(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0085967
(43) 공개일자 2017년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/06 (2012.01) *G06Q 20/14* (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/06 (2013.01)
G06Q 20/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0003571
(22) 출원일자 2017년01월10일
심사청구일자 2017년01월10일
(30) 우선권주장
1020160005164 2016년01월15일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
홍충선
경기도 용인시 수지구 상현로 30-10 상현마을 성원상떼빌 233-101 (상현동, 상현마을성원상떼빌아파트)
팜 츄안
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스 전자정보대학 352호
이다은
서울특별시 강서구 허준로 139, 305동 502호 (가양동,강변아파트)
(74) 대리인
김홍석, 김등용

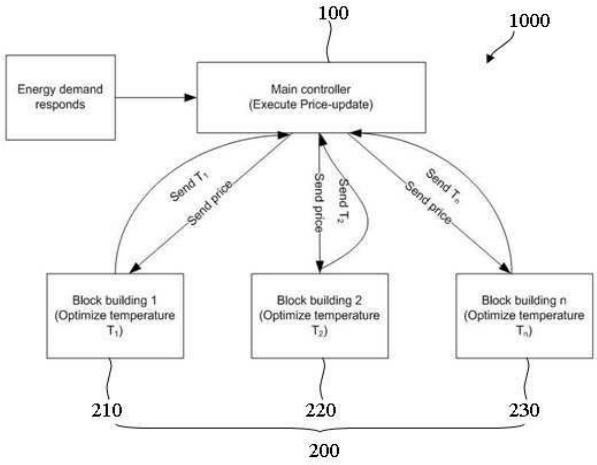
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **복합건물에서의 에너지 관리 방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리 방법은, 각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청하는 정보 요청 단계; 각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신하는 온도 정보/매개 변수 수신 단계; 및 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하는 매개 변수 갱신/전송 단계를 포함하고, 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도를 조절할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
Y04S 10/30 (2013.01)
Y04S 20/225 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R0126-15-1009
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터(NIPA산하)
연구사업명 정보통신·방송 연구개발 사업
연구과제명 ICBMS 플랫폼 간 정보모델 연동 및 서비스 매쉬업을 위한 스마트 중재 기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 계명대학교 산학협력단
연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

복합 건물에서의 에너지 관리 방법에 있어서,

각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청하는 정보 요청 단계;

각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신하는 온도 정보/매개 변수 수신 단계; 및

상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하는 매개 변수 갱신/전송 단계를 포함하는, 복합 건물에서의 에너지 관리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계에서,

HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도가 결정되는, 복합 건물에서의 에너지 관리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^{t})와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단하는 매개 변수 차이 비교 단계를 더 포함하는, 복합 건물에서의 에너지 관리 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면,

상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계 및 상기 매개 변수 갱신/전송 단계를 반복하는 것을 특징으로 하는, 복합 건물에서의 에너지 관리 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계는,

상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 상기 각각의 건물에서 결정된 상기 최적 온도를 수신하는 것을 특징으로 하는, 복합 건물에서의 에너지 관리 방법.

청구항 6

복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 주 제어 기기(Main controller)에 있어서,

각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청하는 인터페이스부; 및

각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신하고, 그리고 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각

각의 건물로 전송하도록 상기 인터페이스부를 제어하는 제어부를 포함하는, 주 제어 기기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 최적 온도는,

HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 각각의 건물로부터 결정되어 상기 각각의 건물로부터 상기 인터페이스부를 통해 상기 제어부로 수신되는, 주 제어 기기.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단하는, 주 제어 기기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면,

상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지 변경된 제2최적 온도를 상기 각각의 건물로부터 수신하고,

상기 제2최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 제2매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하는 것을 반복하는 것을 특징으로 하고,

상기 제2최적 온도는 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 상기 각각의 건물에서 결정되는 것을 특징으로 하는, 주 제어 기기.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 비용 함수는,

$$L(T,\lambda)=\sum_{i=1}^{N}\alpha E_{hvac}^{i}(T^{i})+C_{user}^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i}^{N}(E_{hvac}^{i}(T_{k}^{i})-E_{hvac}^{i}(T^{i}))-R\right)$$

$$=\sum_{i=1}^{N}C^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i=1}^{N}\Delta E^{i}-R\right)$$

로 결정되고,

$T_i, T_k^i, E_{hvac}^i, C_{user}^i$는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이고, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, R은 에너지 수요 응답 (EDR: energy demand response)에 따른 에너지량이고, λ는 상기 매개 변수이고, N은 건물의 개수인 것을 특징으로 하는, 주 제어 기기.

청구항 11

복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 건물 제어 기기(Building controller)에 있어서,

에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신하는 인터페이스부; 및

건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 주 제어기기로 전송하고, 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기로부터 수신하도록 상기 인터페이스부를 제어하는 제어부를 포함하는, 건물 제어 기기.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제어부는,

HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도와 상기 매개 변수를 결정하는 것을 특징으로 하는, 건물 제어 기기.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1값($C^i(T^i)$)과 상기 제2값($\lambda^t \Delta E^i(T^i)$)의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도($T^i$)와 상기 매개 변수($\lambda^t$)를 결정하고,

$$\min C^i(T^i) + \lambda^t \Delta E^i(T^i)$$

$$s.t. T^i \geq 0$$

$E^i_{hvac}(T^i_k) - E^i_{hvac}(T^i) = \Delta E^i(T^i)$, $C^i(T^i) = \alpha E^i_{hvac}(T^i) + C^i_{user}(T^i)$ 이고,

$T_i, T^i_k, E^i_{hvac}, C^i_{user}$ 는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이고, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, λ^t는 시각 t에서의 상기 매개 변수이고,

상기 제2값은 상기 HVAC 에너지 소모량(E^i_{hvac})을 가격으로 변환한 값(αE^i_{hvac})과 상기 사용자 불편 비용($C^i_{user}(T^i)$)의 합에 상기 매개 변수(λ^t)를 곱한 값으로 표현되는 것을 특징으로 하는, 건물 제어 기기.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε)을 초과하면,

상기 제어부는,

상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지,

상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 제2최적 온도를 결정하고, 상기 결정된 제2최적 온도를 상기 인터페이스부를 통해 상기 주 제어기기로 전송하는 것을 반복하는 것을 특징으로 하는, 건물 제어 기기.

청구항 15

복합 건물에서의 에너지 관리 방법에 있어서,

에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신하는 정보 수신 단계;

건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 건물 제어기기로 전송하는 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계; 및

상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기로부터 수신하는 매개 변수 수신 단계를 포함하는, 주 제어 기기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복합건물에서의 에너지 관리 방법에 관한 것으로, 주상 복합건물에서의 온도를 제어하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 주상 복합건물에서의 난방, 통풍, 공기 조화(HVAC: heating system, ventilation, air condition) 시스템 및 전자 기기들에서 온도를 제어하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 IT를 비롯한 첨단기술의 빠른 발전으로 인해 쾌적한 환경의 확보 및 업무 활동과 비즈니스에 필요한 기능 확보 등 빌딩 내 에너지 설비의 자동화 및 지능화 추세가 가속화되고 있다. 이와 관련하여 빌딩관리에 IT를 활용한 빌딩 자동화 시스템(BAS : Building Automation System), 지능형 빌딩 시스템(IBS: Intelligent Building System), 빌딩 에너지 관리 시스템(BEMS : Building Energy Management System) 등 여러 가지 시스템 도입이 이루어지고 있다.

[0003] 이러한 시스템과 관련하여, 특히 빌딩 에너지 관리 시스템(BEMS : Building Energy Management System)은 건물 내 에너지 설비뿐만 아니라 사무기기, 정보기기 등 제반 에너지 기기의 세부 에너지 사용량 모니터링과 지능형 제어를 통해 에너지 소비를 최소화한다. 또한, 건물 내 상태 감지 및 환경정보를 기반으로 쾌적하고 경제적인 환경을 보장하는 기술이다.

[0004] 그러나 대부분의 빌딩 에너지 관리 시스템은 온도, 습도, 조도, 먼지농도 등과 같은 가공하지 않은(raw) 센싱 데이터만을 이용하여 실내 환경을 획일적으로 제어하고 있기 때문에 사용자의 체감 정보에 따라 쾌적한 실내 환경을 제공하는 데에는 한계가 있다.

[0005] 또한, 복합 건물(Mixed-Use building)과 같은 복수의 건물들(multiple building)을 고려하면, 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도나 습도 등을 조절하는 것을 매우 복잡하다는 문제점이 있다.

[0006] 특히, 복수의 건물들 내부에서 모두 사용자가 일정한 수준 이상의 쾌적함을 느끼면서, 동시에 빌딩 에너지 소비량을 조절하는 것은 개별 건물들 내부에 배치되는 로컬 제어장치 또는 건물 전체를 관리하는 주 제어장치만에 의해서만 수행될 수 없다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도를 조절하는 데에 그 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 개별 건물들 내부에 배치되는 로컬 제어장치 또는 건물 전체를 관리하는 주 제어장치가 상호 협력하여 빌딩 내 에너지 소비량을 감소시키는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리 방법은, 각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청하는 정보 요청 단계; 각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수

와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신하는 온도 정보/매개 변수 수신 단계; 및 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하는 매개 변수 갱신/전송 단계를 포함하고, 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도를 조절할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따라, 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계에서, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도가 결정될 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따라, 상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^{t})와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단하는 매개 변수 차이 비교 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따라, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계 및 상기 매개 변수 갱신/전송 단계를 반복하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 양상에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 주 제어 기기(Main controller)는, 각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청하는 인터페이스부; 및 각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신하고, 그리고 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하도록 상기 인터페이스부를 제어하는 제어부를 포함한다.

[0014] 일 실시예에 따라, 상기 최적 온도는, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 각각의 건물로부터 결정되어 상기 각각의 건물로부터 상기 인터페이스부를 통해 상기 제어부로 수신될 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따라, 상기 제어부는, 상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^{t})와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따라, 상기 제어부는, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지 변경된 제2최적 온도를 상기 각각의 건물로부터 수신할 수 있다. 이때, 상기 제2최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 제2매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송하는 것을 반복하는 것을 특징으로 할 수 있다. 또한, 상기 제2최적 온도는 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 상기 각각의 건물에서 결정될 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따라, 상기 비용 함수는,

$$L(T,\lambda)=\sum_{i=1}^{N}\alpha E_{hvac}^{i}(T^{i})+C_{user}^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i}^{N}(E_{hvac}^{i}(T_{k}^{i})-E_{hvac}^{i}(T^{i}))-R\right)$$

$$=\sum_{i=1}^{N}C^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i=1}^{N}\Delta E^{i}-R\right),$$

[0018] 로 결정되고, $T_i, T_k^i, E_{hvac}^i, C_{user}^i$ 는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이고, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, R은 에너지 수요 응답 (EDR: energy demand response)에 따른 에너지량이고, λ는 상기 매개 변수이고, N은 건물의 개수이다.

[0019] 본 발명의 또 다른 양상에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 건물 제어 기기(Building controller)는, 에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신하는 인터페이스부; 및 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 주 제어기기로 전송하고, 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기로부터 수신하도록 상기 인

터페이스부를 제어하는 제어부를 포함한다.

[0020] 일 실시예에 따라, 상기 제어부는, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도와 상기 매개 변수를 결정할 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따라, 상기 제어부는,

[0022] 상기 제1값($C^i(T^i)$)과 상기 제2값($\lambda^t \Delta E^i(T^i)$)의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도($T^i$)와 상기 매개 변수($\lambda^t$)를 결정하고,

[0023] $$\min C^i(T^i) + \lambda^t \Delta E^i(T^i)$$
$$s.t. T^i \geq 0$$

[0024] $E^i_{hvac}(T^i_k) - E^i_{hvac}(T^i) = \Delta E^i(T^i)$, $C^i(T^i) = \alpha E^i_{hvac}(T^i) + C^i_{user}(T^i)$ 이고,

[0025] $T_i, T^i_k, E^i_{hvac}, C^i_{user}$ 는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이고, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, λ^t는 시각 t에서의 상기 매개 변수이다. 이때, 상기 제2값은 상기 HVAC 에너지 소모량(E^i_{hvac})을 가격으로 변환한 값(αE^i_{hvac})과 상기 사용자 불편 비용($C^i_{user}(T^i)$)의 합에 상기 매개 변수(λ^t)를 곱한 값으로 표현된다.

[0026] 일 실시예에 따라, 상기 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε)을 초과하면, 상기 제어부는, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지, 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 제2최적 온도를 결정하고, 상기 결정된 제2최적 온도를 상기 인터페이스부를 통해 상기 주 제어기기로 전송하는 것을 반복한다.

[0027] 본 발명에 또 다른 양상에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리 방법은, 에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신하는 정보 수신 단계; 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 건물 제어기기로 전송하는 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계; 및 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기로부터 수신하는 매개 변수 수신 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 복합건물에서의 에너지 관리 방법은, 온도 정보와 이와 관련된 매개 변수를 이용하여 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도를 조절할 수 있다는 장점이 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 따른 복합건물에서의 에너지 관리 방법은, 개별 건물들 내부에 배치되는 로컬 제어장치 또는 건물 전체를 관리하는 주 제어장치가 상호 협력하여, 매개 변수의 차이가 수렴될 때까지 최적 온도를 갱신하여, 빌딩 내 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명에 따른 주 제어기기와 건물 제어기기를 포함하는 빌딩 에너지 관리 시스템을 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 주 제어기기와 건물 제어기기의 상세한 구성요소를 나타내는 블록도를 도시한다.

도 3은 본 발명에 따른 최적 온도와 매개 변수 선택 및 갱신 과정의 개념도를 도시한다.

도 4는 본 발명에 따른 주 제어 기기에서 수행되는 복합 건물에서의 에너지 관리 방법의 흐름도를 도시한다.

도 5는 본 발명에 따른 건물 제어 기기에서 수행되는 복합 건물에서의 에너지 관리 방법의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.

[0032] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.

[0033] 제1, 제2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0034] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는" 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0035] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.

[0036] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0037] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈", "블록" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.

[0038] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명한다. 하기에서 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지의 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0039] 이하, 본 발명에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리 방법 및 이를 위한 주 제어 기기(Main controller)와 건물 제어 기기(Building controller)에 대해 살펴보기로 하자.

[0040] 먼저, 본 발명에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리 방법은 다음과 같은 특징을 갖는다.

[0041] 1. 복수의 건물들을 고려하면, 빌딩 내 에너지 소비량을 감소시키는 것은 매우 복잡할 것이다. 따라서, 모든 빌딩 내에서 온도를 제어하는 조정된 에너지 관리(CEM: coordination energy management)에 대한 문제를 구성(formulate)한다. 에너지 수요 응답 (EDR: energy demand response)을 수신하는 경우, 제어기기는 어떤 시스템과 어떤 빌딩에 대한 에너지 소비를 감소시키는 적절한 결정을 하여야 한다.

[0042] 2. 최적화 프레임워크(optimization framework)를 이용하여, 분해 기반 접근법(decomposition based approach)에 의해 CEM 문제를 구성하고 해결할 수 있다. 여기서, 각각의 시스템은 자기 자신에 대한 최적 온도(optimal temperature)를 개별적으로 계산할 수 있고, 이후에 제어기기로 이를 전달(broadcast)할 수 있다.

[0043] 이러한 접근법은 빌딩들의 온도 제어 시스템에 적용될 수 있고, 많은 블록 빌딩들(block buildings)이 이러한 방식으로 조정될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따르면, 난방, 통풍, 공기 조화(HVAC: heating system, ventilation, air condition) 시스템 및 전자 기기의 온도를 동시에 제어할 수 있다.

[0044] 도 1은 본 발명에 따른 주 제어기기와 건물 제어기기를 포함하는 빌딩 에너지 관리 시스템을 도시한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 빌딩 에너지 관리 시스템(1000)은 주 제어기기(100)와 복수의 건물 제어기기들(200)을 포함한다. 이러한 본 발명에 따른 빌딩 에너지 관리 시스템과 관련하여 차별적인 기술적인 특징은 다음과 같다.

[0045] 1. HVAC와 사용자 편의 비용(user comfort cost)을 포함하여, 많은 블록 빌딩들의 온도를 제어할 수 있는 제어

시스템이 주어진다. 이러한 모델은 온도를 모니터링하는 전체 빌딩들에서 센서 네트워크의 시스템에 의해 이미 동작하는 시스템상에서 구현되는 것으로 가정된다. 시간 슬롯 T에서, 에너지량 R을 감소시키기 위해 요구되는 에너지 수요 응답 신호가 발생된다. 주 제어기기(100)는 모든 빌딩들의 HVAC 시스템들의 온도를 제어하여야 한다. 여기서, 시스템은 HVAC의 총 비용(total cost)과 사용자 편의 비용(user comfort cost)를 최소화하고 또한 적어도 에너지량 R을 감소시키는 것을 보장한다.

[0046] 2. 사용자 편의 비용은 추상적인 개념이고 개인의 취향(taste)에 따르는 것이지만, 주 제어기기(100) 또는 건물 제어기(200)에 사전에 보편적인 값으로 입력되거나, 또는 사용자에 의해 추가적으로 입력될 수 있다.

[0047] 3. 각각의 건물에서, i번째 블록 빌딩의 제어기기(건물 제어기기)(200)는 주 제어기기(100)로부터 주어진 가격(price)을 이용하여, 스스로 최적 온도(best temperature) Ti를 계산할 것이다. 이후에, 자신의 온도 값을 주 제어기로 전달/방송(transfer/broadcast)한다. 주 제어기기(100)에서, 가격-갱신(price-update)(이중-갱신: dual update)이 실행될 것이고, 이후에 각각의 빌딩으로 다시 전달/방송할 것이다. 이러한 반복(iteration)은 총 비용이 수렴(convergent)되는 경우에 종료될 것이다.

[0048] 4. 본 발명은 주 제어기기(100)가 중앙 집중식(centralized) 접근법으로서 각각의 빌딩으로부터 모든 정보를 수신할 필요가 없는 전체 빌딩의 온도를 효율적으로 제어하는 분산화된(distributed) 접근법을 제안한다.

[0049] 도 1에 도시된 바와 같은 본 발명에 따른 빌딩 에너지 관리 시스템의 시스템 모델에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[0050] **<시스템 모델: System model>**

[0051] 빌딩 에너지를 감소시키는 것이 많은 관심을 끄는 대상임에도 불구하고, 빌딩 에너지 감소와 사용자 편의 만족도(user comfort satisfaction) 간에는 실내 환경의 성능을 지배하는 중요한 절충(critical tradeoff)이 존재한다. 일반적으로, 빌딩 에너지 소비는 (a) HVAC 시스템, 및 (b) 조명 및 전기 기기(lightening and electrical equipment)에 의해 발생되고, 예를 들어 각각 빌딩 에너지 사용의 43%와 30%를 차지할 수 있다.

[0052] 본 발명에서는, 사용자 편의에 대한 HVAC 시스템의 영향을 주로 고려한다. HVAC 시스템은 사용자 편의 영역 내의 온도 및 공기량(air volume)을 제어한다. HVAC에서, 공기 조절기 유닛(air handler unit)은 외기(outside air)와 빌딩으로부터 되돌아온 공기를 혼합하여 혼합 공기(mixed air)를 생성하는 주요 구성요소이고, 혼합 공기의 온도는 Tma로 표시된다. 이러한 혼합 공기는 이후에 특정한 공급 공기 온도(supply air temperature)로 냉각되거나 또는 가열되고, 덕트(duct) 또는 팬(fan)을 이용하여 각각의 빌딩 영역으로 재-배분(re-distribute)된다. 공급 공기(supply air)의 부피는 V로 표시되고, T로 표시되는 실내 공급 온도로 영역 공기 온도(zone air temperature)를 조정하는 데 이용되고, 사용자 편의가 보장되도록 공기를 제공한다. HVAC 시스템의 에너지 소비는 팬 배분 에너지(fan distributed energy) E_{fan}과 냉각된 수냉 에너지(chilled water cooling energy)의 합으로 다음과 같이 결정된다.

[0053] $$E_{hvac}(T) = E_{fan}(T) + E_{chill}(T)$$

[0054] 여기서, $E_{fan} = c_1 V$ and $E_{chill} = c_2 V(T_{ma} - T)$ 이고, c1 및 c2는 환풍 팬(ventilation fan)들의 효율 및 냉각된 물 제조 플랜트의 계수 성능(coefficient performance)에 의한 상수이다. E_{fan} and E_{chill}은 모두 요구되는 공급 공기 부피 V에 따르고, 아래의 수식과 같이 계산된다.

[0055] $$V = \frac{1.1 V_z \Delta T + Q_z}{1.1(T_z - T)}$$

[0056] 여기서, Qz는 영역의 총 열 온도 부하(thermal heat load)이고, ΔT는 영역 부피 Vz에 따르는 (Tz로 표시되는) 현재 영역 온도에서 시간에 따라 원하는 온도의 변화이다.

[0057] 사용자 편의가 추상적인 개념이고 개인의 취향에 따름에도 불구하고, 사용자 편의의 보편적인 의미를 파악하기 위해 HVAC 시스템에 의해 제어되는 실내 온도 T에 기반하는 일반적인 모델이 고려된다.

[0058] 구체적으로, 사용자가 빌딩 내에 때때로 존재하는 하루 중 점유 기간(occupied period) 동안에는 예컨대, k가

7:00 AM에서 12:00 AM까지이고, 공급 공기 온도는 편안한 범위, 예컨대 겨울 동안에는 [21; 25]℃이고, 여름 동안에는 [23; 27]℃ 내에서 조절된다. 반면에, 사용자가 없는 비점유 기간(unoccupied period) 동안에는, 예컨대, k가 12:00 AM에서 7:00 AM까지이고, 공급 공기 온도는 더 넓은 범위, 예컨대 겨울 동안에는 [10; 40]℃로 조정될 수 있다.

[0059] 따라서, 사용자가 시각 k에서 만족하는 기준 실내 온도, 예컨대, 1:00 PM에서 25를 T_i^k 로 표시하면, 사용자 불편(user discomfort)은 다음의 수학시과 같이 "비용(cost)"로 파악될 수 있다.

[0060] $$C_{user}(T) = \frac{\omega_{user}}{2}(T - T_k)^2$$

[0061] 여기서, w_{user}는 온도에 대응하는 가격과의 관계를 나타내는 가중치(즉, \$/degree^2)이다. 이러한 비용 모델은 사용자 불편이 편안한 T_k와 제어된 T의 차이(deviation)에 대한 제곱으로(quadratically) 증가됨을 나타낸다. a) 제어, 신호 처리, 통신 네트워크 등에서 비용 함수를 모델링하는 것과 같이, 사용자 불편에 대하여 이차 함수(quadratic function)를 선택하였으며, b)이는 분석 추적성(analysis tractability)을 제공한다.

[0062] 한편, 도시된 복수의 건물 제어기기들(200)은 제1 내지 제3 건물 제어 기기(또는 제1 내지 제3블록 빌딩)(210 내지 230)를 포함할 수 있고, 복수의 건물들의 각각에 대해 하나 이상 존재할 수 있다. 복수의 건물들의 개수는 도시된 개수에 한정되는 것이 아니라, 응용에 따라 다양하게 변경 가능하다.

[0063] 도 2는 본 발명에 따른 주 제어기기와 건물 제어기기의 상세한 구성요소를 나타내는 블록도를 도시한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 주 제어기기(100)는 인터페이스부(101)와 제어부(102)를 포함한다. 또한, 상기 건물 제어기기(200)는 인터페이스부(201)와 제어부(202)를 포함한다. 여기서, 인터페이스부(101, 201)는 정보와 데이터를 포함하는 신호를 상호 간에 교환 가능하도록 구성되며, 유선 또는 무선 인터페이스를 포함한다. 구체적으로, 인터페이스부(101, 201)는 유선 또는 무선 신호를 전송하거나 또는 수신할 수 있는 유선 통신부 또는 무선 통신부일 수 있다. 또한, 인터페이스부(101, 201)는 사용자로부터의 입력을 수신하거나, 또는 사용자에게 결과를 보여주기 위한 출력을 표시하는 입/출력부 또는 (터치 가능한) 화면일 수 있다. 도시되지는 않았지만, 상기 주 제어기기(100)와 상기 건물 제어기기(200)는 필요한 정보를 저장하는 메모리를 더 포함할 수 있다.

[0064] 먼저, 도 1 및 도 2를 참조하여, 복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 주 제어 기기(Main controller, 100)의 동작에 대해 살펴보면 아래와 같다.

[0065] 인터페이스부(101)는 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))로 에너지 관리에 대한 정보를 요청한다. 이러한 정보를 요청하는 것과 관련하여, 인터페이스부(101)는 사용자(또는 관리자)로부터의 인터페이스부(101)를 통한 입력을 통해 이루어지거나, 일정한 주기 또는 이벤트 구동 방식으로 반복적으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 에너지 수요 응답 (EDR: energy demand response) 요청을 인터페이스부(101)가 수신함에 따라, 인터페이스부(101)는 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))로 에너지 관리에 대한 정보를 요청할 수 있다.

[0066] 제어부(102)는 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 건물 제어기기(200)의 인터페이스부(201)로부터 수신한다. 여기서, 상기 매개 변수는 라그랑제(Lagrangian)함수를 이용하는 라그랑제 변수로 지칭될 수 있다.

[0067] 또한, 제어부(102)는 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))로 전송한다.

[0068] 여기서, 상기 최적 온도는, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 결정될 수 있다. 한편, 상기 최적 온도는 상기 건물 제어기기(200)의 제어부(202)로부터 결정되어 상기 건물 제어기기(200)의 인터페이스부(201)를 통해 상기 인터페이스부(101)를 통해 상기 제어부(202)로 수신된다.

[0069] 또한, 상기 제어부(202)는, 상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단할 수 있다. 이에 따라, 상기 제어부(202)는, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기

기준 값 이하가 될 때까지 변경된 제2최적 온도를 상기 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))로부터 수신한다. 또한, 상기 제어부(202)는, 상기 제2최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 제2매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물(즉, 상기 제1 내지 제3 건물 제어기기(210 내지 230))로 전송하는 것을 반복할 수 있다.

[0070] 한편, 전술된 비용 함수를 최소화하는 방법에 대하여 구체적으로 살펴보면 아래와 같다.

[0071] N개의 빌딩에 대하여, 조정된 에너지 관리(CEM: coordination energy management)에 대한 문제를 구성(formulate)하면 다음과 같다. 이와 관련하여, 구체적으로 온도를 제어하는 경우에 전술된 비용 함수를 최소화는 방법은 아래의 수식에 의해 이루어질 수 있다. 이러한 비용 함수를 최소화는 방법은 CEM에 대한 문제 구성(Problem formulation)으로 지칭될 수 있다.

[0072] **<문제 구성: Problem formulation>**

[0073]
$$L(T,\lambda)=\sum_{i=1}^{N}\alpha E_{hvac}^{i}(T^{i})+C_{user}^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i}^{N}(E_{hvac}^{i}(T_{k}^{i})-E_{hvac}^{i}(T^{i}))-R\right)$$

$$=\sum_{i=1}^{N}C^{i}(T^{i})+\lambda\left(\sum_{i=1}^{N}\Delta E^{i}-R\right)$$

[0074] 여기서, $T_i, T_k^i, E_{hvac}^i, C_{user}^i$ 는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이다. 한편, $T_i, T_k^i, E_{hvac}^i, C_{user}^i$ 는 빌딩 i의 제어 온도(control temperature), 임계 온도(threshold temperature), HVAC 에너지(HVAC energy), 사용자 불편 비용(user discomfort cost)를 지칭할 수 있다.

[0075] 한편, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, R은 에너지 수요 응답 (EDR: energy demand response)에 따른 에너지량이고, λ는 상기 매개 변수이고, N은 건물의 개수이다.

[0076] 다음으로, 도 1 및 도 2를 참조하여, 복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 건물 제어 기기(Building controller, 200)의 동작에 대해 살펴보면 아래와 같다.

[0077] 인터페이스부(201)는 에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신한다.

[0078] 제어부(202)는 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 주 제어기기(100)로 전송한다.

[0079] 또한, 제어부(202)는 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기(100)로부터 수신하도록 상기 인터페이스부(201)를 제어한다.

[0080] 또한, 제어부(202)는 HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도와 상기 매개 변수를 결정한다.

[0081] 전술된 상기 최적 온도와 상기 매개 변수를 결정하는 것과 관련하여, 구체적으로 살펴보면 아래와 같고, 이를 CEM에 기반한 분해(Decomposition based for CEM)이라고 지칭할 수 있다.

[0082] **<CEM에 기반한 분해 (Decomposition based for CEM)>**

[0083] CEM에 기반한 분해 (Decomposition based for CEM)와 관련하여, 도 3은 본 발명에 따른 최적 온도와 매개 변수 선택 및 갱신 과정의 개념도를 도시한다. 이러한 CEM 기반 분해 방법은 분산 형태로 비용 최소화 문제를 해결하기 위한 것으로, 이중 분해법(dual decomposition)이 사용될 수 있다. 전술된 CEM 문제에 대하여 부분 강화 라그랑제 함수(augmented partial Lagrangian function)를 이용하여 다음과 같이 구성될 수 있다.

[0084] 구체적으로, 도 2 및 도 3을 참조하면, 제어부(202)는 상기 제1값($C^i(T^i)$)과 상기 제2값($\lambda^t \Delta E^i(T^i)$)의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도($T^i$)와 상기 매개 변수($\lambda^t$)를 아래의 수식의 값이 최소가 되도록 다음과 같이 결정

한다. 여기서, 매개 변수(λ^t)는 라그랑제 변수에 해당한다.

[0085]
$$\min C^i(T^i) + \lambda^t \Delta E^i(T^i)$$
$$s.t.\, T^i \geq 0$$

[0086] 이때, $E^i_{hvac}(T^i_k) - E^i_{hvac}(T^i) = \Delta E^i(T^i),\ C^i(T^i) = \alpha E^i_{hvac}(T^i) + C^i_{user}(T^i)$ 이다.

[0087] 한편, $T_i, T^i_k, E^i_{hvac}, C^i_{user}$ 는 전술된 바와 같이 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이다. 또한, $T_i, T^i_k, E^i_{hvac}, C^i_{user}$ 는 빌딩 i의 제어 온도(control temperature), 임계 온도(threshold temperature), HVAC 에너지(HVAC energy), 사용자 불편 비용(user discomfort cost)를 지칭할 수 있다.

[0088] 한편, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, λ^t는 시각 t에서의 상기 매개 변수이다. 또한, 상기 제2값은 상기 HVAC 에너지 소모량(E^i_{hvac})을 가격으로 변환한 값(αE^i_{hvac})과 상기 사용자 불편 비용($C^i_{user}(T^i)$)의 합에 상기 매개 변수(λ^t)를 곱한 값으로 표현된다.

[0089] 도 3에 도시된 바와 같이, 먼저, 에너지량(R)과 관련된 요구 응답(Demand Response)을 주 제어기기(100)가 수신하면, 이하의 절차를 개시한다. 개시된 절차에 따라, 건물 제어기기(200)가 상기 최적 온도(T^i)를 주 제어기기(Main controller, 100)로 전송한다. 다음으로, 주 제어기기(100)는 제2 매개 변수(λ^{t+1})를 갱신하여, 건물 제어기기(200)로 전송한다. 건물 제어기기(200)는 sub-problem을 해결(solve)하며, 이를 위하여 전술된 상기 최적 온도(T^i)와 상기 매개 변수(λ^t)를 포함하는 비용 함수의 수식의 값이 최소가 되도록 변경된 최적 온도를 생성한다. 이러한, 최적 온도와 매개 변수 간의 갱신 과정은 다음과 같다. 여기서, 상기 제1매개 변수(λ^t) 및 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})는 라그랑제 변수에 해당한다.

[0090] 즉, 상기 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε)을 초과하면, 제어부(202)는, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지, 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 제2최적 온도를 결정한다. 또한, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지, 제어부(202)는, 상기 결정된 제2최적 온도를 상기 인터페이스부(201)를 통해 상기 주 제어기기(100)로 전송하는 것을 반복한다.

[0091] 한편, 제어부(202)의 동작에 대응하여, 주 제어기기(100)의 제어부(102)는 다음과 같이, 이중 갱신(Dual-update) 동작을 수행할 수 있다.

[0092] 즉, 제어부(102)는 HVAC 에너지 소모량의 차이(이전 시각과 현재 시각에서의 최적 온도(제어 온도)의 차이)와 에너지 수요 응답(EDR)에 따를 에너지량의 차이를 각 빌딩 별로 합산한다. 또한, 제어부(102)는 상기 합산된 에너지량의 차이에 기반하여, 아래의 수식과 같이 시각 t+1에서의 제2매개 변수(λ^{t+1})를 결정할 수 있다.

[0093]
$$\lambda^{t+1} = \lambda^t + \sigma\left(\sum_{i=1}^{N} \Delta E^i(T^i) - R\right)$$

[0094] 이상에서는 본 발명에 따른 복합 건물에서의 에너지 관리를 위한 주 제어 기기 및 건물 제어 기기에 대해서 살펴보았다. 다음에서는, 본 발명에 따른 복합 건물에서의 주 제어 기기 및 건물 제어 기기의 에너지 관리를 위한 방법에 대해서 살펴보기로 하자.

[0095] 이와 관련하여, 도 4는 본 발명에 따른 주 제어 기기에서 수행되는 복합 건물에서의 에너지 관리 방법의 흐름도를 도시한다. 이와 관련하여, 도 2를 참조하면, 상기 에너지 관리 방법은 제어부(102)에 의해 수행될 수 있다.

[0096] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 에너지 관리 방법은 정보 요청 단계(S310), 온도 정보/매개 변수 수신 단계(S320), 매개 변수 갱신/전송 단계(S330), 및 매개 변수 차이 비교 단계(S340)를 포함한다.

[0097] 상기 정보 요청 단계(S310)는 각각의 건물로 에너지 관리에 대한 정보를 요청한다.

[0098] 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계(S320)는 각각의 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 상기 각각의 건물로부터 수신한다. 한편, 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계(S320)에서, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도가 결정될 수 있다.

[0099] 상기 매개 변수 갱신/전송 단계(S330)는 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 상기 매개 변수를 갱신하여 상기 각각의 건물로 전송한다.

[0100] 상기 매개 변수 차이 비교 단계(S340)는 상기 각각의 건물로부터 수신된 매개 변수인 제1매개 변수(λ^t)와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε) 이하인지를 판단한다.

[0101] 한편, 상기 매개 변수 차이 비교 단계(S340)에서, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값을 초과하면, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계(S320) 및 상기 매개 변수 갱신/전송 단계(S330)를 반복할 수 있다.

[0102] 이때, 반복된 상기 온도 정보/매개 변수 수신 단계(S320)에서, 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 상기 각각의 건물에서 결정된 상기 최적 온도를 수신할 수 있다.

[0103] 한편, 도 5는 본 발명에 따른 건물 제어 기기에서 수행되는 복합 건물에서의 에너지 관리 방법의 흐름도를 도시한다. 이와 관련하여, 도 2를 참조하면, 상기 에너지 관리 방법은 제어부(202)에 의해 수행될 수 있다.

[0104] 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 에너지 관리 방법은 정보 수신 단계(S410), 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420), 및 매개 변수 수신 단계(S430)를 포함한다.

[0105] 상기 정보 수신 단계(S410)는 에너지 관리에 대한 정보를 주 제어기기(Main controller)로부터 수신한다.

[0106] 상기 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420)는 건물에 대한 최적 온도와 연관된 온도 정보와 비용 함수와 연관된 매개 변수를 연산하여 상기 주 제어기기로 전송한다. 이때, 상기 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420)에서, HVAC 에너지 소모량(energy consumption)과 연관된 제1값과 사용자 불편 비용(user discomfort cost) 및 상기 매개 변수와 연관된 제2값의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도와 상기 매개 변수를 결정할 수 있다. 구체적으로, 상기 제1값($C^i(T^i)$)과 상기 제2값($\lambda^t \Delta E^i(T^i)$)의 합이 최소가 되도록 상기 최적 온도($T^i$)와 상기 매개 변수($\lambda^t$)를 결정한다.

[0107] $$\min C^i(T^i) + \lambda^t \Delta E^i(T^i)$$
$$s.t. T^i \geq 0$$

[0108] $E^i_{hvac}(T^i_k) - E^i_{hvac}(T^i) = \Delta E^i(T^i)$, $C^i(T^i) = \alpha E^i_{hvac}(T^i) + C^i_{user}(T^i)$ 이 성립하고,

[0109] $T_i, T^i_k, E^i_{hvac}, C^i_{user}$ 는 각각 i번째 건물에서의 최적 온도, k번째 시간 인덱스와 i번째 건물에서의 최적 온도, 상기 HVAC 에너지 소모량, 상기 사용자 불편 비용이고, α는 에너지를 가격으로 변환하기 위한 변환 인자이고, λ^t는 시각 t에서의 상기 매개 변수이다. 또한, 상기 제2값은 상기 HVAC 에너지 소모량(E^i_{hvac})을 가격으로 변환한 값(αE^i_{hvac})과 상기 사용자 불편 비용($C^i_{user}(T^i)$)의 합에 상기 매개 변수(λ^t)를 곱한 값으로 표현된다.

[0110] 상기 매개 변수 수신 단계(S430)는 상기 최적 온도에 따른 비용(cost)의 합이 최소가 되도록 갱신된 매개 변수를 상기 주 제어기기로부터 수신한다.

[0111] 한편, 상기 매개 변수인 제1매개 변수(λ^{t})와 상기 갱신된 매개 변수인 제2매개 변수(λ^{t+1})의 차이가 기준 값(ε)을 초과하면, 상기 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420) 및 상기 매개 변수 수신 단계(S430)를 반복 수행한다. 이와 관련하여, 도 4에서 전술된 매개 변수 차이 비교 단계(S340)의 결과가 이용될 수 있다. 도 5에서 도시된 바와 같이, 매개 변수 차이 비교 단계(S340)에서의 결과에 따라, 기준 값(ε)을 초과하면, 상기 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420) 및 상기 매개 변수 수신 단계(S430)를 반복 수행한다.

[0112] 즉, 반복된 상기 온도 정보/매개변수 연산/전송 단계(S420)에서, 상기 제1 및 제2매개 변수의 차이가 상기 기준 값 이하가 될 때까지, 상기 갱신된 매개 변수인 상기 제2매개 변수(λ^{t+1})를 이용하여 제2최적 온도를 결정하고, 상기 결정된 제2최적 온도를 상기 인터페이스부를 통해 상기 주 제어기기로 전송하는 것을 반복한다.

[0113] 이상에서는 전술된 바와 같이, 복합건물에서의 에너지 관리를 위한 주 제어기기 및 건물 제어기기와 복합 건물에서의 에너지 관리 방법에 대하여 살펴보았다.

[0114] 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 복합건물에서의 에너지 관리 방법은, 온도 정보와 이와 관련된 매개 변수를 이용하여 빌딩 내에서 에너지 소모량을 감소시키면서 사용자가 쾌적함을 느낄 수 있도록 온도를 조절할 수 있다는 장점이 있다.

[0115] 또한, 본 발명의 적어도 일 실시예에 따른 복합건물에서의 에너지 관리 방법은, 개별 건물들 내부에 배치되는 로컬 제어장치 또는 건물 전체를 관리하는 주 제어장치가 상호 협력하여, 매개 변수의 차이가 수렴될 때까지 최적 온도를 갱신하여, 빌딩 내 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0116] 소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능뿐만 아니라 각각의 구성 요소들은 별도의 소프트웨어 모듈로도 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다. 적절한 프로그램 언어로 쓰여진 소프트웨어 어플리케이션으로 소프트웨어 코드가 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되고, 제어부(controller) 또는 프로세서(processor)에 의해 실행될 수 있다.

부호의 설명

[0117] 1000: 빌딩 에너지 관리 시스템

100: 주 제어기기

200: 건물 제어기기

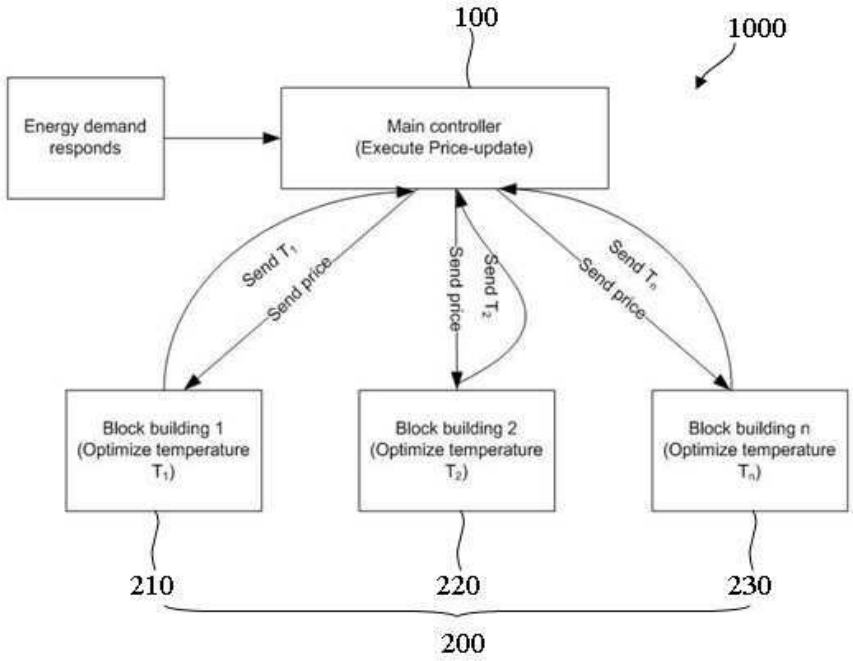
210, 220, 230: 제1 내지 제3 건물 제어기기

101, 201: 인터페이스부

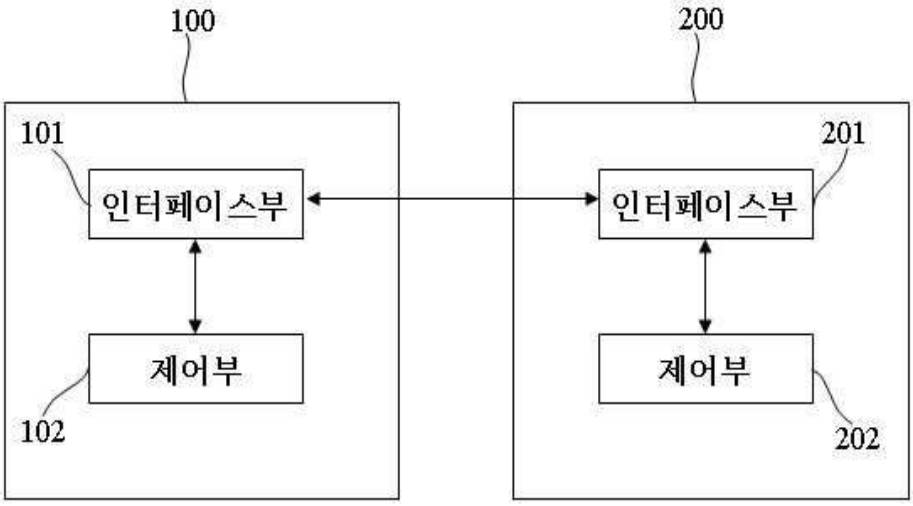
102, 202: 제어부

도면

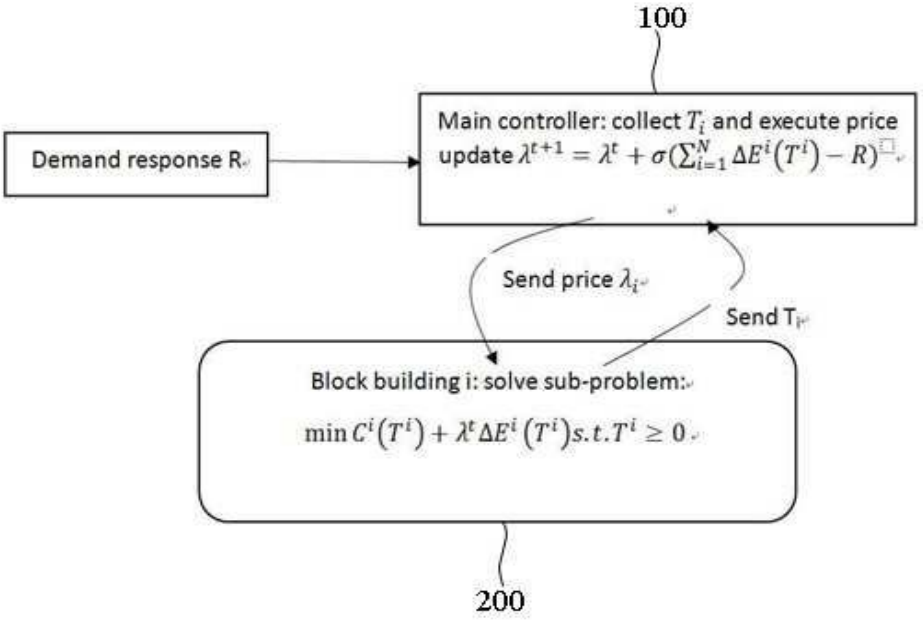
도면1


100
1000
Energy demand responds
Main controller (Execute Price-update)
Send T_1
Send price
Send price
Send T_2
Send T_n
Send price
Block building 1 (Optimize temperature T_1)
Block building 2 (Optimize temperature T_2)
Block building n (Optimize temperature T_n)
210
220
230
200

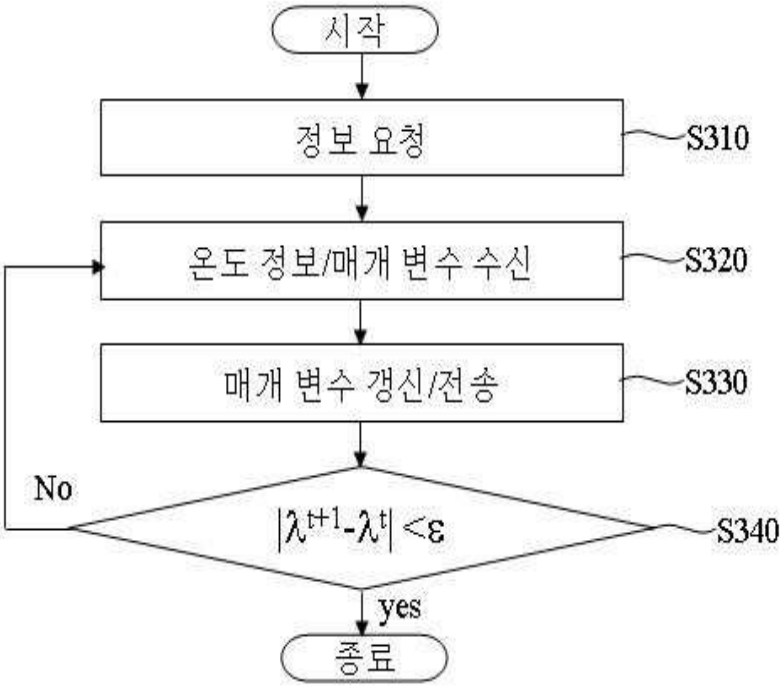
도면2


100
200
101
201
인터페이스부
인터페이스부
제어부
제어부
102
202

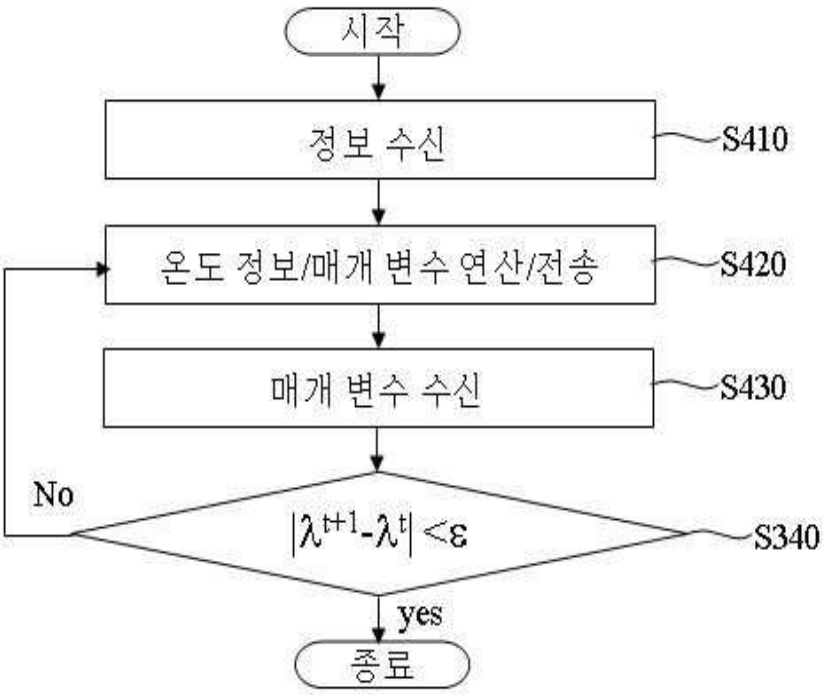
도면3


100
Main controller: collect T_i and execute price update $\lambda^{t+1} = \lambda^t + \sigma(\sum_{i=1}^{N} \Delta E^i(T^i) - R)$
Demand response R
Send price λ_i
Send T_i
Block building i: solve sub-problem:
$\min C^i(T^i) + \lambda^t \Delta E^i(T^i) s.t. T^i \geq 0$
200

도면4


시작
정보 요청
S310
온도 정보/매개 변수 수신
S320
매개 변수 갱신/전송
S330
No
$|\lambda^{t+1}-\lambda^t| < \varepsilon$
S340
yes
종료

도면5


시작
정보 수신
S410
온도 정보/매개 변수 연산/전송
S420
매개 변수 수신
S430
No
$|\lambda^{t+1}-\lambda^{t}|<\varepsilon$
S340
yes
종료