

공동주택의 제연겸용 덕트형 냉난방 공급시스템의 적용가능성에 관한 연구

천정길*, 박정한* 손원득*

삼신설계(주) 부설 삼신에너지환경연구원

Study on the Application Possibility of Heating-cooling system with Smoke ventilation duct to Standard Apartment

Chun JungGil*, Park JungHan*, Son WonTug*

Sahm Shin Engineers, INC, Sahm Shin Energy & Environment Institute

ABSTRACT:

Currently, most of the buildings have been the high-rise buildings and not only the damage for people but also loose of property have been increased significantly. Furthermore, the damage for residents in indoor is increased significantly, the law related to fire protection is not established yet. We discussed safety of evacuation according to unitary system in standard apartment. At a result, when installing the smoke ventilation system, the RSET has been achieved and delay effect for reaching time of CO and smoke area has been obtained.

Key words: Unitary System(가정용 공조시스템), Standard Apartment Plan(공동주택표준면), Smoke Ventilation System(제연설비)

1. 서 론

1.1 연구 목적

오늘날 고도의 경제성장과 국민생활 양식의 변화로 건축물은 초고층화, 복합화되어 화재로 인한 인명, 재산피해는 점점 다양화, 대형화 추세로 변화가고 있다.

최근 5년간(2003-2007년) 화재발생 현황을 보면 주택, 아파트 화재는 연 평균 8,524건으로 전체 화재(연평균 32,148건)의 26.5%를 차지했다.

또한, 주택화재로 인한 인명피해는 1,111명으로

연평균 2,492명의 44.6%를 차지(사망302, 부상 809)했다. 이밖에 주택, 아파트 화재에 따른 재산 피해도 전체 화재(연평균)피해액의 17.2%를 차지한 253억원으로 나타났다.1) 이는 피난동선과 연기제연의 관한 소방관련법령의 용어 정의 및 분류 방법이 제대로 정립되어 있지 않고, 공동주택의 제연설비가 특별피난계단 및 비상용승강기의 승강장에 규정되어 있어 실내의 거주자에 대한 인명피해가 증가하는 원인이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 제연이 가능한 냉방, 환기 및 가습/제습의 기능을 수행할 수 있는 토탈 시스템의 도입이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 기존 연구에 의해 표준 주택을 선정2)하여 화재 시 실내 거주자의 피난 소요 시간의 안전성을 분석하고, 제연겸용 덕트형

† Corresponding author

Tel.: +82-2-578-5671; fax: +82-2-578-8378

E-mail address : chun4ma@ssei.co.kr

본 논문은 건설교통부의 첨단도시개발사업 “내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술 개발(05건설핵심 D04-01)” 과제 지원에 의하여 연구되었음.

1) 화재통계연보, 소방방재청, 2007.

2) 국내 판상형 공동주택의 Unitary system 적용 가능성에 관한 연구보고서, 삼신설계(주)연구용역, 2006.06

냉난방 공급 시스템의 적용가능성을 평가하고자 한다.

1.2 연구진행 프로세스 및 범위

본 연구의 연구진행 프로세스는 다음 Fig. 1과 같다. 연구는 4단계로 진행되었으며, 표준평면 선정 및 냉난방 공급 시스템 선정은 선행된 연구 자료를 참조하여 진행하였다.

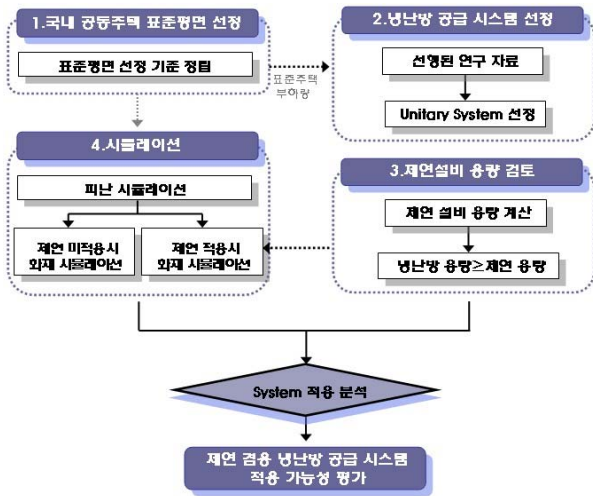


Fig. 1 Project Processor

2. 공동주택 표준평면 선정 및 Unitary System 선정

2.1 표준 공동주택 형식의 선정

국내 판상형 공동주택의 Unitary System 설치 시 그 기준을 마련하기 위하여 먼저 국내 판상형 공동주택의 표준평면을 선정하였다. 선정된 표준주택의 개요 및 평면은 다음 Table 1, Fig. 2 와 같다.

Table 1 Standard Apartment outline

Construction	<ul style="list-style-type: none"> RC Structure flat slab construction
Area	<ul style="list-style-type: none"> 115.35m²(40py)
Height	<ul style="list-style-type: none"> Ceiling height : 2900mm Height : 2400mm plenum : 220mm
Direction	<ul style="list-style-type: none"> southeast



Fig. 2 Standard Apartment plan

2.2 Unitary system 선정

선행 연구 자료를 토대로 가정용 공조설비 발달국가인 미국과 일본에 대해 시스템 공급이 보편화된 회사의 제품과 국내 각종 가정용 냉방설비 회사를 대상으로 하여 각 회사의 Unitary System을 검토하여 표준주택에 적합한 냉난방 공급시스템을 선별하였다. Unitary System의 특성은 다음 Table 2와 같다.

Table 2 Characteristics of Unitary System

System	Unitary System
Constitution	<ul style="list-style-type: none"> Heating-Cooling/Ventilation Unit Installed within Ceiling Supply duct Humidify air & Dry air Unit Outdoor equipment
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> Solution Disproportionate room temperature due to the Vestibule ventilation Condensation prevention by dry dehumidification method Enlargement of Indoor space utilization
Problem	<ul style="list-style-type: none"> Ceiling heights rise Maintenance of Dehumidification rotor Outdoor equipment space ensure
Application Possibility	If comfortability is ensure after compare ceiling space guarantee with floor heating methods, it can be applicable

- 1) 기능 : 냉방, 난방, 환기 가습 등
- 2) 성능 : 냉/난방능력, 열교환기, 필터, 소음 등
- 3) 설치성 : 제품 크기, 유지관리 공간, 무게 등
- 4) 경제성 : 실내외기 가격, 설치비 등
- 5) 기타 : 사용열원 및 조닝, 제어

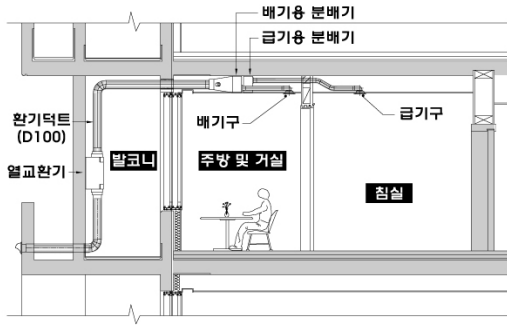


Fig. 3 Unitary System

2.3 Unitary system의 표준주택에의 적용 설계

서울 지역을 대상으로 부하계산 시 사용한 실내외 온습도 조건 및 실내 발열조건은 다음 Table 3, Table 4³⁾와 같다.

Table 3 Outdoor & Indoor Temperature terms

SEASON	Summer		Winter	
	(°C DB)	(°C WB)	(°C DB)	(% RH)
Outdoor	31.2	25.5	-11.3	63
Indoor	26	50	20	40

Table 4 Indoor load terms

NAME	Human-body load		lighting load(W)	equipment load(W)
	Sensible heat(W)	Latent heat(W)		
Room	53	114	5	5.3
Room 2,4	53	114	5	-
Living room	46	33	8	18
Hallway	46	33	5	-
Kitchen	47	64	4	12.8

3) 건축물 에너지 절약설계기준, 건설교통부 고시 제 2001-118호

위 조건을 기준으로 DOE-2 를 이용하여 시뮬레이션 한 결과 실별 피크부하량 및 그에 따른 송풍량은 다음 Table 5과 같다.

Table 5 Pick-load & Cooling load

NAME	Area (m ²)	Ventilation (m ³ /h)	Cooling load(W)	supply ⁴⁾ (m ³ /h)
Family room	7.76	13.04	494	120
Room2	10.27	17.25	778	210
Room4	10.06	16.90	494	190
Living room	21.33	35.83	2,112	620
Kitchen	18.12	30.44	807	170
Hallway	12.42	20.87	360	70
Room1	20.75	34.86	824	190
Total	100.71	169.19	5,869	1,570

최종 적용설계 평면도는 다음 Fig. 4과 같다.

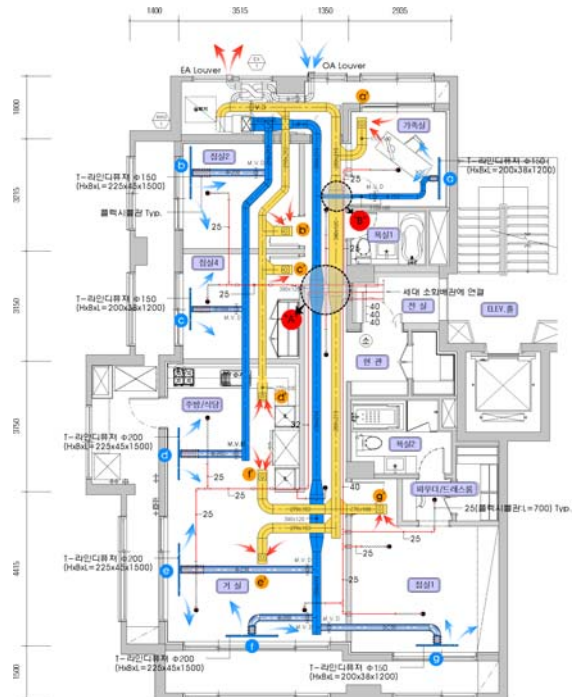


Fig. 4 Heating-Cooling duct Plan

표준주택에 냉난방 덕트 및 스프링클러를 표준화하여 적용하였다.

4) $v = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T}$ (Q : 부하, C_p : 비열, ΔT: 온도차)

2.4 제연설비 용량

공동주택의 경우 제연설비 설치 대상기준이 특별피난계단 및 비상용승강기의 승강장에 규제되어 있으므로 실내의 제연설비 용량산출을 통해 냉난방 공급 용량에 만족하는지 여부를 검토하고자 한다. 실별 제연설비 용량은 다음 Table 6과 같다.

Table 6 Smoke ventilation System discussion

NAME	Area (m ²)	Supply (m ³ /h)	Smoke ventilation (m ³ /h)	Discussion
Family room	7.76	120	465.6(b)	(a) ≥ (b)
Room2	10.27	210	616.2(c)	(a) ≥ (c)
Room4	10.06	190	603.6(d)	(a) ≥ (d)
Living room	21.33	620	1,279.8(e)	(a) ≥ (e)
Kitchen	18.12	170	1,087.2(f)	(a) ≥ (f)
Hallway	12.42	70	-	-
Room1	20.75	190	1,245(g)	(a) ≥ (g)
Total	100.71	1,570(a)	-	-

냉난방 배기 덕트에 환기풍량이 제연설비로서의 풍량을 만족하였다. 본 조건은 화재 시 실구획에 따라 화재구역의 덕트만 개폐가 가능한 Unitary System을 이용하여 제연용량을 산정하는 것이다.

3. 시뮬레이션 분석

본 연구는 표준 공동주택 및 냉난방 덕트의 제연 적용성을 평가하기 위해서 피난의 안전성을 먼저 평가하고 제연 겸용 냉난방 덕트 이용 시와 제연설비 미적용 시를 비교하여 적용가능성을 평가하였다.

3.1 시뮬레이션 개요

표준주택 선정도면을 토대로 피난, 화재 시뮬레이션 실시하였다. 시뮬레이션 개요는 다음 Table 7과 같다.

Table 7 Simulation Outline

Simulation	Outline	program
Evacuation Simulation	RSET(Required safe egress time)	Simulex, V 2.0
Fire Simulation	ASET(Available safe egress time)	FDS, V 5.0

5) 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501), 소방방재청고시 제2007-16호

피난안전성능은 RSET⁶⁾과 ASET⁷⁾의 비교를 통해 평가된다.

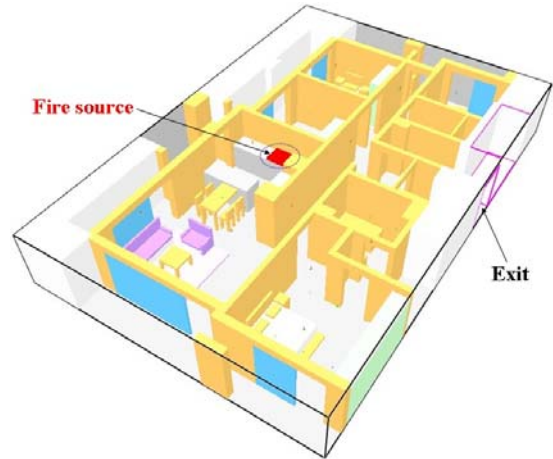


Fig. 5 Simulation Modeling

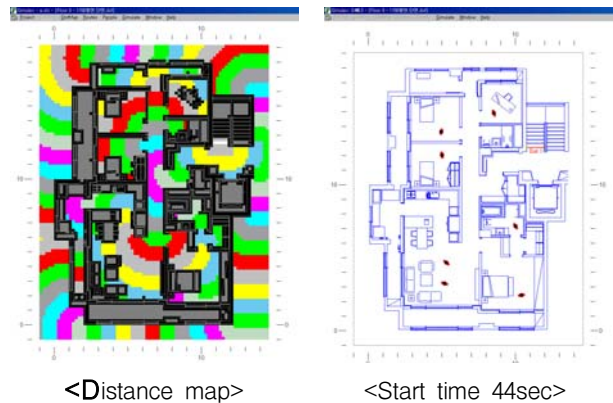
3.2 공동주택 피난 시뮬레이션

화재 시나리오는 화재는 가스누설로 인한 불꽃 전파로 공동주택의 주방에서 발생하는 것으로 선정하였다. 재실자 인원은 통상적인 기준보다 강화된(건설성 공시 제 1441호에 의거 주거용 건물의 재실자 밀도를 0.06m²당 1인 공시) 7명으로 적용하였다. 화재에 대한 내실자 반응시간은(건설성 고시 제1442호에 의거) 22초로 산출되었으나, 노약자 및 야간시간을 고려하여 내실자 반응시간에 2배를 적용하는 조건으로 검토하였다.

· 재실자 인원 : 115m² x 0.06 = 6.9 약7명

· 내실자 반응시간 : $T = \frac{\sqrt{\sum A}}{30} = 22\text{초} \times 2\text{배} = 44\text{초}$

피난 시뮬레이션은 다음 Fig. 6와 같다.



6) 피난소요시간-재실자가 피난을 종료하기까지 필요한 시간(Required Safe Egress Time)

7) 피난가능시간-연기층이 호흡선(1.6M) 높이까지 하강하는데 걸리는 시간(Available safe Egress Time)

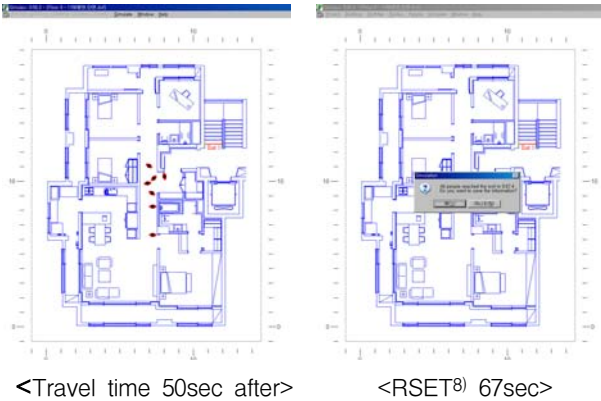


Fig. 6 Evacuation Simulation

디스턴스 맵은 1M를 기준으로 출입구에서 각실의 거리를 산정한 것으로 가장 먼 거리가 13M로 나타났다. 화재 발생 후 44sec에 피난을 개시하여 67sec에 피난이 완료되었다.

3.3 공동주택 화재 시뮬레이션

- 해석영역 : 표준 공동주택 기준층
- 피난출구 : 1개소
- 화재 발생위치 및 크기 : 개별세대의 주방, 6MW(Ultra fast 성장)⁹⁾

$$Q = \left(\frac{t}{t_a}\right)^2 \quad (Q: \text{열방출률(heat release rate)},$$

t: 시간(sec), t_a : 화재성장속도(sec/ \sqrt{MW})

- 해석방법 : Hexahedral Mesh(494,208 cell), LES turbulence model, Mixture faction-combustion model

3.3.1 제연설비 미적용 시 화재 시뮬레이션

제연설비 미적용 시 CO농도 및 온도변화는 다음 Fig. 7과 같다. 주방 화재 발생 시 연기층이 호흡선(1.6M)에 도달하는 시간은 60sec로 피난소요시간(67sec)에 따른 피난안전성을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

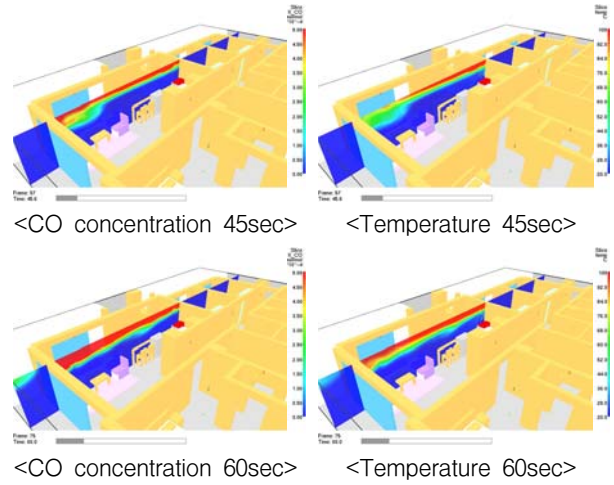
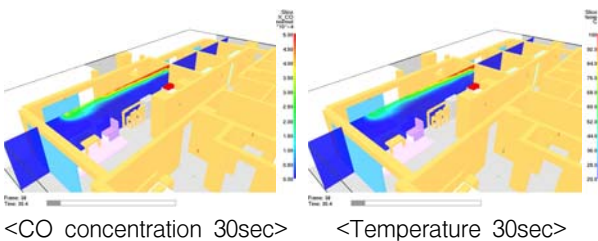


Fig. 7 Fire Simulation (normal)

3.3.2 제연설비 적용 시 화재 시뮬레이션

제연설비 적용 시 CO농도 및 온도변화는 다음 Fig. 8과 같다. 주방 화재 발생 시 연기층이 호흡선(1.6M)에 도달하는 시간은 87sec로 피난소요시간(67sec)에 따른 피난안전성을 만족하는 것으로 나타났다.

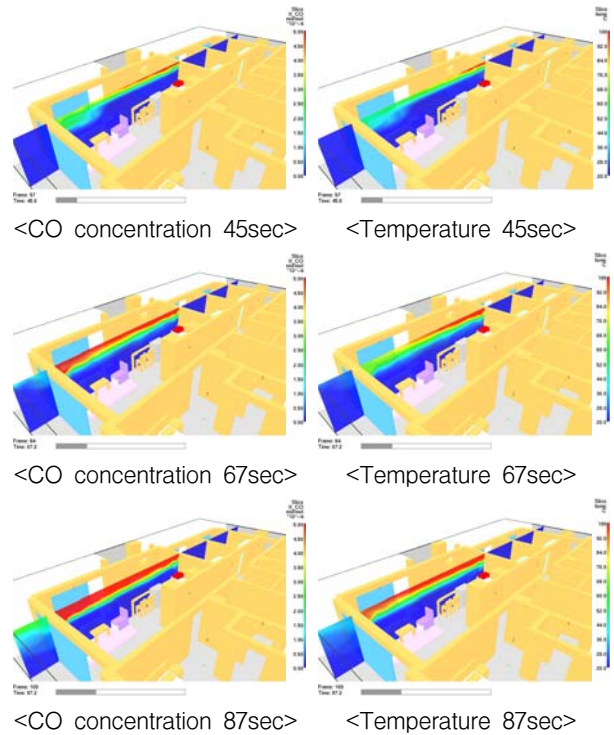


Fig. 8 Fire Simulation (smoke ventilation)

3.3.3 화재 시뮬레이션 제연설비 적용성 검토

제연설비 적용 및 미적용 시 연기층의 호흡선 도달시간은 다음 Fig. 9과 같다.

9) 설계화재곡선(Design Fire Curve), SFPE Hand Book

제연설비를 적용하였을 경우, 호흡선 도달시간이 제연설비 미적용 시 피난가능시간보다 27sec 더 확보하는 것으로 나타났다.

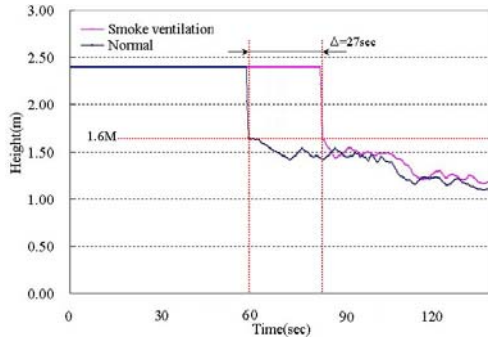


Fig. 9 Clean Air Height(1.6M)

제연설비 적용 시와 미적용 시의 피난소요시간 및 피난가능시간은 다음 Fig. 10과 같다. 제연설비 적용 시 $RSET < ASET$ 이므로 피난안전성을 만족하였다.

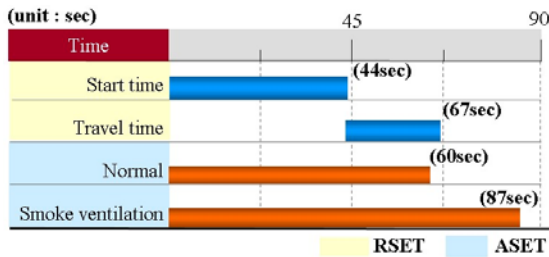


Fig. 10 Fire Safety

제연설비 적용 시 스프링클러 작동은 다음 Fig. 11와 같다. 스프링클러는 85sec에 작동하였다.

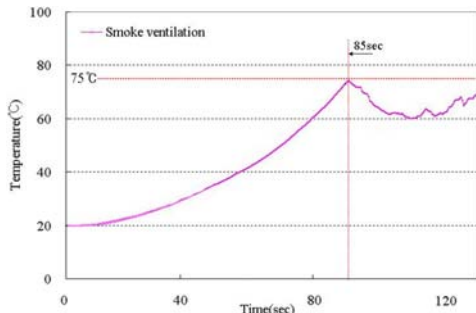


Fig. 11 Sprinkler working by Temperature

4. 결론

각 주요 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 제연겸용 덕트형 냉난방 시스템의 적용가능성을 평가하는데 있어 냉난방 시스템의 용량에 제연용량이 만족한다면 제연겸용으로서 적용이 가능하다.

2) 115.35m²를 대상으로 제연설비 적용에 의한 CO 및 연층의 호흡선 도달시간의 지연 효과는 27sec로 확인하였다.

3) 제연겸용 덕트형 냉난방 시스템이 적용에 있어 추후 설계 시 적정 배풍량을 확보하고, 고온에 충분히 견딜 수 있는 내열 조건이 요구된다.

4) 추후 연구에서는 공동주택의 면적, 화원크기, 거주자수를 변수로 제연설비 겸용 덕트형 냉난방 시스템의 적용 가능성을 검토하고자 한다.

5) 본 연구는 표준주택을 선정하여 냉난방시스템을 이용한 제연설비 적정성을 평가함으로써, 추후 장수명 공동주택에 적용가능성을 평가하고, 가변성을 가지는 구조에 따른 제연겸용 냉난방 덕트의 모듈화를 적용한 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

1. Study on the Application Possibility of Unitary System to Apartment I, Son Won Tug, Jo Hye Jin, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea 2006. 02
2. Study on the Application Possibility of Unitary System to Apartment II, Son Won Tug, Jo Hye Jin, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea 2006. 02
3. Guidelines for Energy-Efficient Commercial Unitary HVAC Systems
4. Unitary Equipment Real Building Operating Condition
5. 2000 ASHRAE HANDBOOK HVAC Systems and Equipment
6. 2005 ASHRAE HANDBOOK HVAC Fundamental