAS



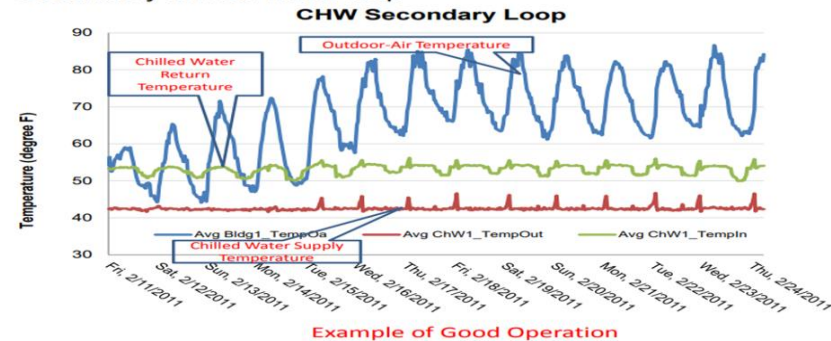
สรุปปัญหา จากการสำรวจ 30 อาคาร

ด้านเทคโนโลยี:

- ระดับความเร็ว CPMS และฟังก์ชันการใช้งาน
- ปัญหาการ commissioning ที่ขาดระเบียบวิจัยสนับสนุน
- ฟังก์ชันการเก็บข้อมูลไม่ได้ถูกใช้ (trended historical data)
- การเลือก CPMS ให้เหมาะสมกับผู้ใช้

	A	B	C	D	E	F	G
Apr 8, 2019 10:45:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 10:30:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 10:15:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 10:00:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 09:45:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 09:30:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 09:15:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 09:00:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 08:45:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 08:30:00 PM ICT	---	---	---	---	---	0.00%	47.0 °F
Apr 8, 2019 08:15:00 PM ICT	---	---	---	---	---	53.70%	47.0 °F
Apr 8, 2019 08:00:00 PM ICT	---	---	---	---	---	61.10%	47.0 °F
Apr 8, 2019 07:45:00 PM ICT	---	---	---	---	---	63.70%	47.0 °F
Apr 8, 2019 07:30:00 PM ICT	---	---	---	---	---	64.10%	47.0 °F

Secondary chilled water loop



ความเร็ว CPMS และฟังก์ชันการใช้งาน

Chiller Plant Point Lists		
โครงการเจ้าพระยาชลอมและประเมิณระบบบริหารอาคารและอาคารอัตโนมัติด้วย EMS tool (TRF)		
อาคาร SYM วันที่ 11/08/2020		
ตัวแปรที่ต้องการ	ตัวแปรที่ SYM มี	ตัวแปรที่ SYM มี
ตัวแปร chiller plant		
- Chiller Plant Setpoint Temp	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	1. ขอ Armstrong/Venco ตั้งค่า (Historical Assignment) เพื่อ Log ด้วยความถี่ไม่เกิน 15 นาที และเริ่มตั้งแต่ 0, 15, 30, 45 เท่านั้น (Log ต่ำกว่า 15 นาที ได้แต่ขอให้สามารถ Trend หรือ Export ค่าได้ที่มีความถี่ไม่มากกว่า 15 นาที) 2. การจัดเก็บต้องสามารถ Export ค่าในรูปแบบ txt หรือ CSV"
- Chiller Plant Chilled Water Leaving Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Chilled Water Entering Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Chilled Water Flow (Main Header)	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Condenser Water Leaving Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Condenser Water Entering Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Diff Pressure	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	
- Chiller Plant Ton Plant	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	
- Chiller Plant Kw Plant	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant kW/Ton Plant	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	
- Chiller Plant Ambient Temperature	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Ambient Humidity	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	
- Chiller Plant Wet-Bulb	ขอให้ Log เพิ่มเดิม	

การเลือก CPMS ให้เหมาะสมกับผู้ใช้

ENERGY AND ATMOSPHERE

EA PREREQUISITE: ENERGY EFFICIENCY BEST MANAGEMENT PRACTICES Required

To promote continuity of information to ensure that energy-efficient operating strategies are maintained and provide a foundation for training and system analysis.

ESTABLISHMENT

Conduct an energy audit that meets both the requirements of the ASHRAE preliminary energy use analysis and an ASHRAE Level 1 walk-through assessment identified in the ASHRAE Procedures for Commercial Building Energy Audits or equivalent.

Prepare and maintain a current facilities requirements and operations and maintenance plan that contains the information necessary to operate the building efficiently. The plan must include the following:

- a current sequence of operations for the building;
- the building occupancy schedule;
- equipment run-time schedules;
- setpoints for all HVAC equipment;
- setpoints for lighting levels throughout the building;
- minimum outside air requirements;
- any changes in schedules or setpoints for different seasons, days of the week, and times of day;
- a systems narrative describing the mechanical and electrical systems and equipment in the building; and
- a preventive maintenance plan for building equipment described in the systems narrative.

EA PREREQUISITE: MINIMUM ENERGY PERFORMANCE Required Intent

To reduce the environmental and economic harms associated with excessive energy use by establishing a minimum level of operating energy performance.

ESTABLISHMENT

Calibrate meters within the manufacturer's recommended interval if the building owner, management organization, or tenant owns the meter. Meters owned by third parties (e.g., utilities or governments) are exempt.

PERFORMANCE

Meter the building's energy use for a full 12 months of continuous operation and achieve the levels of efficiency set forth in the options below. Each building's energy performance must be based on actual metered energy consumption for both the LEED project building(s) and all comparable buildings used for the benchmark.

Case 2. Projects Not Eligible for ENERGY STAR Rating

Projects not eligible to use EPA's rating system may compare their buildings' energy performance with that of comparable buildings, using national averages or actual buildings, or with the previous performance of the project building.

Option 1. Benchmark against Typical Buildings

Path 1. National Average Data Available

Demonstrate energy efficiency performance that is 25% better than the median energy performance of similar buildings by benchmarking against the national source energy data provided in the Portfolio Manager tool.

Option 2. Benchmark against Historical Data

If national average source energy data are unavailable, compare the building's site energy data for the previous 12 months with the data from three contiguous years of the previous five, normalized for climate, building use, and occupancy. Demonstrate a 25% improvement.

Case 1. ENERGY STAR Rating

For buildings eligible to receive an energy performance rating using the Environmental Protection Agency (EPA) ENERGY STAR® Portfolio Manager tool, achieve an energy performance rating of at least 75. For projects outside the U.S., consult ASHRAE/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010, Appendixes B and D, to determine the appropriate climate zone.

- **Baseline energy from DOE data without thermal comfort consideration**

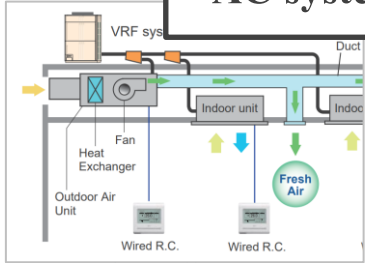
Non-integrated BAS

CPM – Chiller Plant Manager


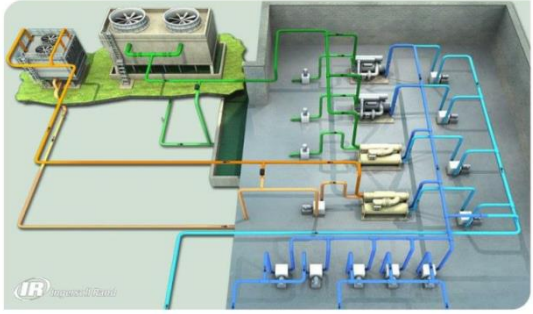


Chiller plants

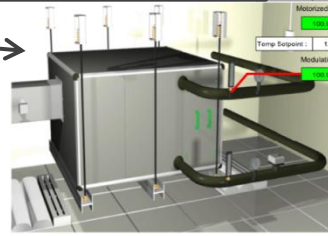
AC systems



Central Monitoring/
Energy management
-BMS integrated

BEMS



P-PAU-052

PAU with DOL

Main Air condition

Floor Plan

Setpoint : 600.0 ppm

Microgrid Controller

Temp Setpoint : 12.0 °C

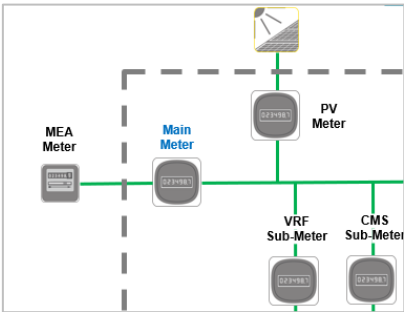
Modulating Valve

Start/Stop Status :	Stop
Switch Mode :	Auto
Trip Alarm Status :	Normal
Ambient Temp :	24.9 °C
Ambient Humidity :	81.8 % RH
Supply Temp :	19.5 °C
Supply Humidity :	64.1 % RH
CO2 Sensor :	495.0 ppm
Run Time Status :	1137 Hours
Reset Run Time :	Normal

Program Start/Stop

Logging Data

BAS – building Automation System



Energy metering

EMS – Energy Management System
or Energy Information System (EIS)

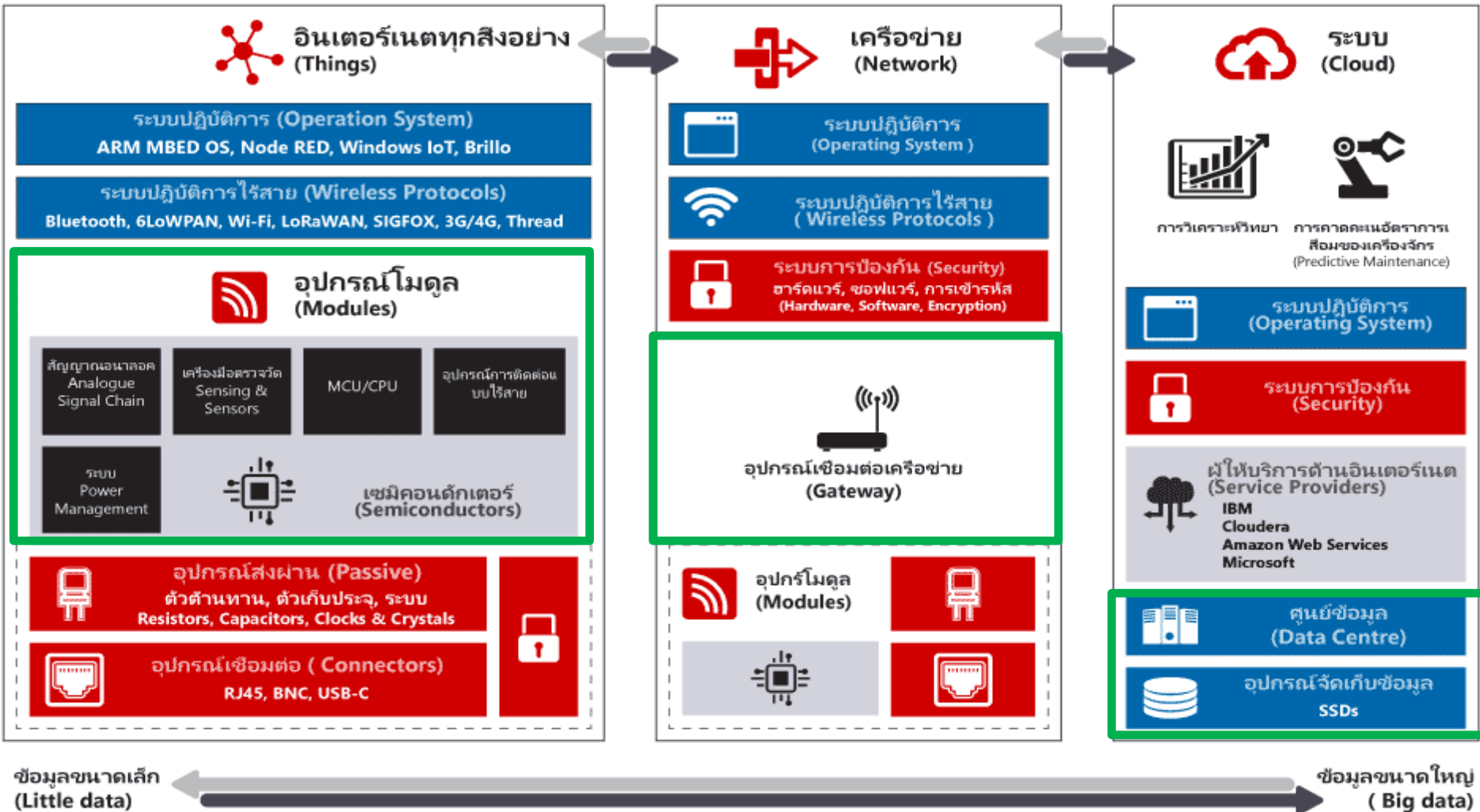
.CSV, .sql, .xls, .txt, etc.



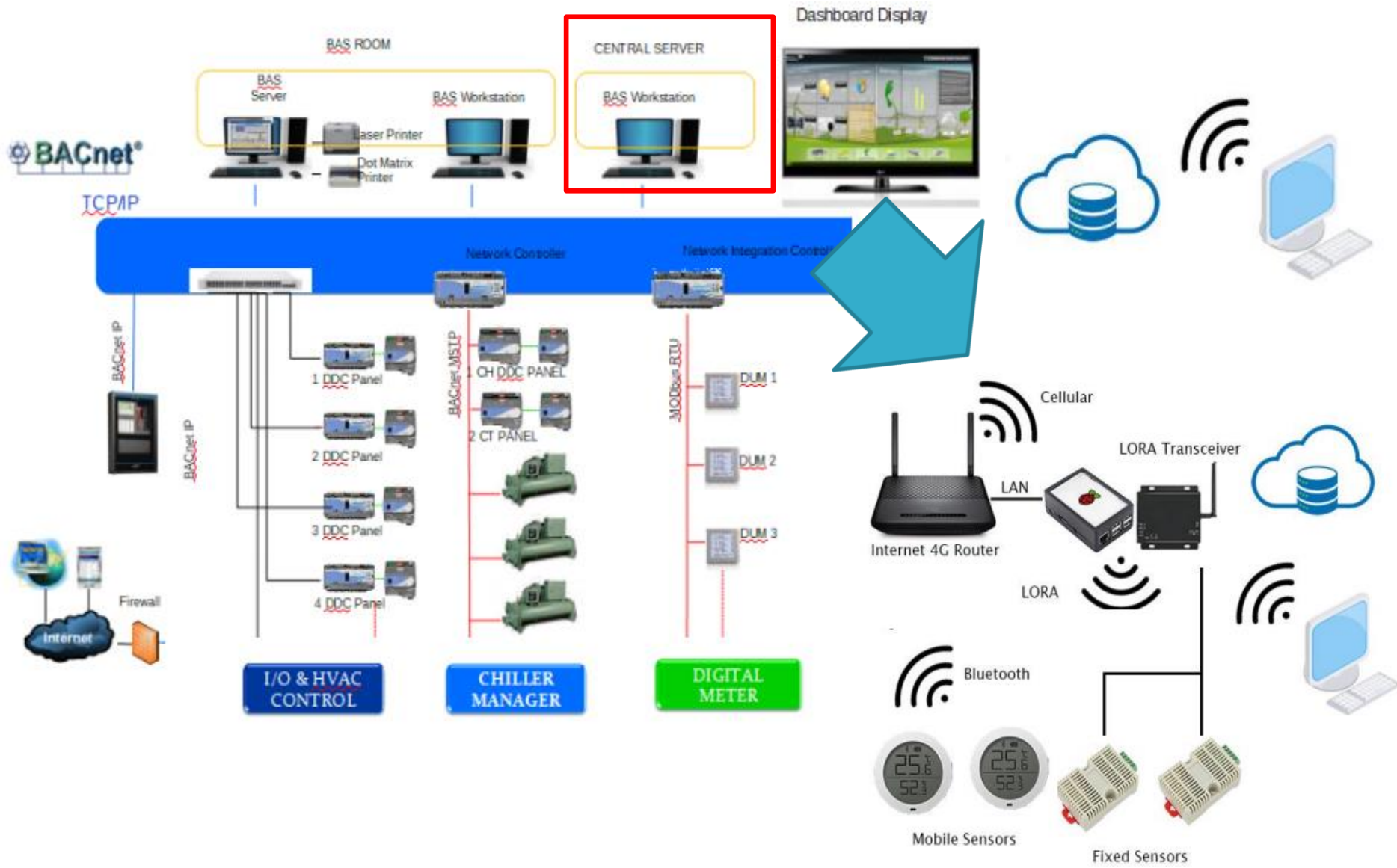
Conventional BAS : Non-integrated system for operators (CPM + BAS + EMS)

IoT - CPMS Data Storage and Utilization

สถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things Architecture)



CPMS Data Storage and Utilization (add-on IoT)



CPMS Data Storage and Utilization



- เชื่อมต่อข้อมูล
- Real Time
- ถูกต้อง
- ต่อเนื่อง
- ต้นทุนต่ำ



- Real Time
- ครบถ้วน
- เป็นระบบ
- เชื่อถือได้
- ใช้ได้ตลอดเวลา



- Real Time
- วิเคราะห์เป็นระบบ
- เป็นสารสนเทศสรุป
- ใช้ตัดสินใจได้ทันที



Tcdi And Load ▾

- Tcdi And Load
- Tcdo And Load
- Tevi And Load
- Tevo And Load
- Tcond And Load
- kW_CH And Load
- CQ1 And Load
- CQ2 And Load
- CQ3 And Load
- CQ4 And Load
- CQ5 And Load
- CQ6 And Load
- CQ7 And Load

A	B	C	D	E
history:AIA_CMC_Station/FL_04/AHU_01/ENERGY				
01-Jan-17 12:00 AM ICT to 14-Sep-17 1:08 PM ICT				
Timestamp	Trend	Flag	Status	Value (kW-hr)
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr
01-Jan-17	{}	{ok}	{}	37768.0 kW-hr

Insert Chart

Recommended Charts All Charts

- Recent
- Templates
- Column
- Line**
- Pie
- Bar
- Area
- XY (Scatter)
- Map
- Stock
- Surface

Line

01-Jan-17 2:15:00 AM ICT



BAS function for HVAC control (Source: PNNL)

EMIS function for BAS (Source: LBNL)

Analytics Tools to Supplement BAS

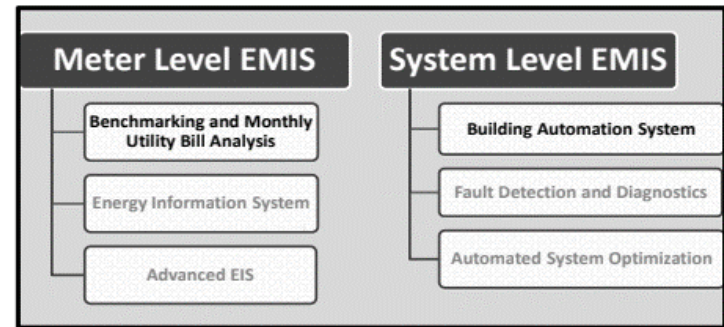
- Traditional BAS are not designed to explicitly optimize building operations and minimize energy consumption
 - Limited trending (points and time period)
 - Alarms don't typically allow for sophisticated logic
 - Typically monitor system operation data
- Third-party EMIS tools are good supplements to BAS to manage building energy use

10

Energy Exchange: Federal Sustainability for the Next Decade

Energy Management and Information System (EMIS)

- EMIS - a family of tools to monitor, analyze, and control building energy use and system performance



*The lines can be blurry, and specific technologies may cross categories, e.g., Modern building automation system platform with FDD capabilities

11

Energy Exchange: Federal Sustainability for the Next Decade

MBCx Findings

HVAC Systems Faults

- Over-enabling/unoccupied run-time
- Deficient pressure/fan speed reset
- Sub-optimal SAT reset
- Over or under-ventilation
- Simultaneous heating and cooling
- Faulty, disconnected zone sensors
- Spaces under-heated or cooled

HVAC Plant Faults

- Equipment rapid cycling
- Sub-optimal equipment sequencing
- Lack of or deficient SWT reset
- Lack of pressure/pump speed reset
- Pump over-enabling

Lighting Faults

- Excessive unoccupied use
- Unresponsive occupancy sensor switching
- Faulty photocells

- Complex systems give rise to more points of failure
- Occupant comfort may be maintained while faults persist, wasting \$\$\$

*“Traditional BAS are **not designed** to explicitly optimize building operations and minimize energy consumption”*

Source: Pacific Northwest National Laboratory

Current Status of Building Technologies

Chiller Plant Mode

PLANT SYSTEM **START**

CHILLED SUPPLY **45.0 degF**

CHILLED SETPOINT **45.0 degF**

Chilled Pump Control

DPT Reading **9.00 psi**

DPT Setpoint **9.00 psi**

Condenser Pump Control

CDR Flow **3.00 gpm/Ton**

Flow Setpoint **3.00 gpm/Ton**

Cooling Tower Control

CT-01 Temp **82.35 degF**

CT-02 Temp **81.49 degF**

CT-03 Temp **81.47 degF**

CT-04 Temp **80.63 degF**

CT-13 Temp **81.83 degF**

CT-05 Temp **80.20 degF**

CT-06 Temp **80.00 degF**

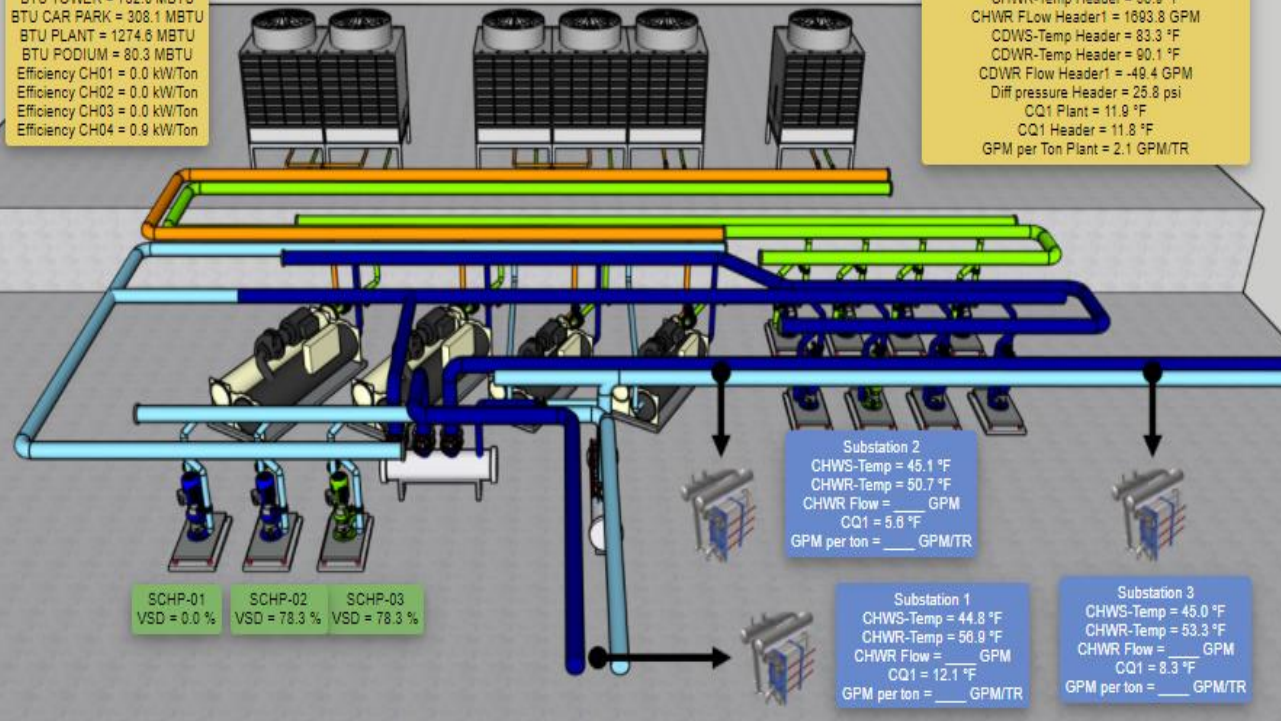
Temp Setpoint **79.46 degF**

Efficiency

Ton Plant = 809.9 ton
 Ton Carpark = 226.6 ton
 Ton Podium = 41.9 ton
 Ton Tower = 581.8 ton
 BTU TOWER = 732.0 MBTU
 BTU CAR PARK = 308.1 MBTU
 BTU PLANT = 1274.6 MBTU
 BTU PODIUM = 80.3 MBTU
 Efficiency CH01 = 0.0 kW/Ton
 Efficiency CH02 = 0.0 kW/Ton
 Efficiency CH03 = 0.0 kW/Ton
 Efficiency CH04 = 0.9 kW/Ton

Plant

System Chilled Water Setpoint = 44.0 °F
 System Chilled Water Return Temperature = 56.8 °F
 System Chilled Water Supply Temperature = 44.9 °F
 CHWS-Temp Header = 45.1 °F
 CHWR-Temp Header = 56.9 °F
 CHWR Flow Header1 = 1893.8 GPM
 CDWR-Temp Header = 83.3 °F
 CDWR-Temp Header = 90.1 °F
 CDWR Flow Header1 = -49.4 GPM
 Diff pressure Header = 25.8 psi
 CQ1 Plant = 11.9 °F
 CQ1 Header = 11.8 °F
 GPM per Ton Plant = 2.1 GPM/TR



CHILLER PLANT ANALYSIS

Chiller Plant System Summary

Total System kW **3,506.84**

Cooling Energy(RT) **5,266.70**

Cooling Efficiency(kW/RT) **0.667**

Efficiency (kW/Ton)

Chiller **0.555**

Chilled Pump **0.029**

Condenser Pump **0.043**

Cooling Tower **0.038**

Total Summary **0.667**

Power Consumption (kW)

Chiller **2,931.04**

Chilled Pump **152.70**

Condenser Pump **227.68**

Cooling Tower **200.34**

Total Summary **3,506.84**

Heat Balance

Heat Balance(%) **-0.14**

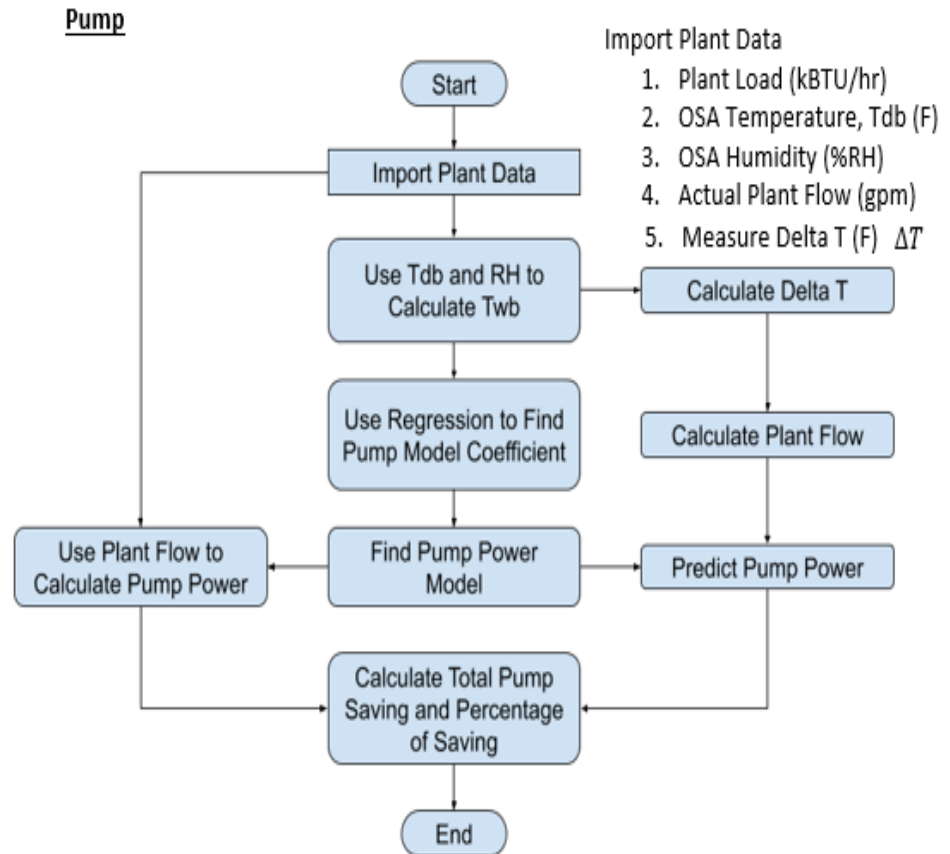
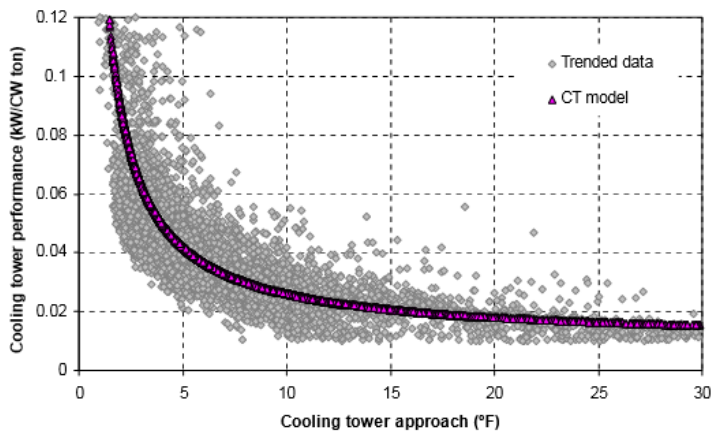
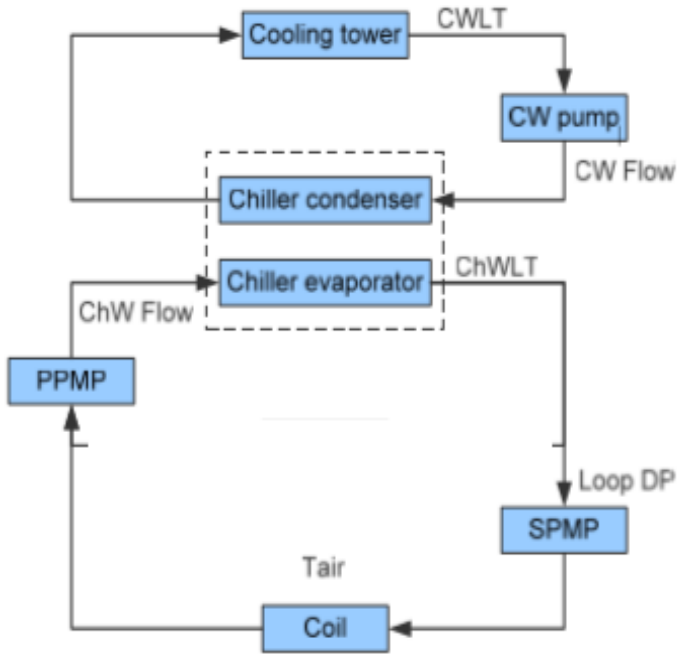
Heat In-Cooling Load(kW) **19,142.09**

Heat Out-Rejected(kW) **19,841.48**

Power Input (kW) **2,931.04**

Chiller Optimization Dashboard

Actual optimization example



Pump Optimization Flowchart

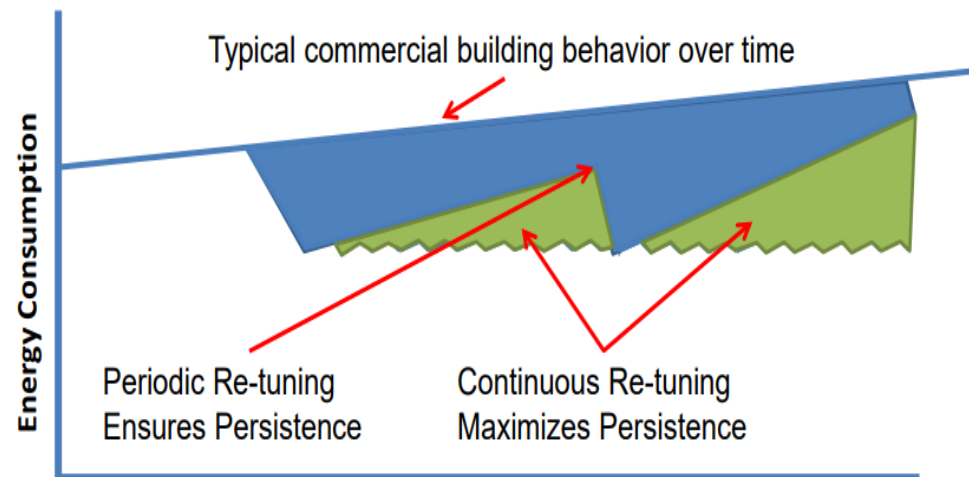
Source and copyright: TIE smart solutions

Chiller Optimization Dashboard

USA situation – Failed or abnormal operations

- Retro-commissioning is a process to improve the efficiency of an existing building's equipment and systems.
- Resolve problems that occurred during design or construction, or address problems, even unstandardized commissioning (especially in developing countries)
- Typically has less than 3 years payback. It could be up to 6 years if the process is without good commissioning

The focus of this process is to identify and correct building operational problems that lead to energy waste. The process is implemented primarily through building automation systems (BASs) at little or no cost other than the labor required to perform it. (PNNL)



Source: PNNL

USA situation – Retuning process via BAS

The Retuning Process

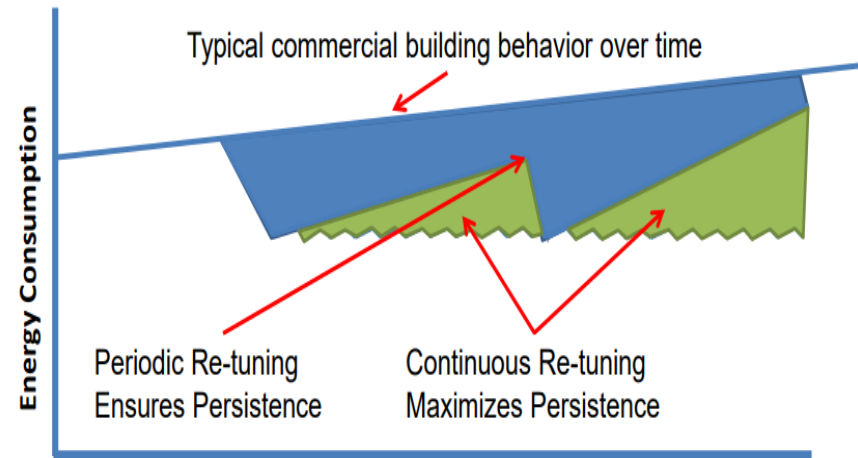
Retuning consists of seven primary steps:

1. Collection of basic building information;
2. Trend-data collection and analysis;
3. Building walk down;
4. Identification and implementation of retuning actions;
5. Report of findings, recommended actions and recommendations implemented;
6. Savings analysis; and
7. Continued use of retuning in operation and maintenance.

October 2009 ASHRAE Journal

- ▶ Occupancy scheduling
- ▶ Discharge-air temperature control
- ▶ Discharge-air static pressure control
- ▶ Air-handling unit (AHU) heating & cooling
- ▶ AHU outside/fresh air makeup
- ▶ AHU economizer operation
- ▶ Zone conditioning
- ▶ Meter profiles
- ▶ Central plant

Source: PNNL



Source: PNNL

- Re-tuning is implemented by leveraging information from BAS
- Cost of implementation is significantly lower than retro-commissioning
- Because re-tuning costs a fraction of retro-commissioning, it can be periodically done to ensure persistence

State of Controls in Commercial Buildings with BASs

- ▶ Over the past 8 years PNNL developed and conducted re-tuning training
- ▶ As part of the work, PNNL documented and analyzed trend data for about 70 buildings where the field training sessions were held and additional 30 buildings where we helped implement re-tuning
- ▶ Almost all buildings had significant potential to save energy (5% to 30%) by making simple changes to their controls

Srinivas Katipamula

Building Performance Center of Excellence



Re-tuning Meta-Study



- ▶ 2007 – 2010
- ▶ Funded by State of Washington
- ▶ Developed re-tuning training in 2007
- ▶ Service providers
- ▶ ~25 buildings



- ▶ 2010 – 2013; small programmatic effort in FY14 and FY15
- ▶ ARRA funded
- ▶ Developed online interactive re-tuning training and training for buildings without BAS
- ▶ Large portfolio managers
- ▶ ~50 buildings



- ▶ 2011 –
- ▶ Funded by General Services Administration
- ▶ Identify and help GSA staff implement re-tuning measures
- ▶ ~30 buildings

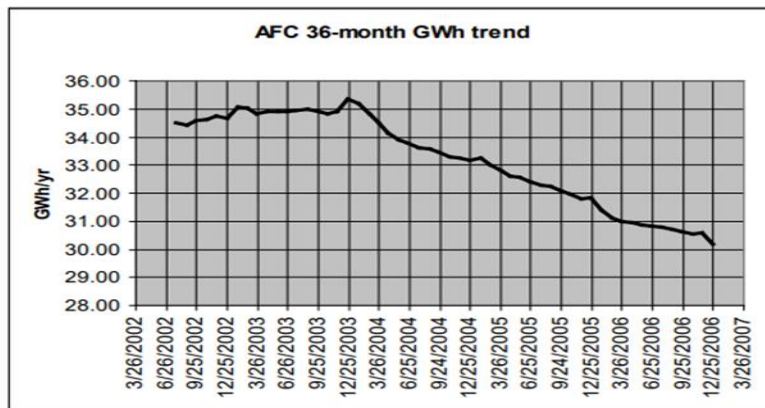
Source: PNNL

Meta-analysis คือ วิธีการทางสถิติ หารูปแบบความคล้ายคลึงกันและไม่เกี่ยวข้องกันตั้งแต่ 2 การศึกษาขึ้นไป

BAS Improvement with Retuning process

- ▶ Overall building geometry
 - Approximate gross square feet
 - Number of floors
 - General building shape
- ▶ Type of heating ventilation and air conditioning (HVAC) system(s)
- ▶ Approximate number of zones
- ▶ Approximate number of each major type of equipment
 - Boilers
 - Chillers
 - Air handlers
- ▶ Type of building automation system (manufacturer, model, version)
- ▶ If you manage the building, you probably have all or most of this information at your fingertips
- ▶ Gather information to guide selection of trend logs to set up in the next phase
- ▶ Determine the overall design of the building and its mechanical systems

GSA Sam Nunn - Atlanta Federal Center



16%
Reduction

ROI
3 Months

- ▶ Major changes to facility
 - Received Energy Star rating
 - Energy use down 15% to 20%
 - Peak down on shoulder months
 - **Tenant complaints down 35%**

Monitoring plan for CPMS (Check our data?)

Mechanical Room Location:		Basement 1					
Equipment Name	Point Name	Measurement Description	Planned Start Date/Time	Planned End Date/Time	Planned Measurement Period (hours, days, or weeks)	Measurement Interval (seconds, minutes or hours)	Measurement Units
Chiller Plant	CWST	Chilled water supply temperature					Degrees F
Chiller Plant	CWST-SP	Chilled water supply temperature set point					Degrees F
Chiller Plant	CWRT	Chilled water return temperature					Degrees F
Chiller Plant	CNDST	Condenser supply temperature (temperature of water returning from the cooling tower)					Degrees F
Hot Water Plant	HWST	Hot water supply temperature					Degrees F
Hot Water Plant	HWRT	Hot water return temperature					Degrees F

- ▶ Chilled-water supply temperature
- ▶ Chilled-water return temperature
- ▶ Chilled-water set point
- ▶ Hot-water supply temperature
- ▶ Hot-water return temperature
- ▶ Hot-water set point
- ▶ Condenser supply temperature
- ▶ Condenser return temperature
- ▶ Condenser- water set point
- ▶ Each chiller load (current)
- ▶ Each pump status (if there are multiple pumps record all of them)
- ▶ Each chiller status (if chiller load is recorded this point may not be needed)
- ▶ Chilled-water gpm
- ▶ Chilled-water differential pressure
- ▶ Chilled-water differential pressure set point
- ▶ Cooling-tower fan speed
- ▶ Cooling-tower fan speed set point
- ▶ Cooling-tower fan status

Monitoring plan

Chillers: Create a table for each chiller in the physical plant.

Equipment Name	Point Name	Measurement Description	Planned Start Date/Time	Planned End Date/Time	Planned Measurement Period (hours, days, or weeks)	Measurement Interval (seconds, minutes or hours)	Measurement Units
Chiller 1	CHLOAD1	Chiller 1 load					Tons
Chiller 1	CHSTAT1	Chiller 1 status (only needed if load is not available)					On/off
Chiller 1	CNDRT1	Condenser return temperature (temperature of water leaving the condenser)					Degrees F

Pumps: Create a row for each pump

Equipment Name	Point Name	Measurement Description	Planned Start Date/Time	Planned End Date/Time	Planned Measurement Period (hours, days, or weeks)	Measurement Interval (seconds, minutes or hours)	Measurement Units
Pump 1	P1-STATUS	Status of Pump 1					On/off
Pump 2	P2-STATUS	Status of Pump 2					On/off
Pump 3	P3-STATUS	Status of Pump 3					On/off

- ▶ Trend logs are set up in the building automation system (BAS)

Green buildings in Thailand

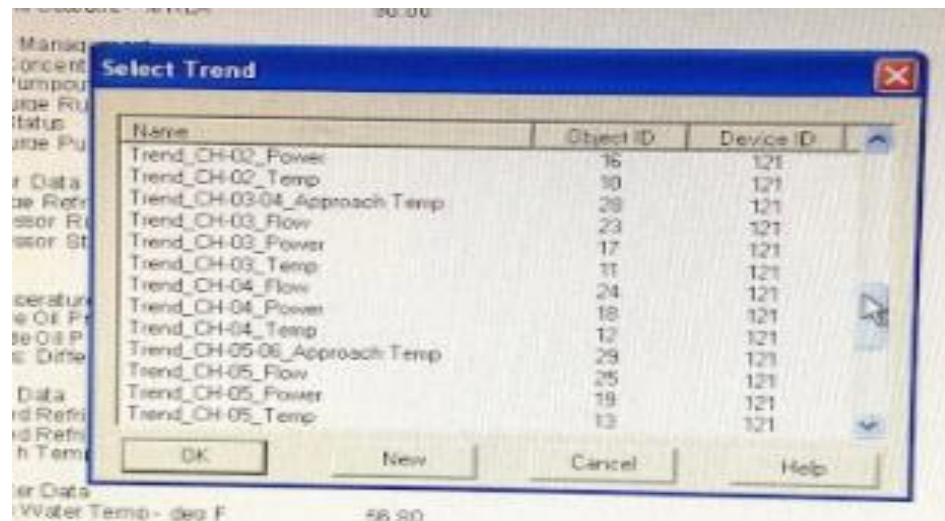
Chiller Plant Point Lists		
โครงการเข้าตรวจสอบและประเมินระบบปรับอากาศและอาคารอัตโนมัติด้วย EMS tool (TRF)		
อาคาร SYM	วันที่ 11/08/2020	
ตัวแปรที่ต้องการ	ตัวแปรที่ SYM มี	ตัวแปรที่ SYM มี
ตัวแปร chiller plant		
- Chiller Plant Setpoint Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	1. ขอ Armstrong/Venco ตั้งค่า (Historical Assignment) เพื่อ Log ด้วยความถี่ไม่เกิน 15 นาที และเริ่มต้นที่ 0, 15, 30, 45 เท่านั้น (Log ต่ำกว่า 15 นาที ได้แต่ขอให้สามารถ Trend หรือ Export ค่าได้ที่ความถี่ไม่มากกว่า 15 นาที)
- Chiller Plant Chilled Water Leaving Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Chilled Water Entering Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Chilled Water Flow (Main Header)	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Condenser Water Leaving Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Condenser Water Entering Temp	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant Diff Pressure	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chiller Plant Ton Plant	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chiller Plant Kw Plant	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	
- Chiller Plant kW/Ton Plant	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chiller Plant Ambient Temperature	CPM มีเก็บค่าไว้แล้ว	2. การจัดเก็บต้องสามารถ Export ค่าในรูปแบบ txt หรือ CSV"
- Chiller Plant Ambient Humidity	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chiller Plant Wet-Bulb	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	

ตัวแปรการทำงานของ chiller แต่ละเครื่อง		
- Chilled Water Setpoint	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	1. ขอ Armstrong/Venco ตั้งค่า (Historical Assignment) เพื่อ Log ด้วยความถี่ไม่เกิน 15 นาที และเริ่มต้นที่ 0, 15, 30, 45 เท่านั้น (Log ต่ำกว่า 15 นาที ได้แต่ขอให้สามารถ Trend หรือ Export ค่าได้ที่ความถี่ไม่มากกว่า 15 นาที) 2. การจัดเก็บต้องสามารถ Export ค่าในรูปแบบ txt หรือ CSV"
- Chilled Water Temp: Leaving	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chilled Water Temp: Entering	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Chilled Water: Flowrate	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Evaporator Approach Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Water Temp: Leaving	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Water Temp: Entering	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Water: Flowrate	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Approach Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Operating Capacity (Percent load)	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Ton	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Kw/ Ton	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Unit Power Consumption (kW)	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Compressor Discharge Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Refrigerant Pressure	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Condenser Refrigerant Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Evaporator Refrigerant Pressure	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	
- Evaporator Refrigerant Temp	ขอให้ Log เพิ่มขึ้น	

Source: IBC

Hardwired sensors

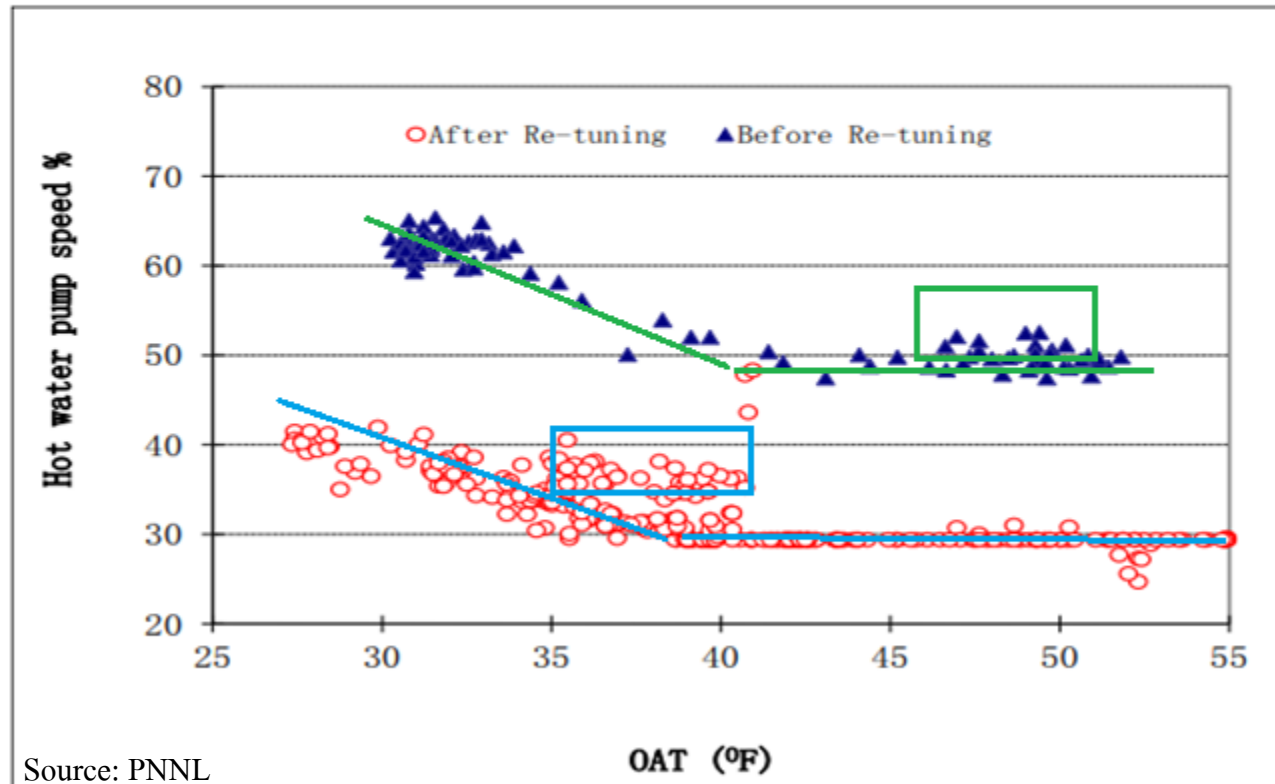
BACnet or Modbus Data



Chilled Water (or other secondary coolant)	Flow	Flow
	Inlet Pressure	Inlet Pressure
	Inlet Temperature	Inlet Temperature
	Outlet Pressure	Outlet Pressure
Evaporator	Outlet Temperature	Outlet Temperature
	Refrigerant Pressure	Refrigerant Pressure
	Refrigerant Temp.	Refrigerant Temp.
Oil	Level	Level
	Pressure	Compressor Discharge Temp.
	Temperature	Compressor Suction Temp.
	Addition of	Addition of (in Refrigerant Log)
Vibration Levels		PPM Refrigerant Monitor Level
Purge	Exhaust Time	Date and Time Data
	Discharge Count	Signature of Reviewer
Ambient Temperatures	Dry Bulb	Amperes Per Phase
	Wet Bulb	Volts Per Phase

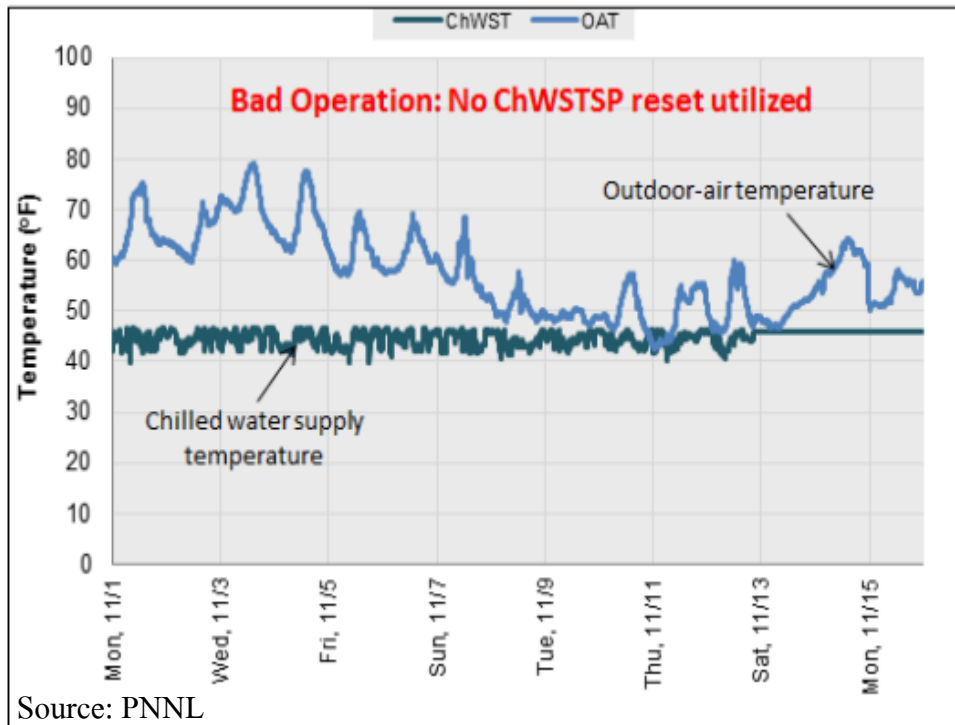
PNNL – Example Pump Sequence

- ▶ Secondary pump speed vs. outdoor-air temperature: pump power savings by resetting loop DP set point
- ▶ Before building re-tuning -10 psi constant; after building re-tuning - 3~6 psi)



Assumption: Outdoor air temperature (OAT) is driving force condition of building load; pump is sequenced according to chiller sequence

PNNL – Example Chiller Sequence



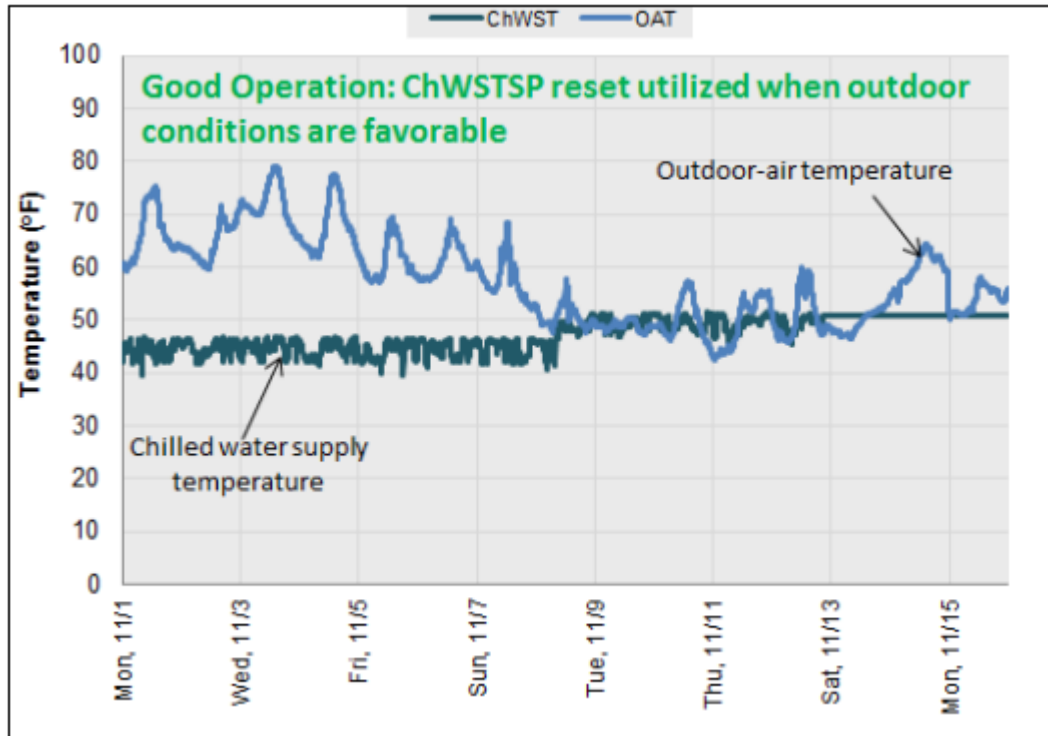
Source: PNNL

Chiller Operation Data Analysis: CHWST Reset

- ▶ Purpose:
 - Determine whether the CHWST is too low
 - Determine potential of resetting CHWST to a higher value at partial load condition
- ▶ Approach:
 - Review plots of CHWST, CHWRT and maximum cooling coil valve position vs. time
 - Review the plots of CHWST and CHWRT vs. outdoor-air temperature
 - Check whether the CHWST is constant and the loop deltaT is low (<8°F)

Figure 1: Example of bad operation, when the chilled water supply temperature set point is not reset during advantageous outdoor conditions (i.e., OAT less than 60°F).

PNNL – Example Chiller Sequence



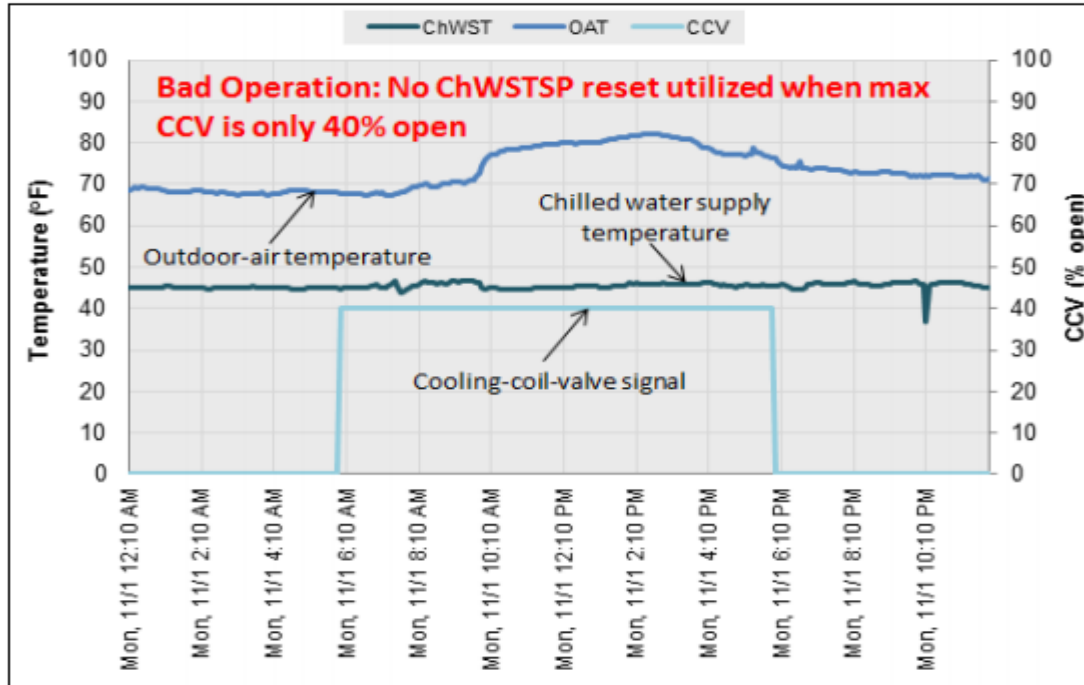
Source: PNNL

Chiller Operation Data Analysis: CHWST Reset

- ▶ Purpose:
 - Determine whether the CHWST is too low
 - Determine potential of resetting CHWST to a higher value at partial load condition
- ▶ Approach:
 - Review plots of CHWST, CHWRT and maximum cooling coil valve position vs. time
 - Review the plots of CHWST and CHWRT vs. outdoor-air temperature
 - Check whether the CHWST is constant and the loop deltaT is low (<8°F)

Lift Set-point to 50 F from typical value at 45 F, but need to check low delta T

PNNL – Example Chiller Sequence



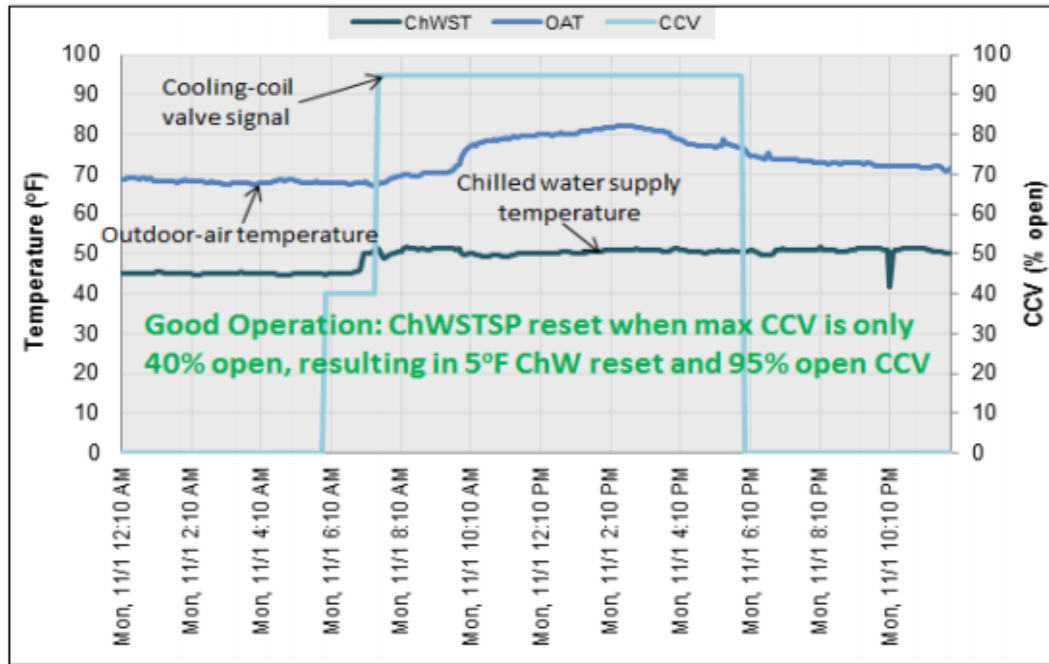
Chiller Operation Data Analysis: CHWST Reset

- ▶ Purpose:
 - Determine whether the CHWST is too low
 - Determine potential of resetting CHWST to a higher value at partial load condition
- ▶ Approach:
 - Review plots of CHWST, CHWRT and maximum cooling coil valve position vs. time
 - Review the plots of CHWST and CHWRT vs. outdoor-air temperature
 - Check whether the CHWST is constant and the loop deltaT is low (<8°F)
 - Check whether 20% cooling coil valves are greater than 75%

Source: PNNL

Figure 3: Example of bad operation, where the cooling-coil-valve signal only indicates 40% open and the chilled water supply temperature set point remains unchanged.

PNNL – Example Chiller Sequence



Chiller Operation Data Analysis: CHWST Reset

► Purpose:

- Determine whether the CHWST is too low
- Determine potential of resetting CHWST to a higher value at partial load condition

► Approach:

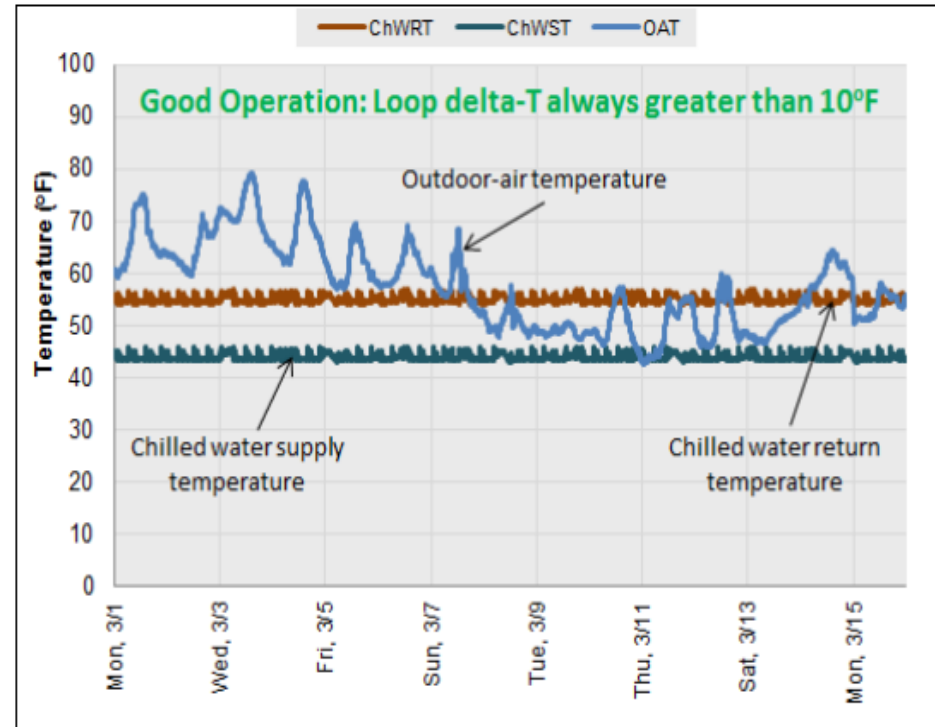
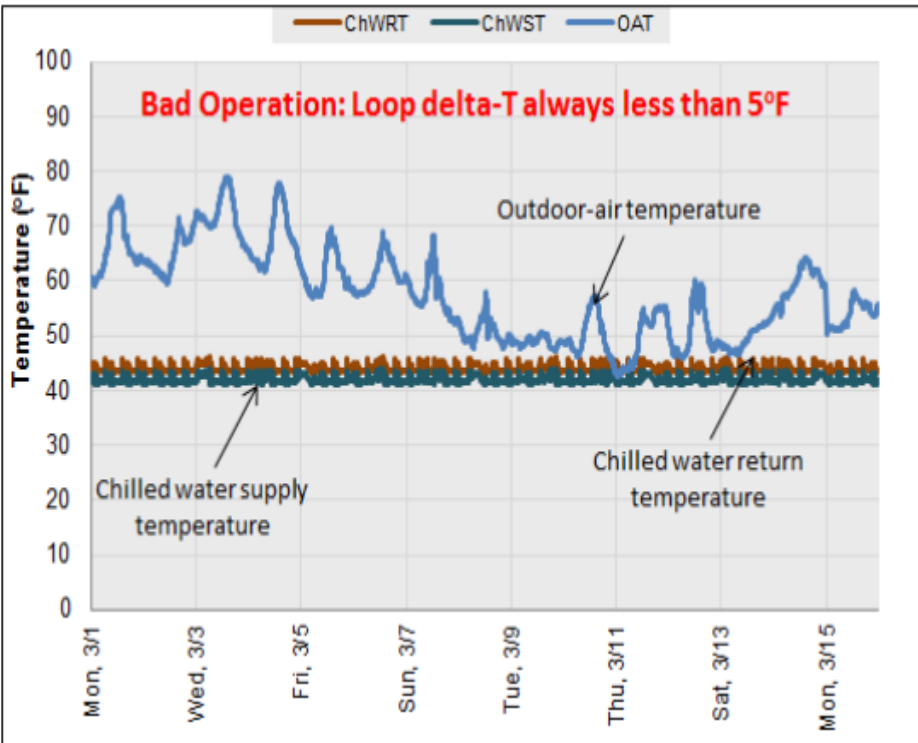
- Review plots of CHWST, CHWRT and maximum cooling coil valve position vs. time
- Review the plots of CHWST and CHWRT vs. outdoor-air temperature
- Check whether the CHWST is constant and the loop deltaT is low (<8°F)
- Check whether 20% cooling coil valves are greater than 75%

Source: PNNL

Figure 4: Example of good operation, where the chilled water supply temperature set point is reset by 5°F, and the cooling-coil-valve signal responds by opening 95%.

Lift Set-point to 50 F from typical value at 45 F, but need to cooling coil valve to protect low delta T syndrome

PNNL – Example Chiller Sequence



Source: PNNL

Figure 5: Example of bad operation, where the loop delta-T is less than 5°F, indicating too low chilled water supply temperature set point.

Figure 6: Example of good operation, where the chilled water supply temperature set point is higher for similar outdoor conditions as in Figure 5, thus increasing the loop delta-T to the design conditions.

END OF THE PRESENTATION

THANK YOU

