

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute



建築模擬軟體開發

林鴻文

工業技術研究院 綠能與環境研究所

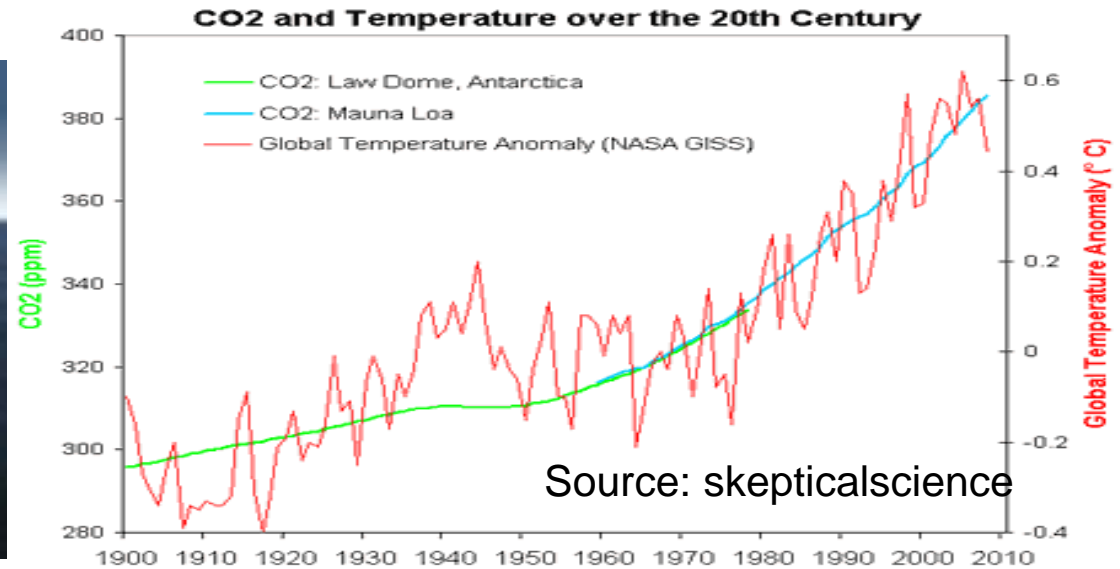
2013.9.17

1. 能源使用概況分析
2. 建築能源模擬重要性
3. 建築模擬軟體開發
 - 非即時模擬
 - 即時模擬與控制
4. 結語

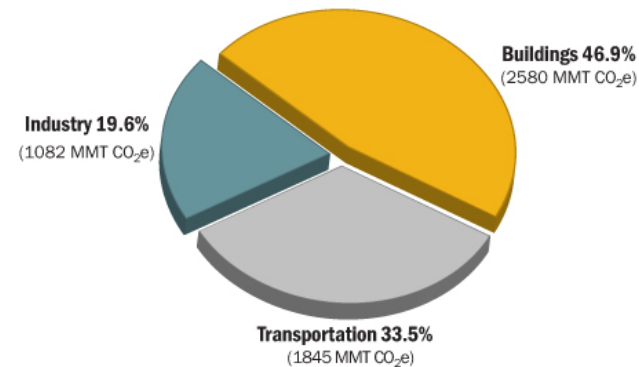
全球氣候變遷



Source: WWF



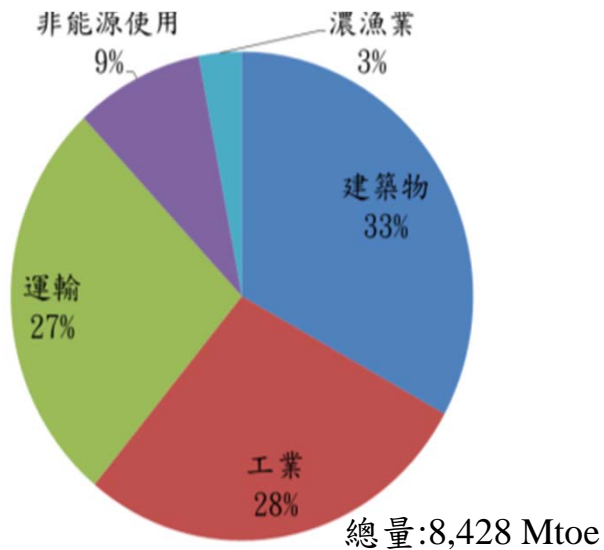
由1850年至今，全球地表平均溫度已經上升 0.76°C，海平面上升約17公分



U.S. CO₂ Emissions by Sector
Source: ©2010 2030, Inc. / Architecture 2030. All Rights Reserved.
Data Source: U.S. Energy Information Administration (2009).

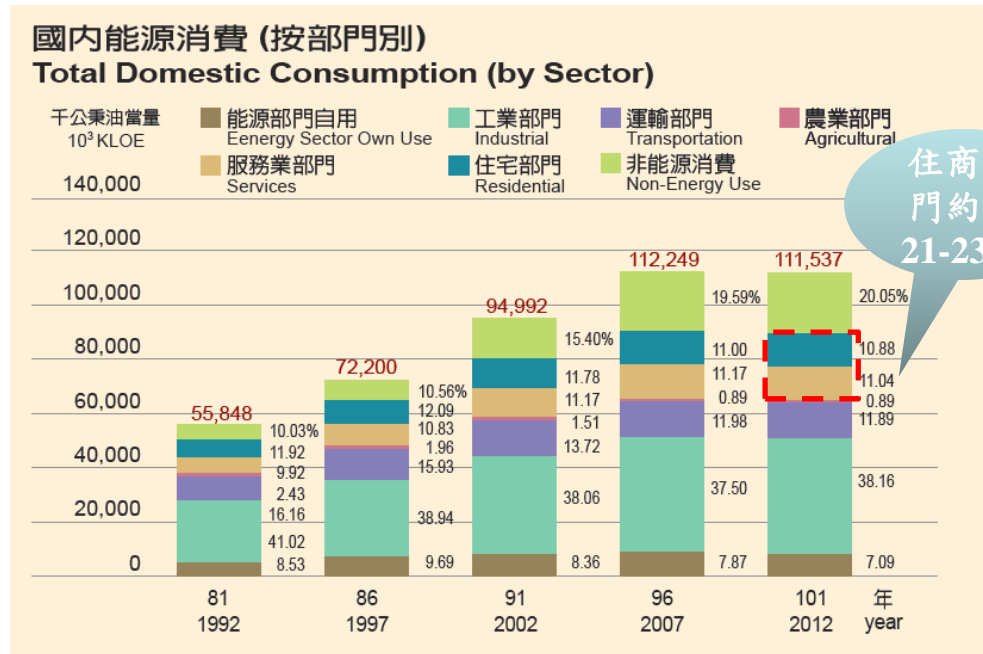
建築對節能減碳的重要性

全球各部門總計耗用能源比例



Source: Key World Energy Statistics 2010, p.30, IEA

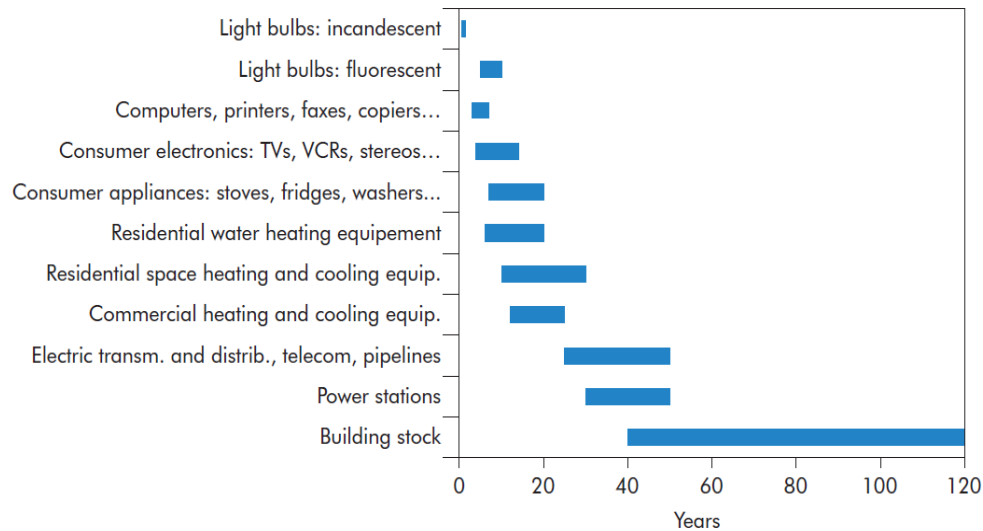
台灣各部門能源消耗總量



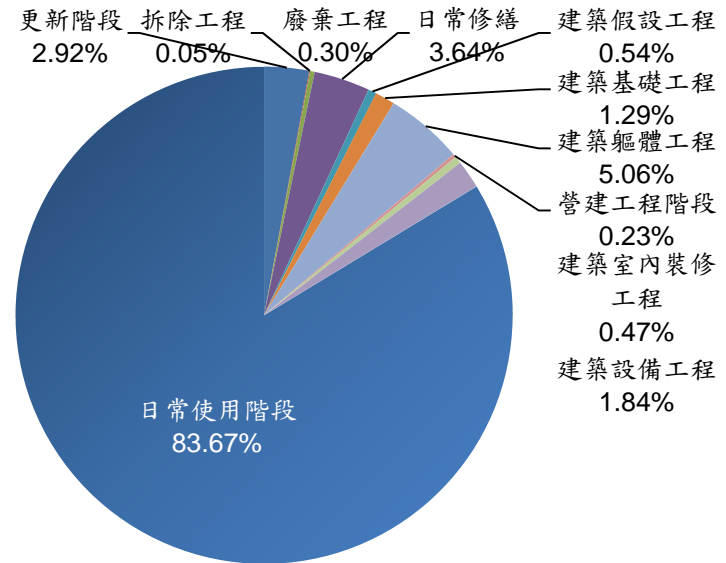
Source: 民國101年能源統計手冊，p.43，經濟部能源局

- 全球1/3能源消耗在建築。
- 台灣住商類建築合計佔耗能21-23% (以耗電計算，則約佔40%)，加計工業廠房則估計佔整體能耗30%以上，比例並逐年攀升。

建築節能是永續發展的核心



建築相關耗能設備與基礎設施生命期^[1]



建築40年生命週期CO₂排放量^[2]

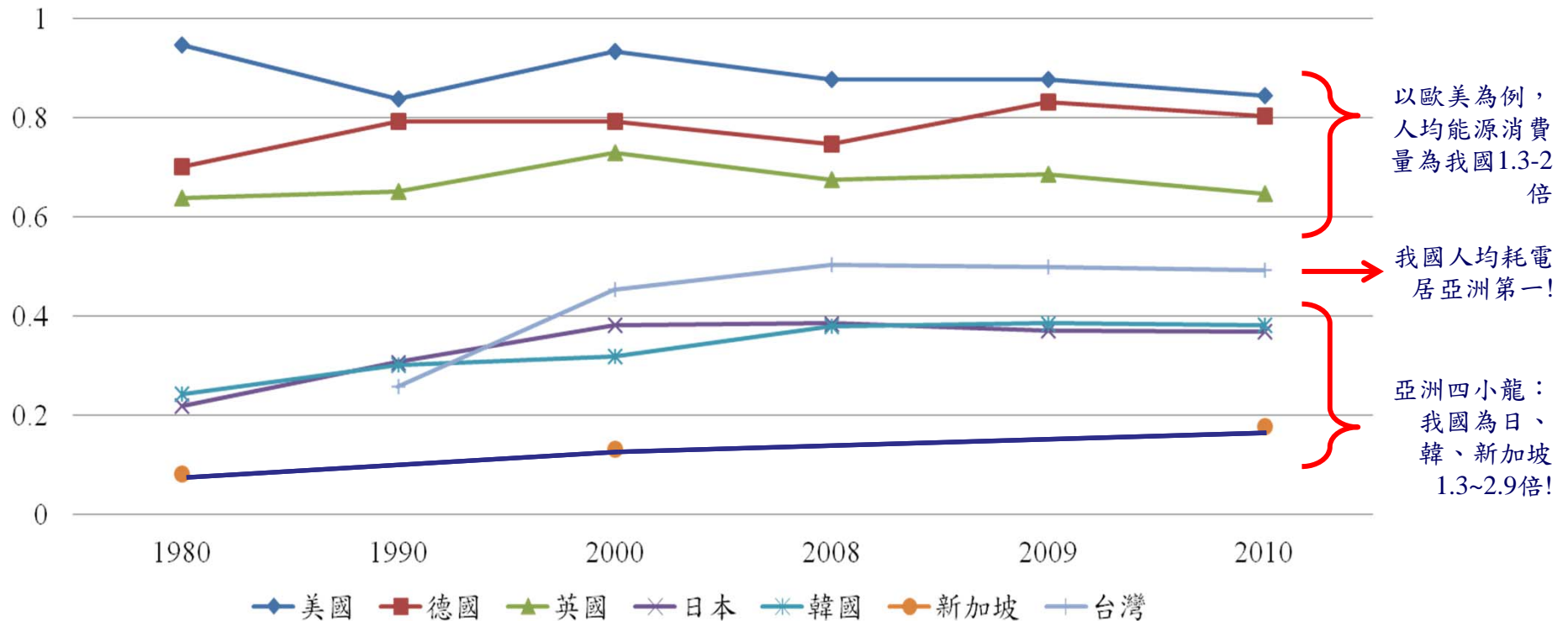
- 建築物是各種耗能設備系統載具，且是住商部門生命週期(可達40-120年^[1])最長者，故任何節能措施的效果遠比其他產業貢獻大而具體，**是節能減碳最需積極推動的重點產業。**
- **國家重要政策：**
 - **98年全國能源會議結論：**我國住商建築部門仍有諸多節能減碳技術開發與推廣之需求，宜應持續推展相關事宜。
 - **99年行政院四大智慧型產業納入『智慧綠建築』。**明確指出營建業界研發能量不足、建物監測管制系統缺乏共通平台，亟待政府帶頭投入，以加速落實低碳島之政策目標。
 - **99年環保署「溫室氣體國家適當減緩行動(NAMAs)」**向國際積極承諾於**2020年前**，我國將積極達成**溫室氣體排放總量比排放基線(Business as usual, BAU)減少45%之目標。**

[1] p.209, IEA ETP 2010

[2] pp.81-82, 建築生命週期CO₂排放量評估之研究-辦公建築使用階段CO₂排放量解析，內政部建築研究所協同研究報告，中華民國95年12月

我國現況與國際評比

全球主要國家住宅部門人均能源消費量(噸油當量/人)



- 以新加坡為例，以強制綠建築標章 (>2500 m²公共建物) 搭配獎勵、補助省電設備、規範建築服務與設備能源效率標準 (SS530) 與操作效率(如LPD)、補貼 (聘用建築節能顧問)、比賽獎勵 (“-10%能源挑戰”計畫)

資料來源：Electricity information 2011 (IEA)、能源統計手冊(能源局)、人口統計資料以及國民所得統計常用資料(主計處)、Singapore Department of Statistics、APEC Energy Demand and supply outlook 2006、APEC Energy Statistics 2008/2003

註解：礙於資料來源限制，新加坡僅有1980、2000以及2010年之資料、我國僅有1990、2000、2008、2009，以及2010年之資料

台灣、下一步？



讓綠色產業成為帶動就業與成長新亮點，將鼓勵民間擴大對綠能產業、綠色建築、綠色生產研發與投資，讓台灣一步步成為「低碳綠能島」2012.05.20

報告大綱

1. 能源使用概況分析
2. 建築能源模擬重要性
3. 建築模擬軟體開發
 - 非即時模擬
 - 即時模擬與控制
4. 結語

Two methods to obtain energy use of buildings:

- **Measurement**
 - Beyond monthly utility bills
 - Real data, ‘trust without questions’
 - Can be time-consuming and costly for detailed measurement
- **Simulation**
 - Provide very detailed results – end uses, monthly, sub-hourly, systems/components/zones levels
 - ‘Quick’ and cost-effective
 - Questionable results
- **Both methods are needed!**

Energy Performance of Buildings Simulated vs. Measured

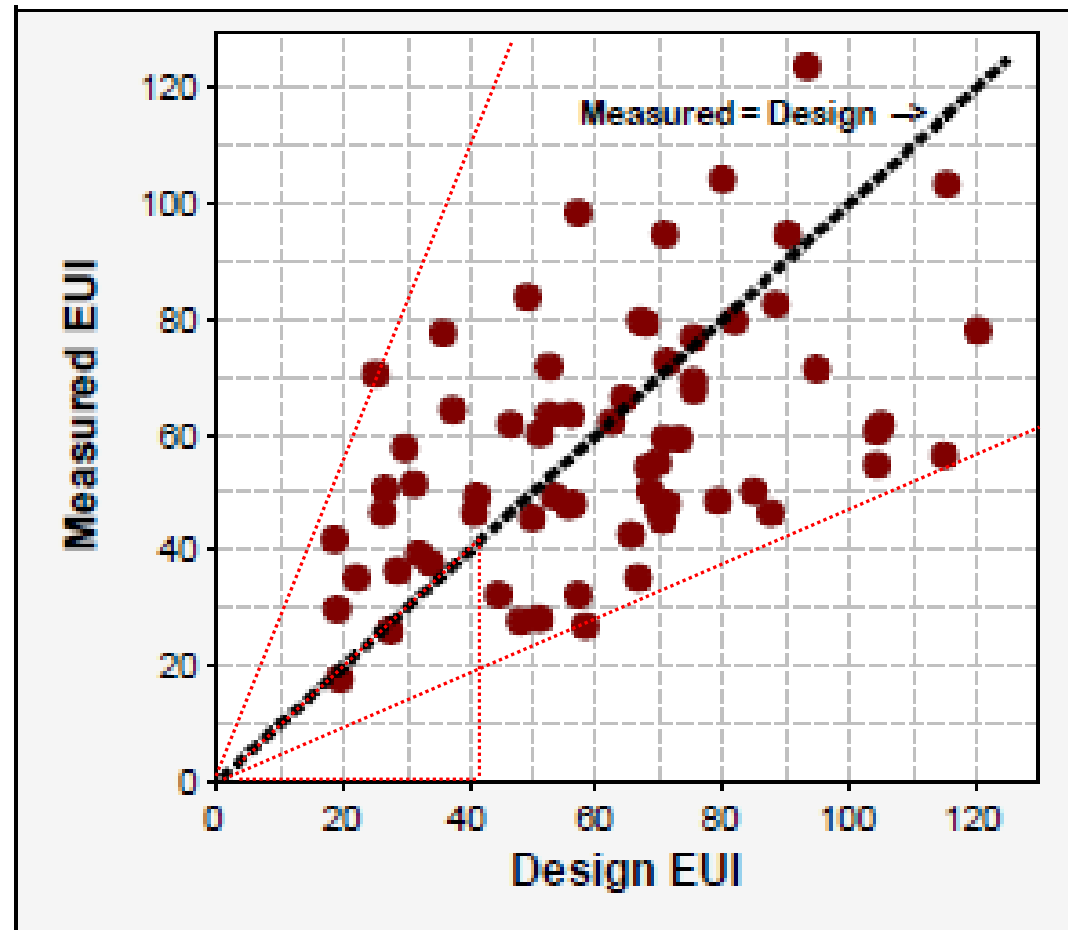


Figure ES- 4: Measured versus Design EUIs
All EUIs in kBtu/sf

Source: NBI Study 2008

建築能源模擬重要性

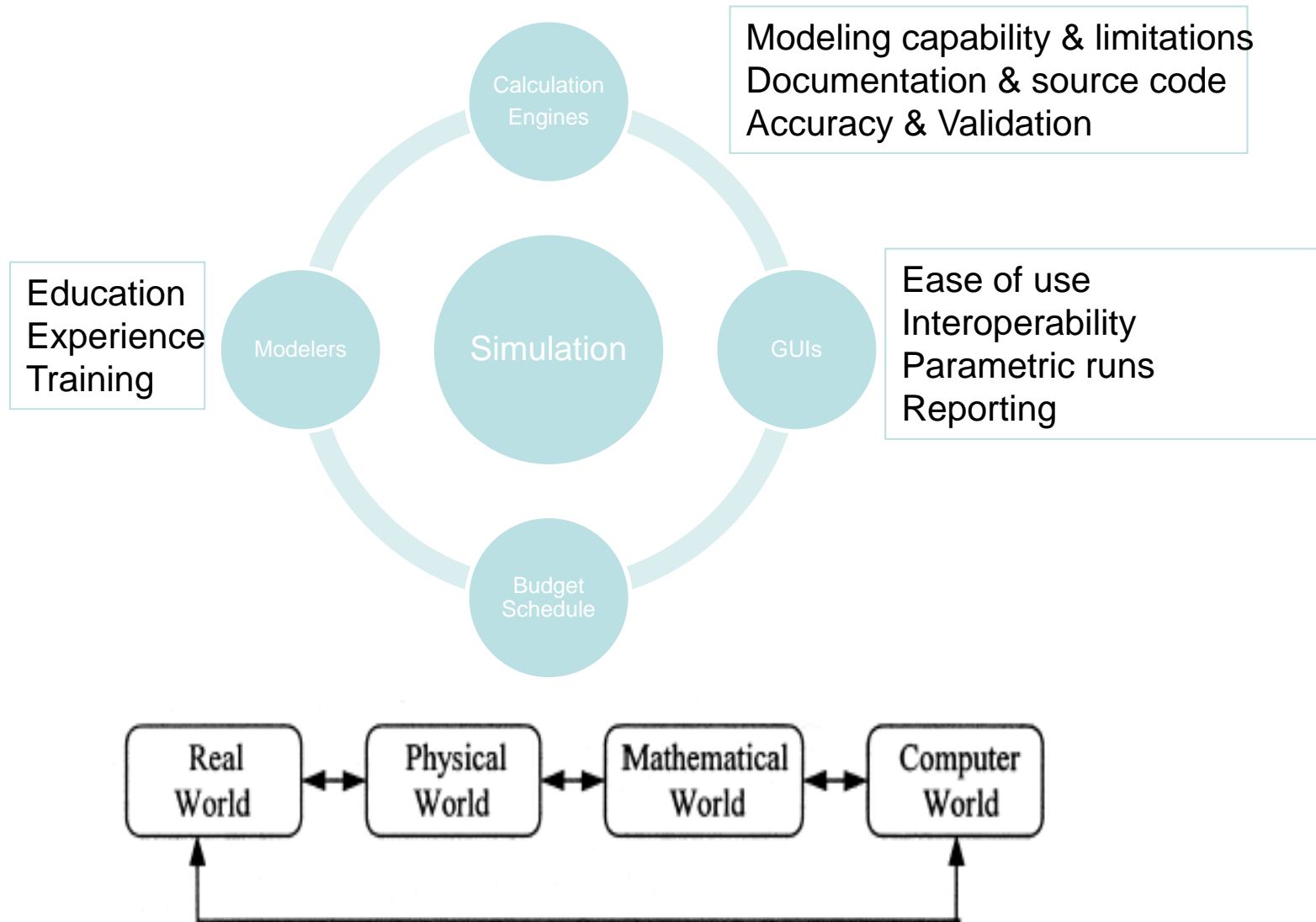
- Back to Basics - understanding energy use of buildings is the most important step towards energy savings:
- **Where** energy is used?
 - **How** much energy is used and how energy is used ?
 - **When** energy is used?
 - **Who** and why uses the most amount of energy?

To identify waste, deficiency, and savings opportunities!

建築能源模擬重要性

- Evaluate design alternatives to help make better decisions for new buildings
 - Unconventional, innovative low energy designs that cannot rely on rules-of-thumb or previous design experience
- Demonstrate code compliance using the performance path when prescriptive path is not allowed, e.g. WWR >40% in ASHRAE 90.1-2010
- Building energy benchmarking, rating, labeling
 - LEED certification, ASHRAE bEQ
 - Incentive programs: SBD, EPC Act §179D Federal Tax Credit
- Identify and evaluate retrofit measures for existing buildings
- Used in the development of building energy code and standards
- **Sometimes** to predict actual energy use of buildings

Complexity of Simulation



1. 能源使用概況分析
2. 建築能源模擬重要性
3. 建築模擬軟體開發
 - 非即時模擬
 - 即時模擬與控制
4. 結語

建築模擬市場分析

- 全世界共有395種建築模擬軟體
- DOE經費支持16件軟體研發



Source: DOE Website

GUIs for EnergyPlus

- CYPE-Building Services,
- Demand Response Quick Assessment Tool
- DesignBuilder
- Easy EnergyPlus
- EFEN
- AECOsims
- Hevacomp
- MC4 Suite
- SMART ENERGY
- EPlusInterface
- COMFEN
- **Simergy**
- **OpenStudio**

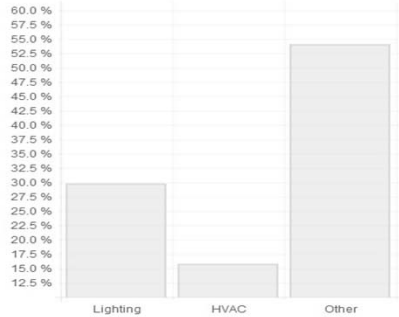
Summary of features

	DOE-2	DeST	EnergyPlus
Country	USA	China	USA
Inputs	Text, BDL	mdb, MS Access	IDF, IDD
Outputs	Summary & hourly reports	Summary & hourly reports	Summary & detailed reports
GUI	Simulation engine only; eQuest, VisualDOE, EnergyPro, etc.	Based on AutoCAD; An independent GUI involved in DeST 3.0	Simulation engine only; With 3rd party's GUIs for building modeling, Open Studio, DesignBuilder
Algorithms	Surface heat balance: Response Factor; Zone Weighting Factors	Zone heat balance: State Space Method	Surface heat balance: Air heat balance
Limitations	Linear systems, accuracy	Linear systems	Potentially long run time for large models
Language	Fortran	C++	Fortran

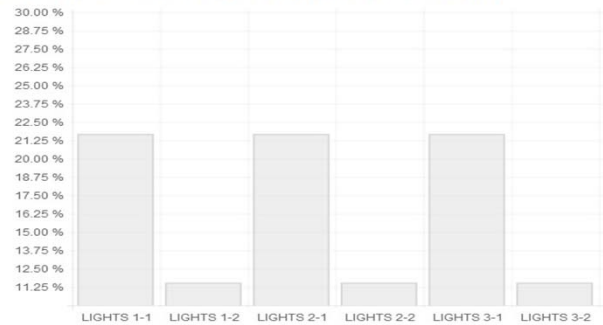
Solution Algorithm

	DOE-2	DeST	EnergyPlus
Heat balance method	Surface heat balance: Response Factor; Weighting Factor	Zone heat balance: State Space Method	Surface heat balance: CTF, CondFD; Air heat balance
Temperature & load calculation	HVAC system related; Ideal HVAC system: SUM	Ideal HVAC system; Control both temperature and humidity as required	HVAC system related; HVACTemplate: IdealLoadsAirSystem, control both temperature and humidity as required
Solution method	Sequential iteration; LOADS: assume that each space is always kept at a constant temperature SYSTEMS: produce actual thermal loads based on an hourly variable temperature with HVAC system related	Simultaneous iteration for all zones; Trial for zone and ideal system integration	Sequential iteration; Predictor-Corrector for zone and system integration
Time step	Hourly	Hourly Can be sub-hourly	Sub-hourly Default: 10 minute

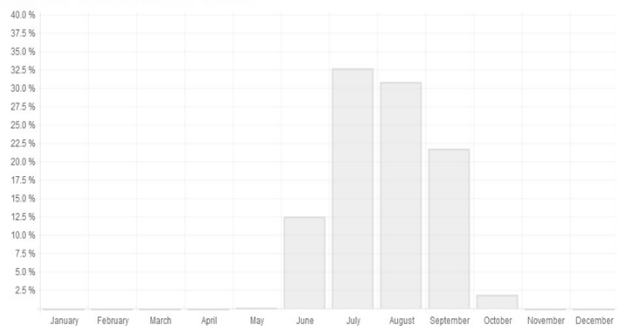
能源消耗分佈百分比



室內各空間照明耗能百分比



各月份空調耗能百分比



DOE Pilot run (until 2013 Sep)

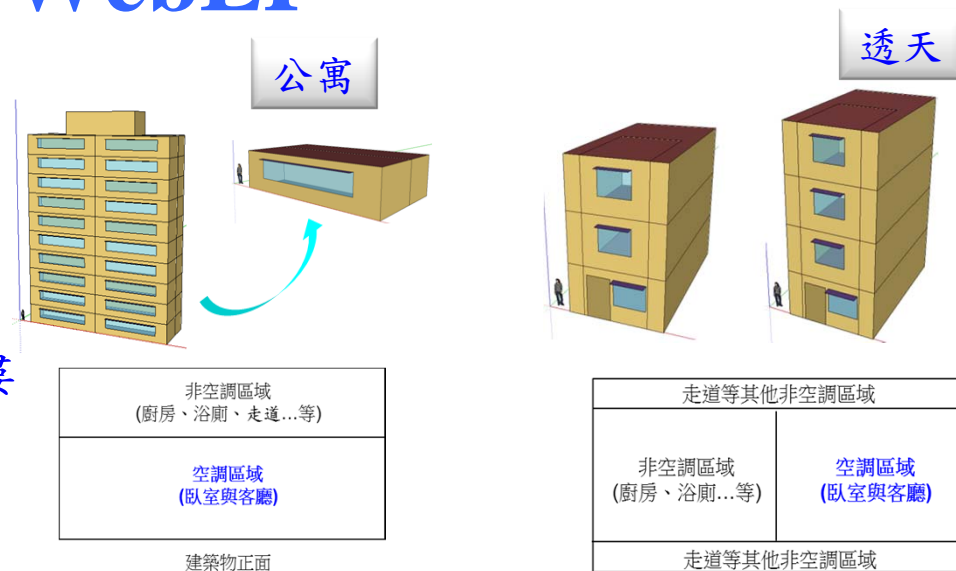
技術特點

1. **全球首例**：跨平台、網路版、圖形化線上模擬、耗能排序、節能建議、節能預測、節費預測、全系統購置建議，可做(節能標章)產品媒合
2. 結合國家資料庫(8縣市氣象資料、7500筆節能標章、5000筆全國普查)，可做雲端建物能源分析平台與分級

◆ 模型建構

依據普查結果建置兩類建築

- 透天-3F與4F
- 公寓-區分一樓、中樓層、頂樓



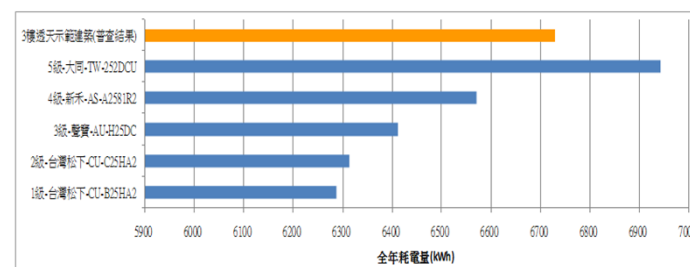
◆ 示範建築與普查結果差異比較

3F 連棟式住宅	207m ²	年度耗電 kWh	佔總耗電量之百分比 % (模擬結果)	佔總耗電量之百分比 % (全國普查結果)
樓高3m、使用面積207m ² 、空調面積72m ²	HVAC	1716.20	25.50	25.2
(空調面積佔比為34.78%)，建築物正面與背面開窗、每一窗戶面積3m ² 、正面窗戶水平遮陽(寬0.5m)，南北座向，窗牆比=14.32%	Lighting	1631.88	24.24	24.5
	Equipment	3382.83	50.26	50.3
	Total	6730.91	EUI=32.52	EUI_{mean}=32.92

◆ 模擬結果輸出建置

1. 依個人歷史模擬數據進行組合分析
2. 依據同棟建築對5級空調之建物耗能評比。

#	建築類別	地點位置	狀態	時間
5	住宅類公寓式連棟住宅	台北	完成	2013年8月19日 17:05
4	住宅類公寓式連棟住宅	台北	完成	2013年8月19日 02:37
3	住宅類公寓式連棟住宅	台南	完成	2013年8月07日 04:04
2	住宅類公寓式連棟住宅	花蓮	完成	2013年8月07日 03:39
1	住宅類公寓式連棟住宅	台中	完成	2013年8月07日 03:32



此網頁平台共分成五個步驟，即可運用普查之既有建築模型進行各類分析

步驟1：選擇身分別



步驟2：選擇住宅模型



步驟3：選擇氣候區；目前全台共有八個氣候區氣象資訊
(台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮、台東)

WebEP 1.1 說明 意見交流 richard.hweng@gmail.com

1 選擇身份
選擇身份

2 選擇建築模型
選擇建築模型

3 選擇氣候
選擇氣候

4 變數設定
變數設定

5 報表結果
報表結果

選擇氣候

新竹

上一步 下一步

© ITRI 2013 | 聯絡我們 | 造訪次數: 430 | 資料來源: 經濟部能源局公告 | 模擬結果僅供參考 建議使用 IE 8 以上或非 IE 瀏覽器 (Chrome、Firefox、Opera)

案例分析

步驟4：變數設定；包含建築方位、室內溫度、能源分級、冷氣機種類、冷氣COP、衰退率、燈具消耗功率、日光照明、建物人數

建築方位	坐北朝南
室內溫度	25°C
能源分級	1
冷氣機種類	台灣松下電器股份有限公司 AC-102-0148
冷氣COP	4.17
衰退率	10%
燈具消耗功率	5W/m ²
日光照明	忽略
建物人數	4

步驟5：結果輸出

1. 基本資料輸出



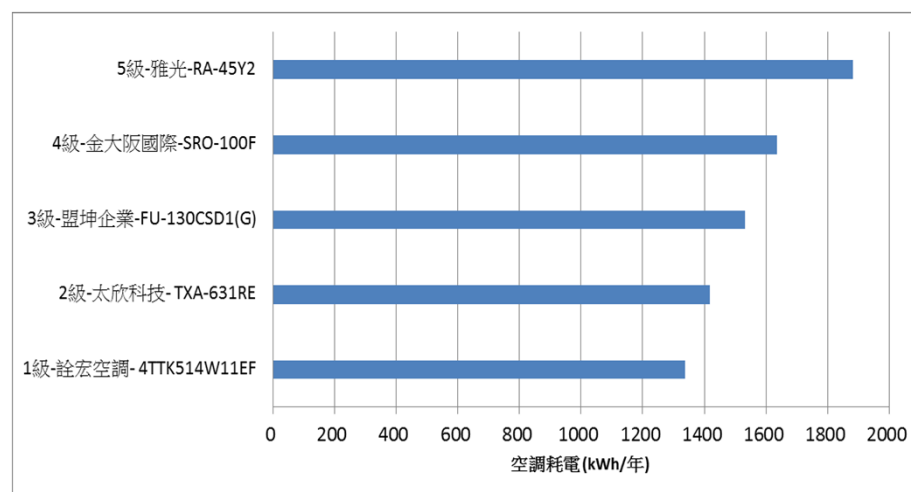
節能標章產品依據能源分級1至5級全年空調耗電比較。

2. 節能標章產品評價比較

WebEP 1.0 說明 意見交流 tonytonyan@gmail.com

#	建築類別	地理位置	狀態	時間
5	住宅類/公寓三樓民宅	台北	尚未完成	2013年8月16日 17:05
4	住宅類/公寓三樓民宅	台北	完成	2013年8月16日 02:37
3	住宅類/公寓三樓民宅	台南	完成	2013年8月07日 04:04
2	住宅類/公寓三樓民宅	花蓮	完成	2013年8月07日 03:39
1	住宅類/公寓三樓民宅	台中	完成	2013年8月07日 03:32

© ITRI 2013 | 聯絡我們 | 進訪次數: 308 | 資料來源: 經濟部能源局公告 | 模擬結果僅供參考 建議使用 IE 8 以上或非 IE 瀏覽器 (Chrome, Firefox, Opera)



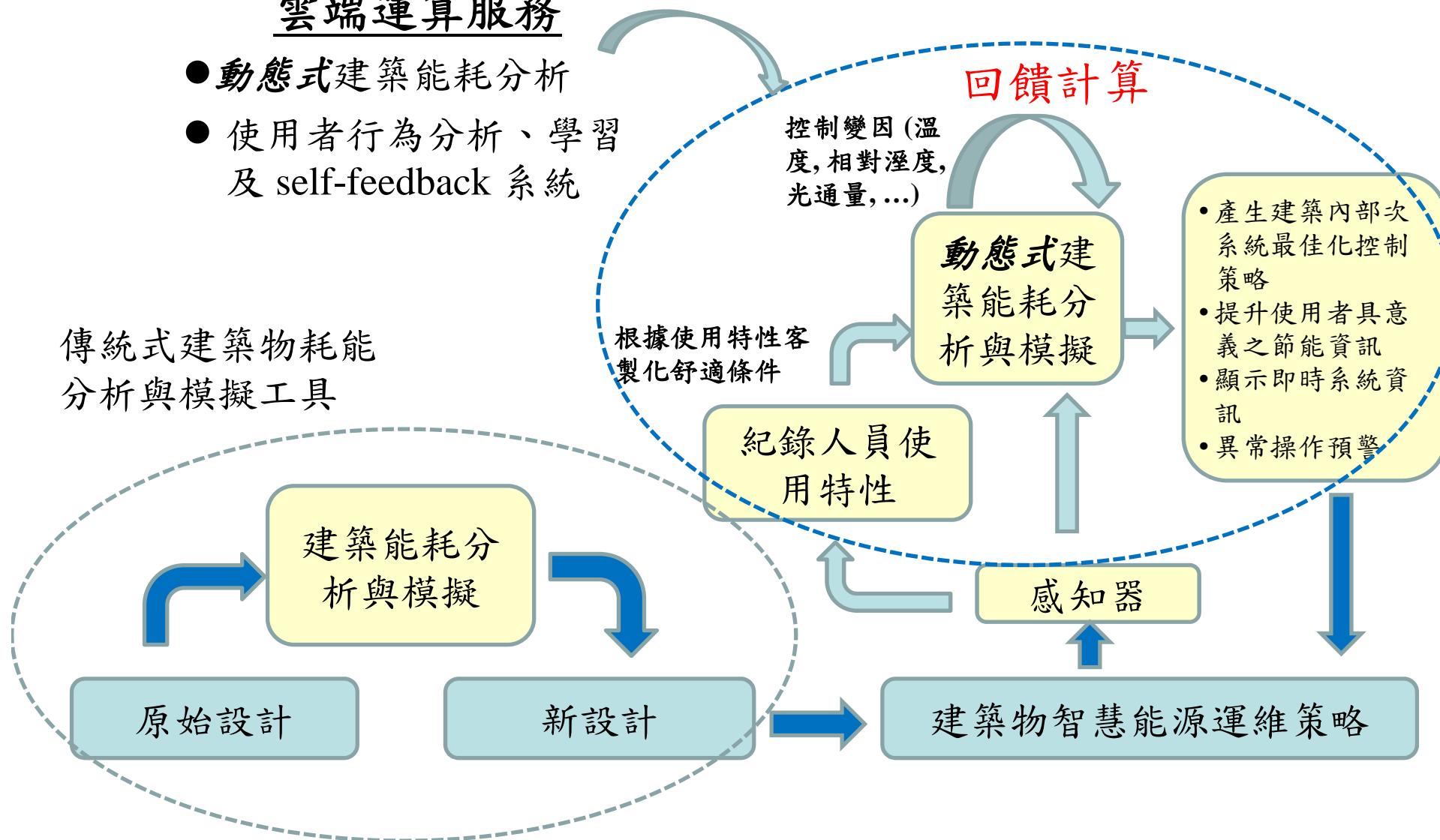
1. 能源使用概況分析
2. 建築能源模擬重要性
3. 建築模擬軟體開發
 - 非即時模擬
 - 即時模擬與控制
4. 結語

模擬與建物能管系統(BEMS)

雲端運算服務

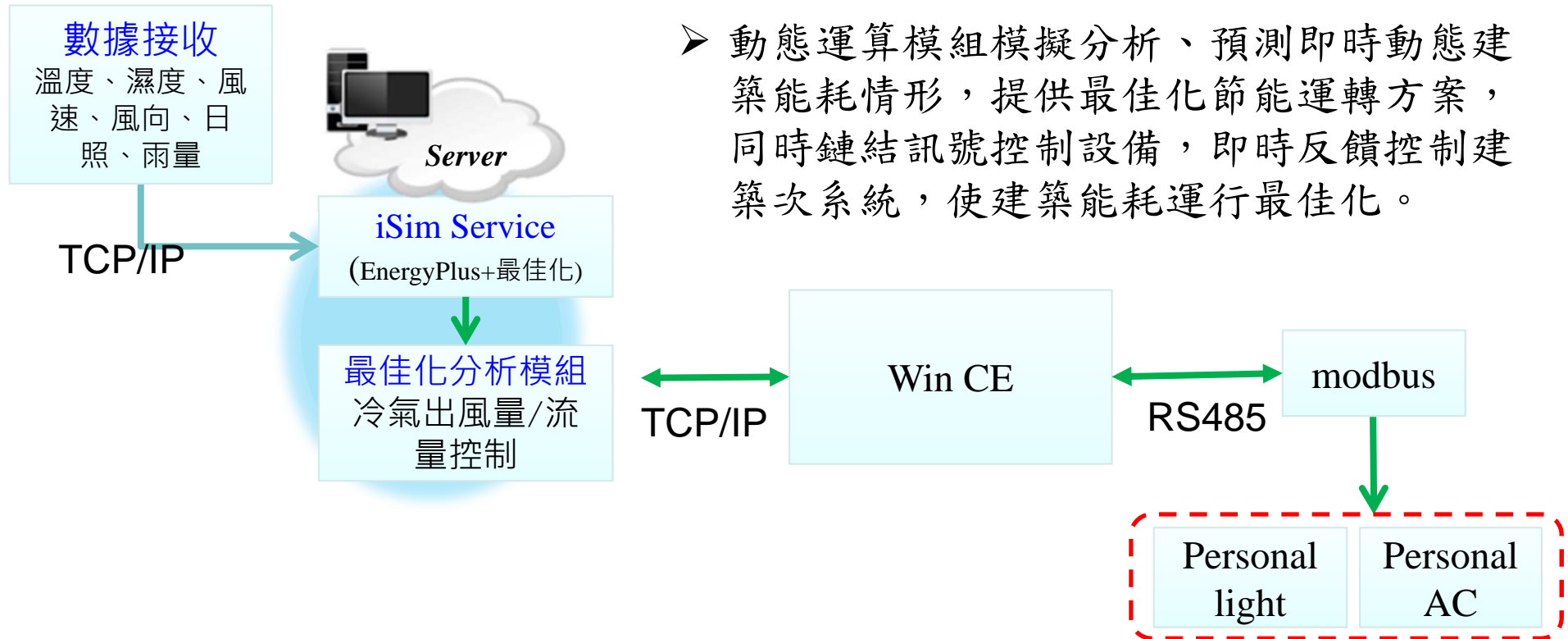
- 動態式建築能耗分析
- 使用者行為分析、學習及 self-feedback 系統

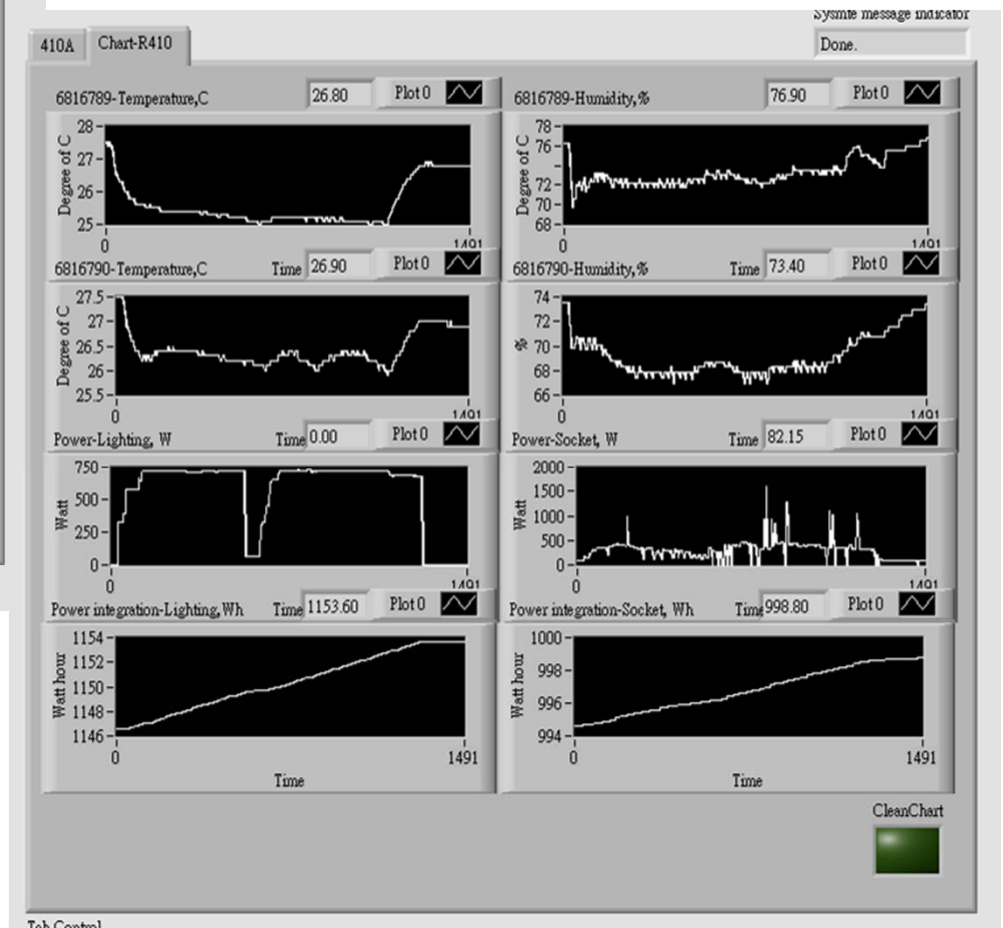
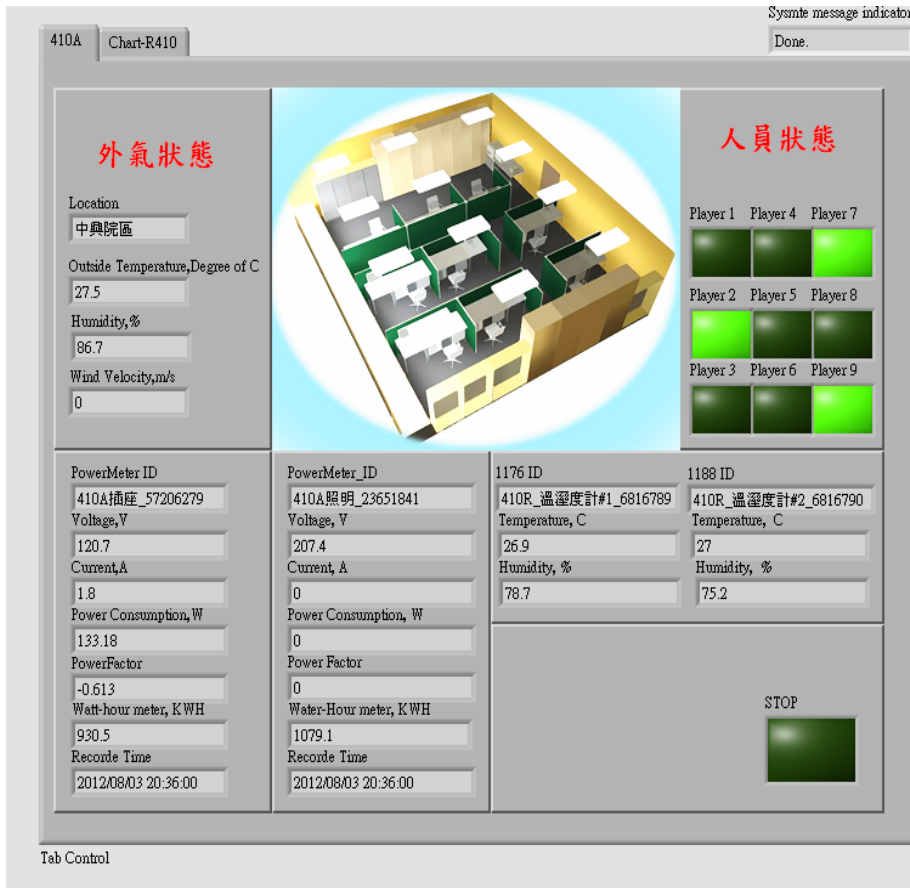
傳統式建築物耗能
分析與模擬工具



4D模擬與控制架構

- 動態運算模組模擬分析、預測即時動態建築能耗情形，提供最佳化節能運轉方案，同時鏈結訊號控制設備，即時反饋控制建築次系統，使建築能耗運行最佳化。





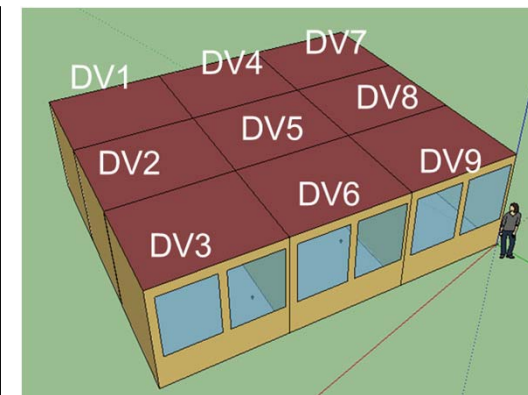
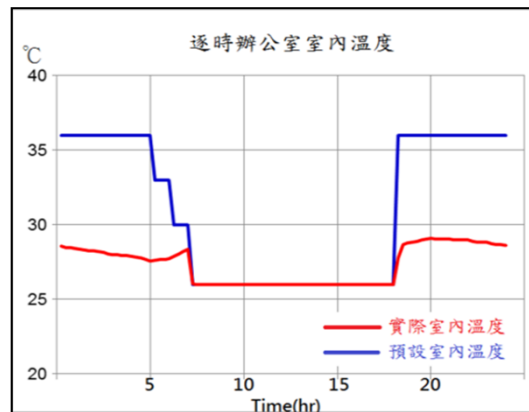
工研院64館410室即時模擬分析

4D比EnergyPlus 分析之結果比較: 全天(7/15)節省約5.5%之用電量 (kWh)

	Cooling Design Air Flow Rate									Total Energy (KWH)	% energy increased
	DV1	DV2	DV3	DV4	DV5	DV6	DV7	DV8	DV9		
4D Result	0.0258	0.0269	0.0264	0.0237	0.0235	0.0254	0.0321	0.0244	0.0271	36	0.00
EnergyPlus Result	0.0297	0.0323	0.0437	0.0299	0.0324	0.0439	0.0297	0.0323	0.0425	38	5.56

最佳化分析結果

目標時段	Total Electric Energy [J]	
	EnergyPlus	4D
14:00:00~14:30:00	5.79E+06	5.68E+06
14:30:00~15:00:00	5.86E+06	5.70E+06
15:00:00~15:30:00	5.87E+06	5.69E+06



智慧建築管理控制的難題

極不友善的使用介面，
功能越多的系統越不友善

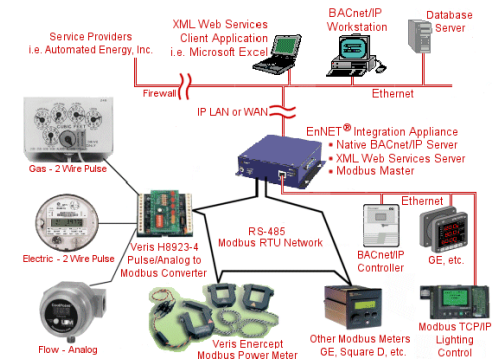


控制複雜的建築系統需要智慧決策，技術尚未成熟

???



複雜的設備連線與程式
撰寫，高成本封閉系統



BACnet, Lon, Modbus,
Ethernet, RS-485....
西門子、Johnson、
Honeywell...

未來的智慧建築管理控制

極度自然簡易的
使用介面

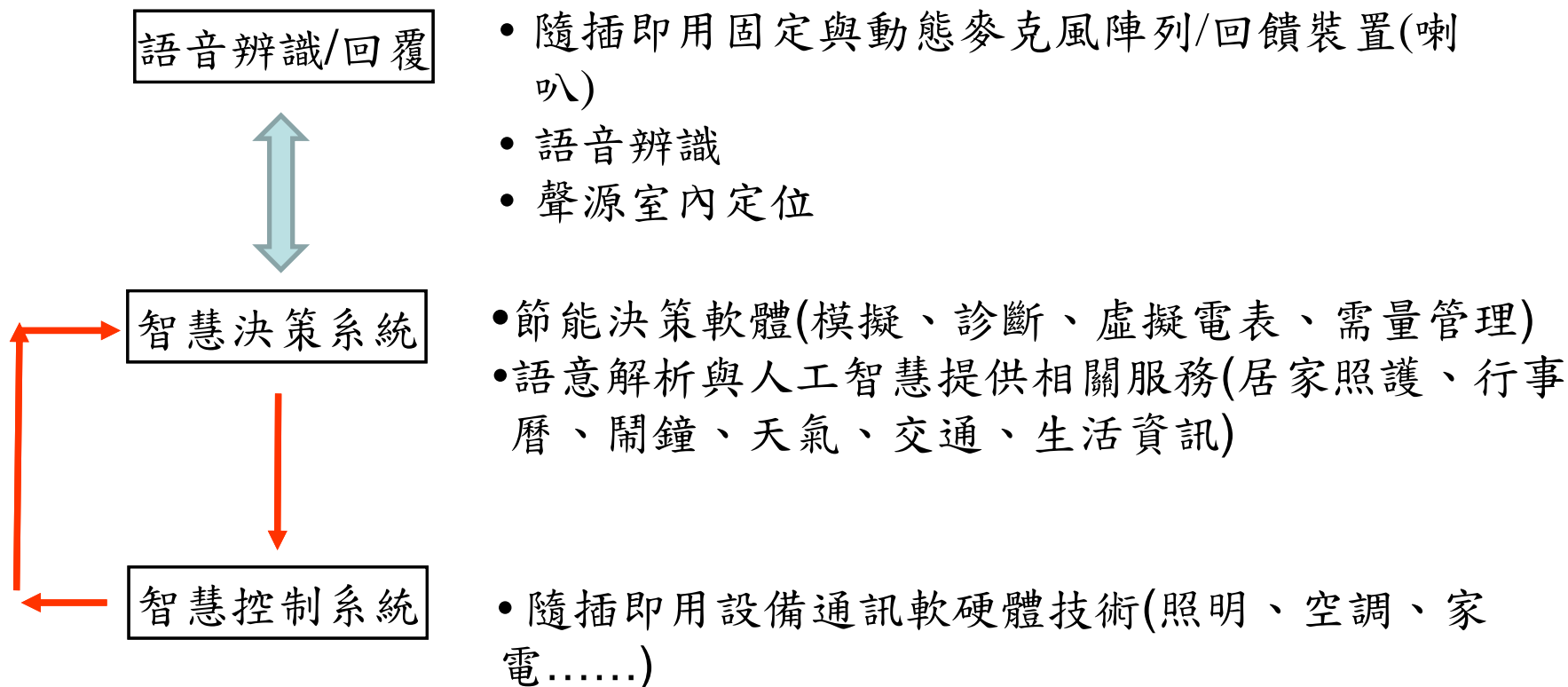
具有智慧感知與
決策能力

通用的隨插即用
設備網路系統

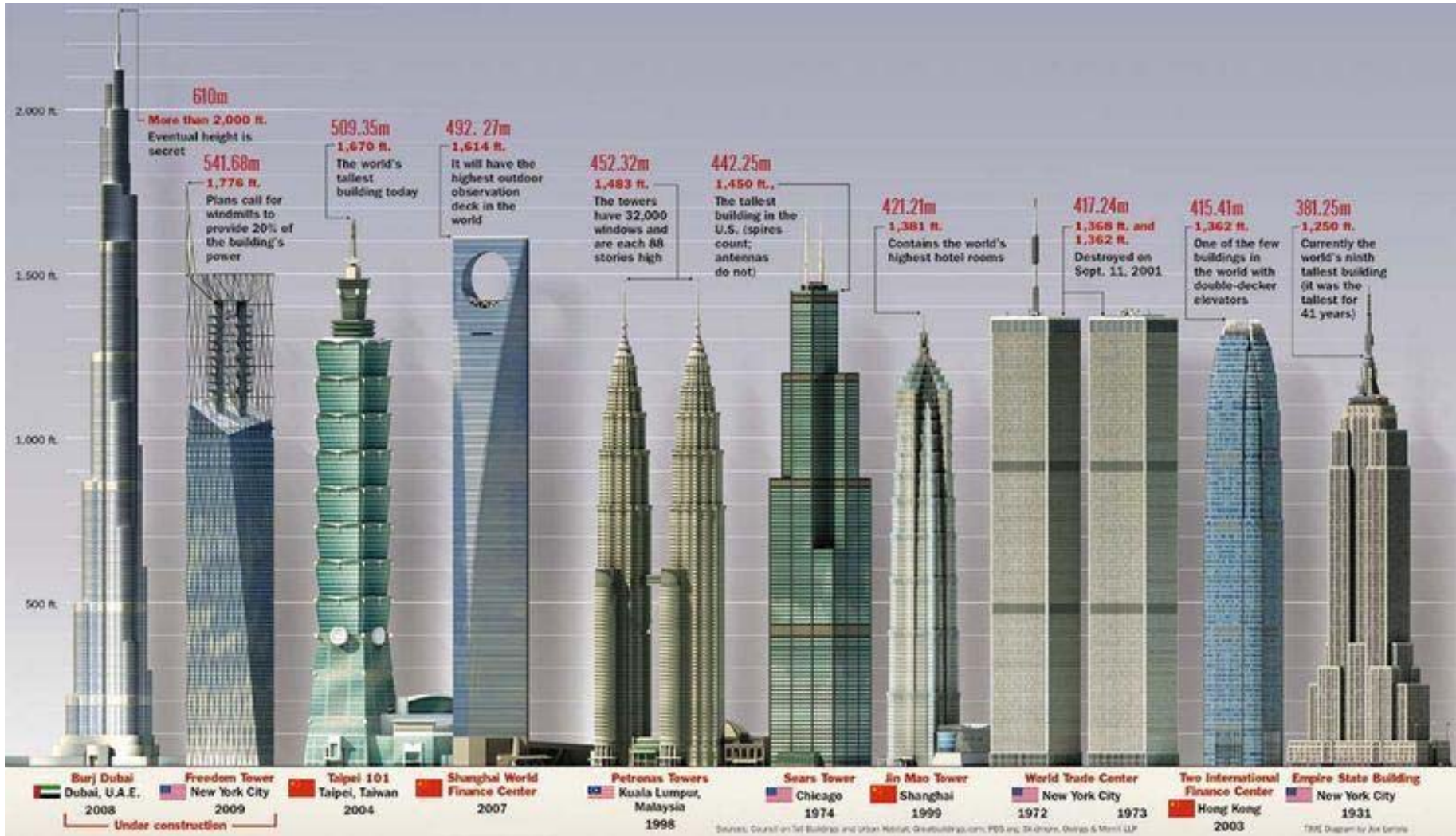
未來的智慧建築管理控制

高挑戰目標：

極度自然簡易的使用介面，隨插即用的設備網路系統，並具有智慧感知與決策能力



結語



謝謝聆聽
敬請指教

林鴻文

工業技術研究院綠能與環境研究所

lhw@itri.org.tw

(03)5914880