

인공지능을 활용한 지역난방시스템 제어

(주) 에스체테

2019. 12. 6.
대표이사 전 은석

(주)에스체테

- 친환경, 에너지 절약 냉난방 Solution 전문
- 1980년 창립, 2019년 현재 창립 40주년
- 한국 최초로 가구별 온수 분배 시스템 도입 (1981년 방배동 소라 아파트)
- 한국 최초로 빌딩 자동제어 시스템 도입 (여의도 미원빌딩, 1985년)
- 압구정동 모든 아파트, 분당, 일산, 부산, 청주 등 전국 200여 아파트 단지에 지역난방 또는 자동제어 시스템 구축



[압구정 현대아파트]



[목동 신시가지 아파트]



VISION

친환경 저탄소 에너지절약 Solution Provider

Solution Provider for Eco-Friendly Low Carbon Energy Saving

자동제어
시스템
설비공사

신재생
에너지

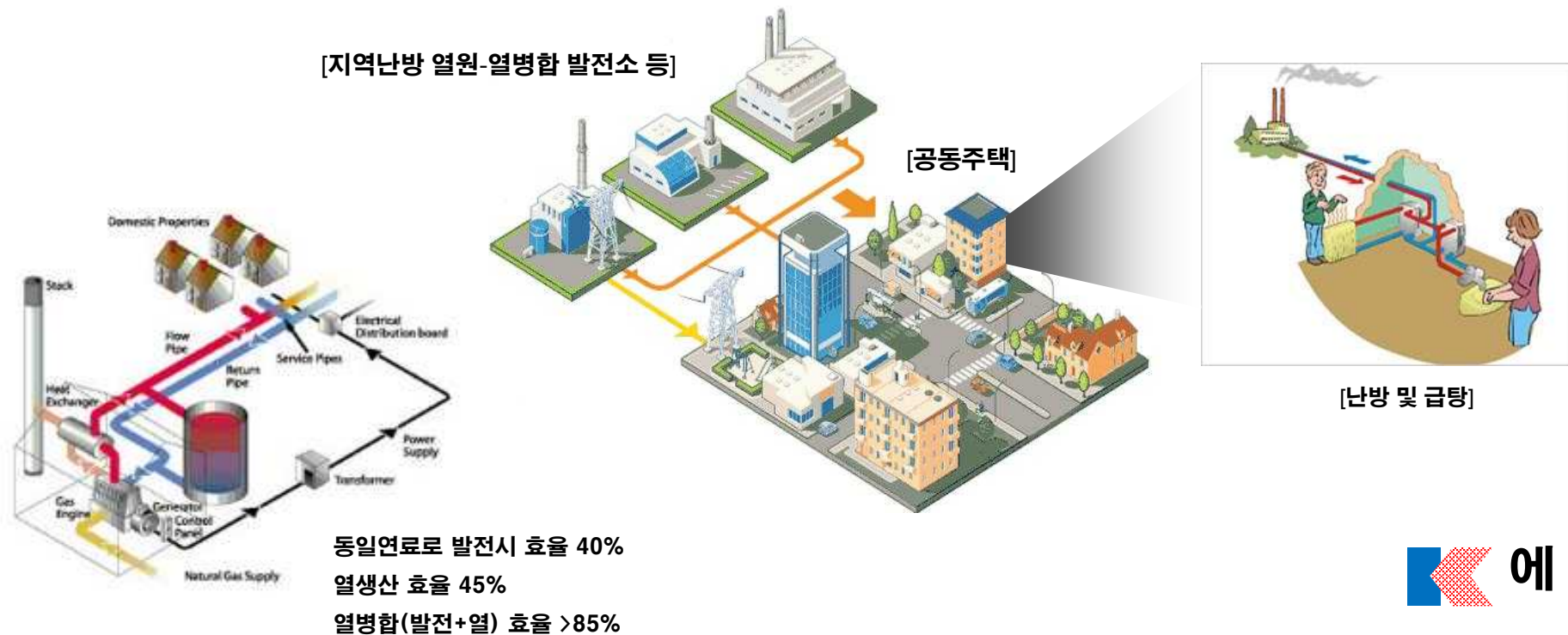
지역난방

기계설비공사

플랜트
배관공사

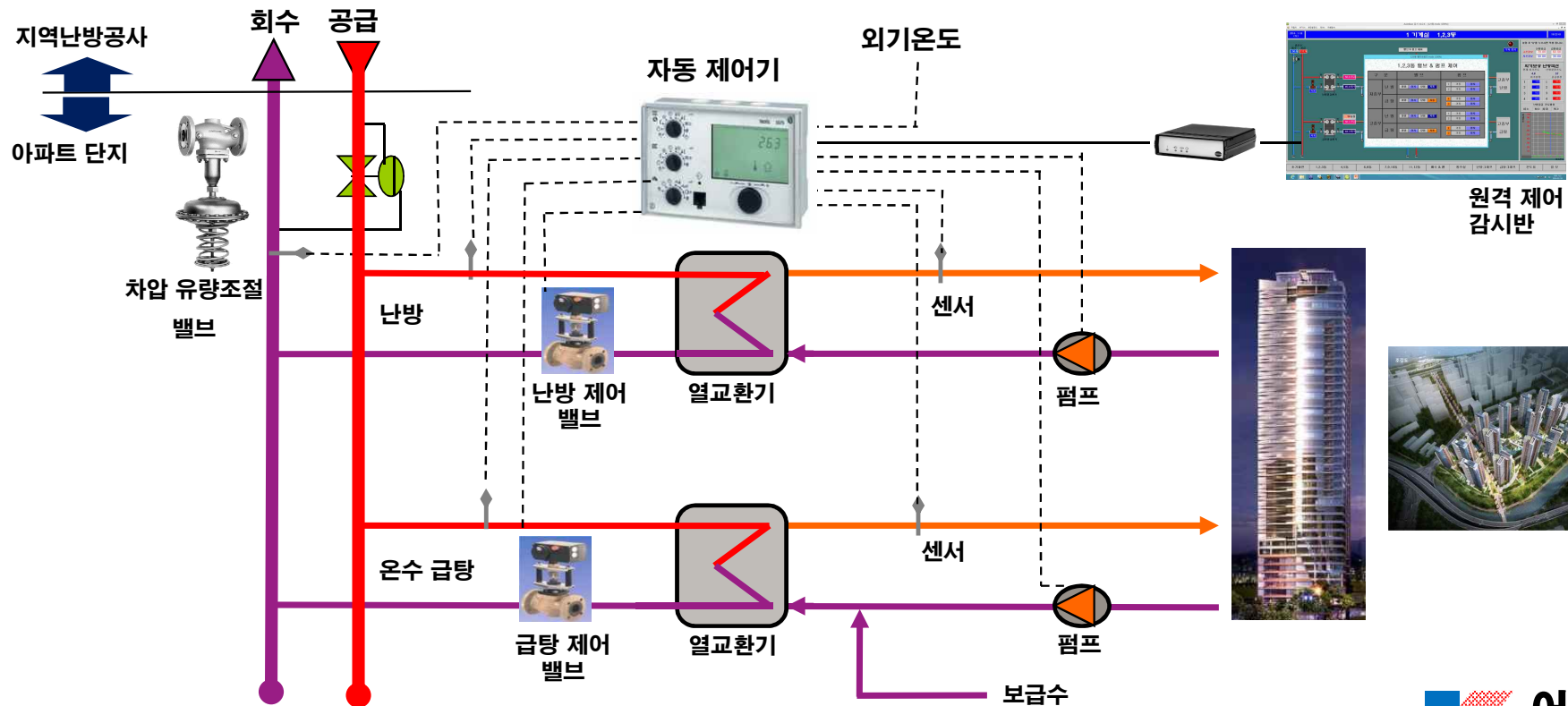
지역난방 개요

- 지역난방은 CHP(열병합 발전소)로부터 발전과정에서 나오는 100-120도의 증온수를 공급받아 공동주택 또는 빌딩의 난방 및 급탕의 열원으로 사용하는 방식
- 지역난방은 가장 저렴한 난방 방식 중 하나이며 주거공간 주변의 대기 오염원을 제거할 수 있으므로 깨끗한 주거환경을 만들 수 있음



아파트 지역난방 자동제어 시스템 계통도

(주)에스체테가 국내 최초 도입, 여의도와 목동 적용 이후 국내 모든 아파트단지에 적용



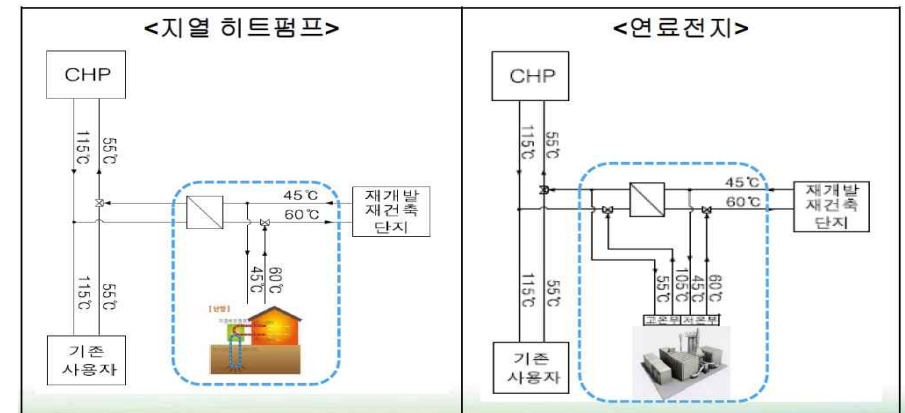
지역난방 에너지 효율성 제고 방향

에너지 낭비 최소화

- 2017년도 월별 열 사용량과 열 생산량 자료를 확인해보면, 월 평균 53,500 Gcal의 에너지가 낭비되는 것을 확인할 수 있음
 - 낭비되는 에너지의 양은 2016년 말에 운전 가동 시작한 고리원자력발전소의 신 3호기가 3-4일 동안 발전해야 얻을 수 있는 에너지로 보다 정확한 수요를 예측하고 알맞은 양을 생산하고 소비해야 낭비되는 에너지를 줄일 수 있음
- 지구 온난화로 인하여 여름은 더욱 더워지고 겨울은 더욱 추워지는 기후 양극화 현상이 지속되고 강수량 또한 국지적 호우로 인해 동일지역 내에서도 강수량 차이가 많이 날 정도로 기상이 변화하고 있음
 - 한겨울 난방수요 피크시기에 열병합발전소를 전기생산이 아닌 순수 열생산을 위해 가동해야 하므로 에너지 효율성이 매우 낮아질 수 있음
 - 기존 난방 제어 운영 시스템으로는 이러한 기후변동성에 대응할 수 있는 난방 공급이 쉽지 않아 에너지 낭비와 사용자 불편 발생

신재생 에너지 활용

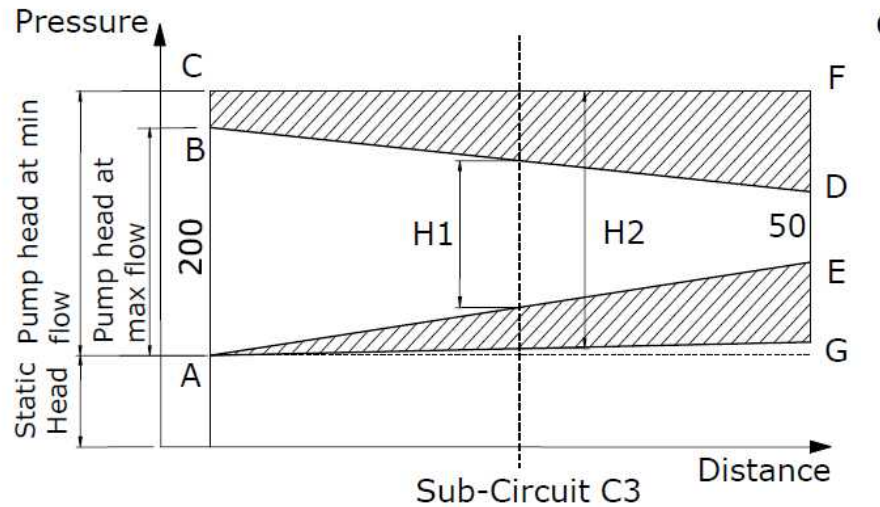
- 열원으로 바이오매스, Heat Pump, 목재가스등 사용
- 난방수요 증가 시 태양열설비 추가
- 기존 지역난방 시스템 (공급온도 110도, 회수온도 50도) 대비 저온 공급으로 에너지 손실 최소화 도모 (공급온도 60도, 회수온도 30도)
- 근본적으로 공급 열에너지가 충분하지 않아 소비자 만족도 제고가 어려울 수 있음



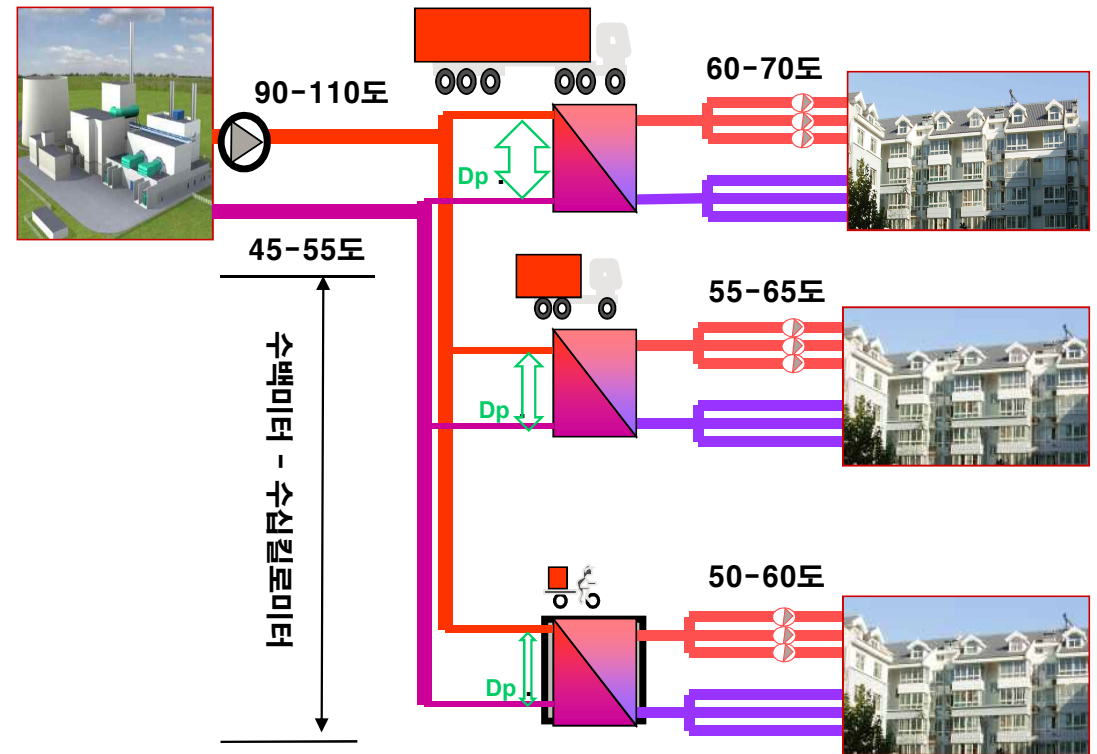
참조) 지역난방공사

지역난방 열 배관 제어 issue (1/2)

- CHP (Combined Heat and Power)으로부터 멀어지면서 압력과 온도의 저하 발생
- CHP에서 멀리 떨어져 있거나 고지대에 위치한 소비자는 불충분한 압력과 온도로 에너지 공급이 불충분할 수 있음



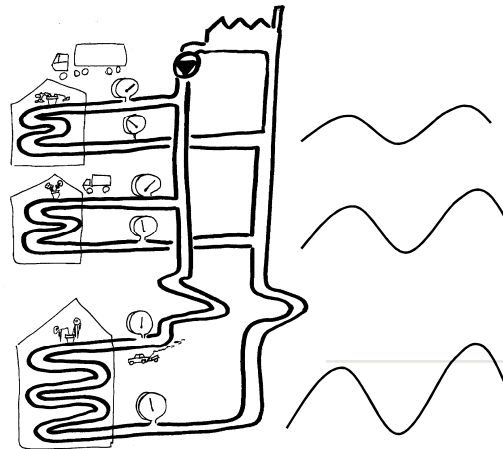
[거리에 따른 압력 저하 Graph]



지역난방 열 배관 제어 issue (2/2)

열에너지 수요 폭증 시(강추위, 온도 급강하)

- 지역난방 전 수요자로부터 난방에너지 수요 폭증
- 열원에서 멀리 떨어진 아파트와 동일아파트 단지내 고층 세대는 충분한 열에너지를 공급받지 못함
- 수요 폭증을 감지한 시스템 제어기가 (뒤늦게) 열에너지 공급량을 늘리기 위해 공급온수 온도 올리고 펌프 Flow 증가
- 난방 배관 내 온수 압력과 온도가 파동 치는 현상 발생 가능 (일종의 Bull Whip Effect)



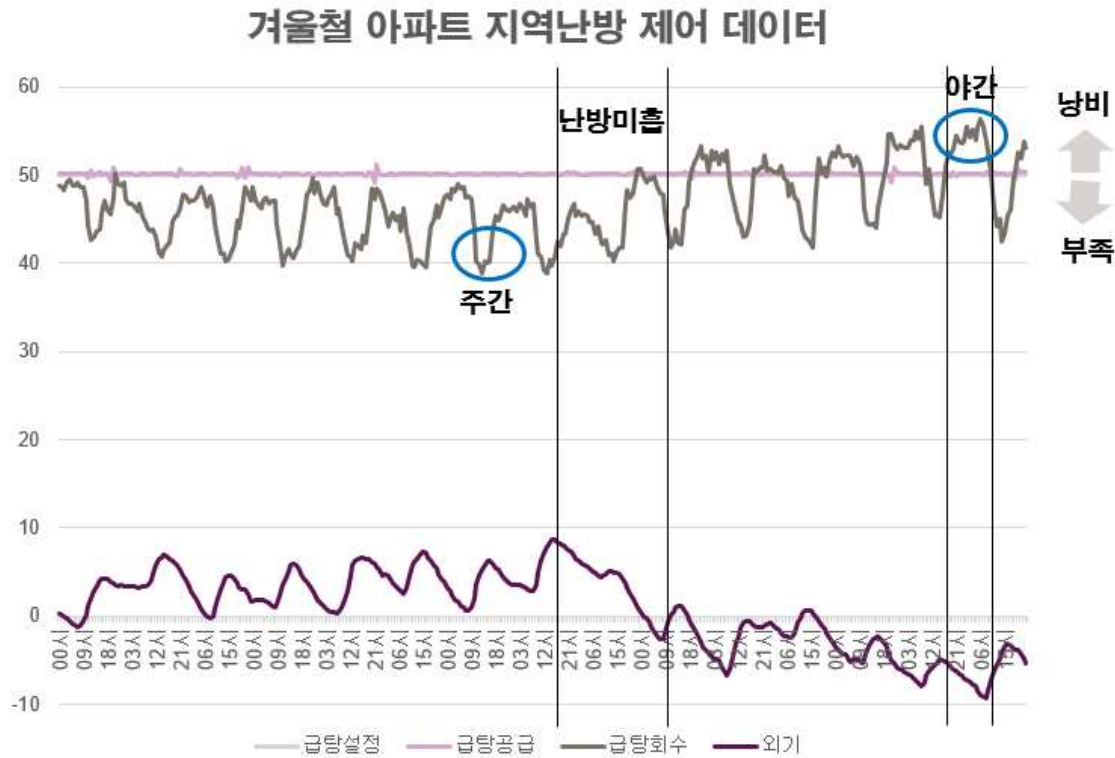
배관파열

- 압력을 견디지 못한 노후 배관 파열
- 지역냉방사태 발생



[일산 지역난방 배관 파열 (2018.12.4)]

지역난방 아파트 단지 및 세대 issue (1/2)



- 외기온도 변화 혹은 시간대별 수요 변동에 따른 수요량 변화에 적절한 대응 부족으로 고객 만족도 저하 및 에너지 낭비 발생
 - 온도 급강하시 시 고층세대 열에너지 공급이 충분하지 않은 경우 발생
 - 시간대별로 Fluctuation 발생 : 온수 Demands peak 시간대에 난방이 충분하지 않거나 Demand Minimum 시간대에 에너지 낭비 발생
- 같은 동이라도 세대별 품질차이 발생
- 난방소비자 만족도 저하와 열에너지 낭비 발생

지역난방 아파트 단지 및 세대 issue (2/2)

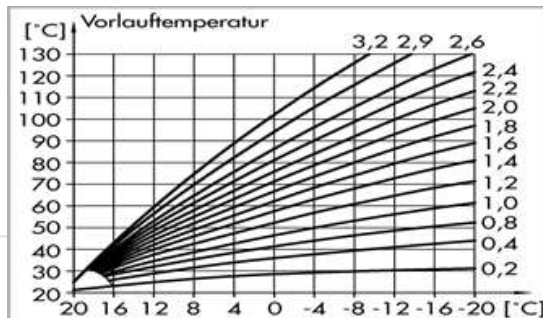
- 세대별 지역난방의 비정상적 사용의 감지가 되지 않을 수 있음
 - 난방 미사용 세대와 과도한 사용세대가 같은 난방비 지불 (난방열사)
- 세대 배관공사시 부실시공 미검출 가능성
- 노후아파트의 경우 압력변화 시 열배관 파열 발생



현 지역난방 적용 제어기술

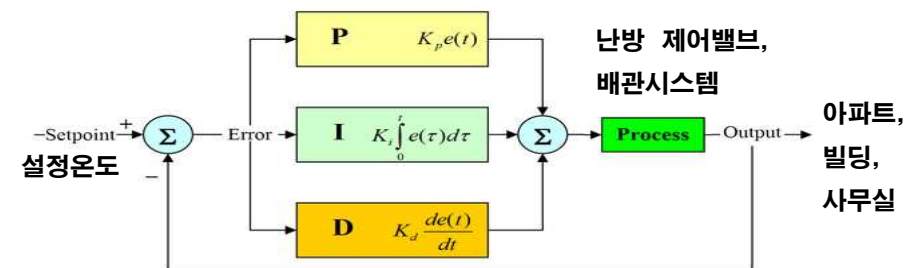
기준 온도값 설정

- 고정 온도값: 24시간, 겨울 내내 일정한 온도 온수 공급
 - 외산 국산 대부분의 제어기 방식
- 4-point 온도값 세팅: 시간대별 난방 수요에 따른 공급 온수 온도값 설정
 - 오전/저녁 에 고온, 오후/밤 에 저온
- 외기보상 온도값 세팅 : 외부 온도에 따라 차별화된 온도의 온수 공급.
 - 현재 가장 효율적인 온도세팅 방식 (⌘ 에스체테 사용 중)
 - 건축물별 설비특성, 단열특성은 반영하지 못함



제어기술

- 대부분의 난방 자동 제어기의 제어로직은 제어기술인 PID(Proportional - Integral - Derivative)제어에 기반
- PID제어는 설정온도와 실제온도의 차이인 Error를 에러신호를 P제어를 통해 비례 증폭하고 I제어를 통해 적분 증폭하여 빠른 오차감소를 야기하되 과도한 증폭신호로 인한 시스템의 발산 또는 Overshoot을 미분을 통해 완화시키는 제어기술임
- 0.2도~0.5도의 에러를 용인하는 난방시스템 특성상 PID제어는 충분한 제어효과를 거둘 수 있음
- On-time System Control용으로 Predictive Control 불가능.



인공지능 적용한 냉 난방 에어컨디셔닝(HVAC) 제어관련 연구 동향

- ANN, RNN, Deep Learning 등 인공지능 기법은 냉난방 (Heating, Ventilation, Air Conditioning) 모델링, 수요예측, 예측제어, 제어최적화 수단으로 연구되고 있음

Year	HVAC System	AI Development	Key Results	
2001	Use of artificial neuro networks (ANNs) in solar radiation and wind speed prediction, photovoltaic systems, building services, and load forecasting and prediction	ANNs for modeling a solar steam generator, modeling of solar domestic water heating systems, and forecasting the building thermal loads	R-square value of load fitting ranges from 0.9733 to 0.9940. The prediction errors are within 1.9–5.5%.	(1)
2008	Forecasting building energy consumption based on simulation models and ANN	Comparison between detailed model simulations and ANN for forecasting building energy consumption	Difference between the detailed model and ANN is less than 2.1%	(2)
2010	A chiller system in an intelligent building	Optimization by RNN	7.4% energy savings	(3)
2017	Deep reinforcement learning for building HVAC control	Deep reinforcement learning (DFL)-based algorithm	11% energy savings	(4)
2017	Office heating ventilation and air conditioning systems	Reinforcement learning (RL) and long/short-term memory RNN	2.5% energy savings while improving thermal comfort by an average of 15%	(5)

(1) Kalogirou, S.A. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2001, 5, 373–401.

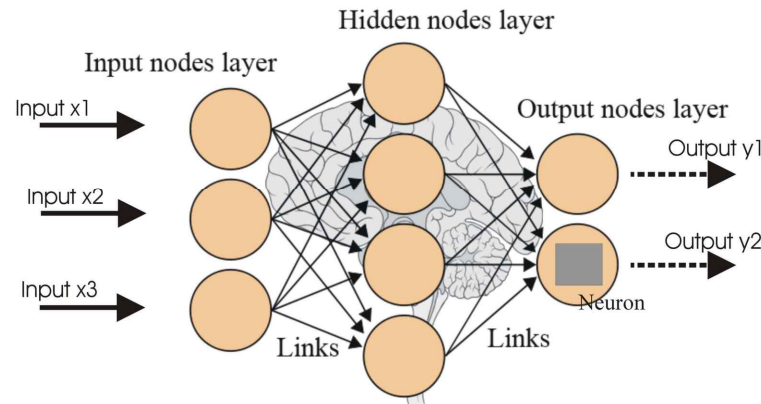
(2) Kolokotsa, D.; Saridakis, G.; Pouliezios, A.; Stavrakakis, G.S. Design and installation of an advanced EIBTM fuzzy indoor comfort controller using MatlabTM. Energy Build. 2006, 38, 1084–1092.

(3) Li, M.; Ren, Q. Optimization for the Chilled Water System of HVAC Systems in an Intelligent Building. In Proceedings of the 2010 International Conference on Computational and Information Sciences, Chengdu, China, 17–19 December 2010; pp. 889–891.

(4) Wei, T.; Wang, Y.; Zhu, Q. Deep Reinforcement Learning for Building HVAC Control. In Proceedings of the 2017 54th ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC), Austin, TX, USA, 18–22 June 2017; pp. 1–6.

(5) Wang, Y.; Velswamy, K.; Huang, B. A long-short term memory recurrent neural network based reinforcement learning controller for office heating ventilation and air conditioning systems. Processes 2017, 5, 1–18.

- 기존 제어기술과 설비 시스템으로는 설정값 기준 On-time제어만 가능할 뿐 날씨와 기온변화, 시간대별 수요변화에 따른 선제적 제어는 불가능함.
- 10년 난방데이터를 사용하여 인공지능으로 Training시키면 외부 기후변화와 시간대별 수요변화, 건축물 특성에 맞는 최적화된 에너지 공급을 적시에 할 수 있는 제어로직 및 시스템 구현이 가능할 것임

[illegible]

제어

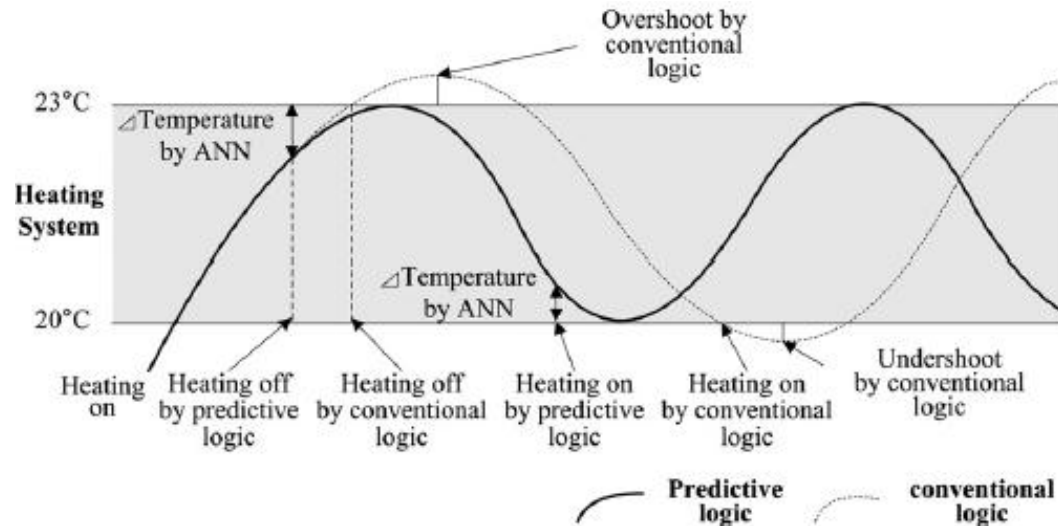
- 제어신호 Overshoot이나 Undershoot을 최소화 하여 에너지 효율성을 높임
- 외기, 제어설비, 건축물 난방특성에 맞는 최적화 제어 변수 도출
- Adaptive, Predictive Control 구현

모델링

- 외부기후와 이에 따른 에너지 수요를 모델링 하여 소비자 만족도 제고와 에너지 절약 모두를 구현하는 제어 시스템 운영
- 고장의 선제적 발견, 적기 적시 유지보수 관리
- 이상상황 조기 검출

지역난방 제어에 인공지능 도입 (1/3) – 제어 효율성 향상

- 인공지능 기반의 난방 온도제어 알고리즘 개발 시 예상 효과
 - 과거 난방데이터를 기반으로 학습된 인공지능기반 지역난방 시스템은 높은 정확도로 열 수요량 예측 및 수요에 알맞은 열 공급을 가능하게 하여 낭비되는 열에너지의 최소화를 가능하게 할 수 있음
 - 인공지능을 활용하여 현재 공급온도에서 정상상태온도까지의 반응시간을 최소화 하고 최적화된 공급에너지 예측하도록 함
- 과거 난방데이터를 이용하여 지속적 학습을 진행하여 상황 별 오류를 줄이고, 뉴런 간 관계를 조정함. 이 과정을 통하여 예측제어(Predictive Control)와 적응제어(Adaptive Control)를 구현할 수 있을 것임



지역난방 제어에 인공지능 도입 (2/3) – 건물 특화 효율적 제어 구현

■ 건축물/빌딩은 각 각 열에너지 사용환경과 특성이 상이

- 난방 배관 설비 시스템이 상이
- 단열특성, 열전달 특성이 상이
- 동일 아파트라도 거주민의 열에너지 사용 방법에 따라 열에너지 소비특성이 틀림



[신축아파트]



[구형아파트]

As-Is

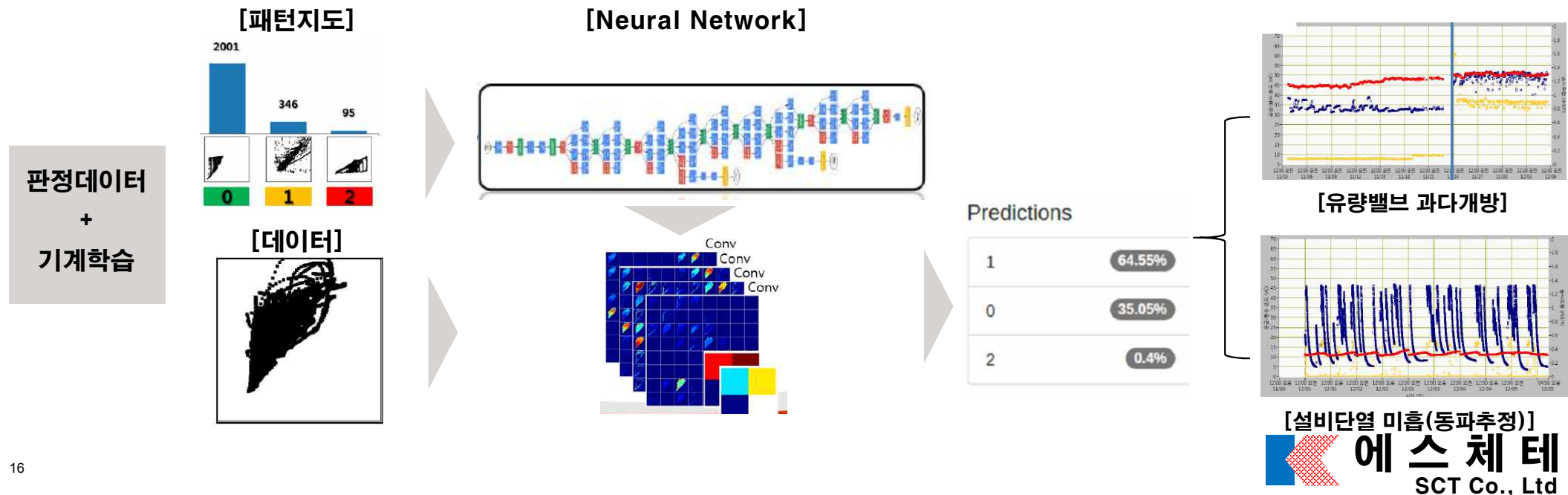
- 범용 난방용 제어기 사용, 온도위주 제어

인공지능 활용한 To-Be

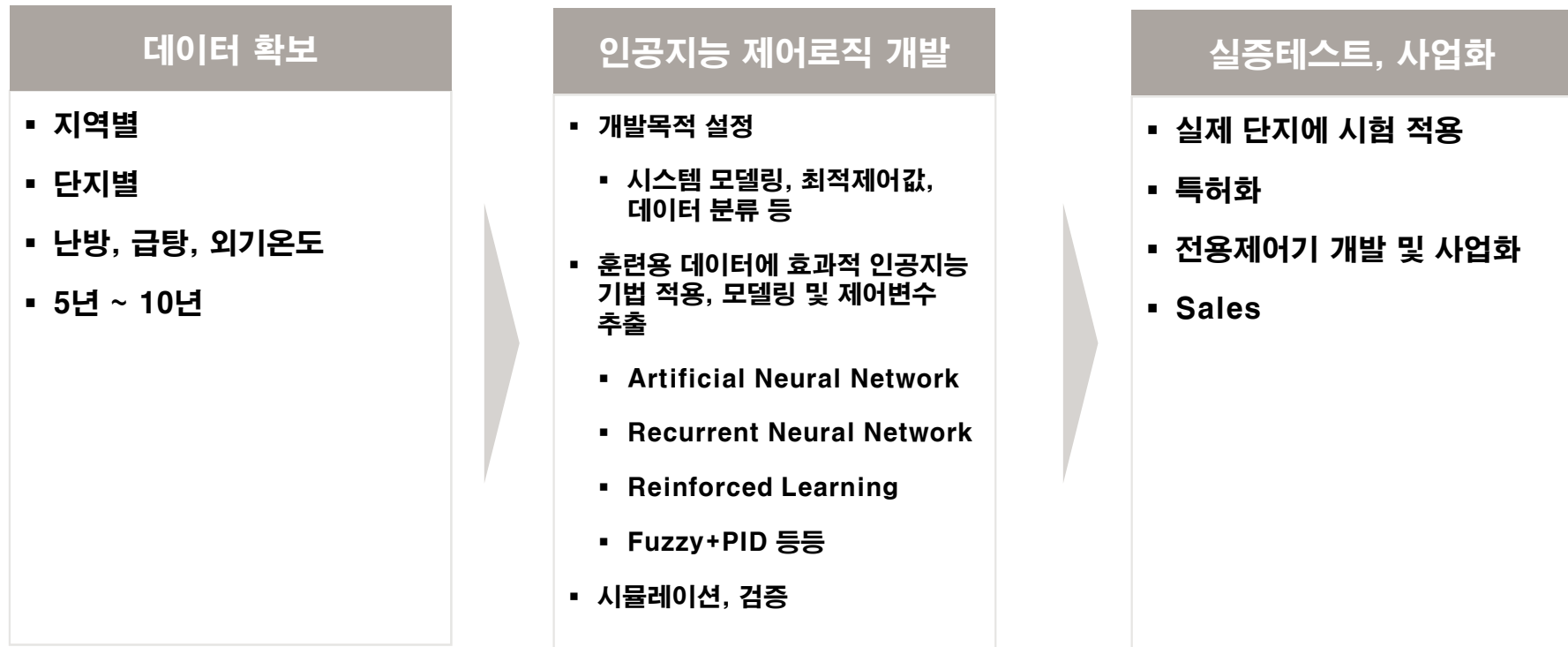
- 과거 난방사용 Data기반으로 빌딩별, 아파트 동별, (향후 가구별) 특성화된 제어로직 생성, 최적화된 제어 및 시스템 운영 구현
- 건물별 에너지 효율성 향상 및 소비자 만족도 제고

지역난방 제어에 인공지능 도입 (3/3) – 관리 효율성 향상

- 인공지능으로 학습된 데이터를 기반으로 실제 운영데이터에 적용, 운영상태 모니터링 및 고장 발생 유무를 자동적으로 판별하고 고장발생 시 고장 유형까지 판단
 - 제어밸브, 센서, 펌프, 열교환기 등 설비의 고장 또는 노후화 판단, 교체시기 제안
- 관리 효율성 제고 및 연속적 설비운영 보장



(주) 에스체테의 인공지능 적용한 난방제어시스템 개발계획





서울특별시 강남구 신사동 507-7 하이즈빌딩 4층
www.sctco.co.kr
대표전화 : 02) 3444-8562
F A X : 02) 3444-8565
대표 E - Mail : sctco@chol.com