

퍼지 알고리즘을 이용한 정풍량 공조기의 고장 감지 및 진단

한도영[†], 김진^{*}

국민대학교 기계·자동차공학부, *국민대학교 기계공학과 대학원

Fault Detection and Diagnosis of a Constant Volume Air Handling Unit by a Fuzzy Algorithm

Doyoung Han[†], Jin Kim^{*}

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

^{*}Graduate School of Mechanical Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received August 2, 2004; revision received March 10, 2005)

ABSTRACT: The fault detection and diagnosis technology may be applied in order to decrease the energy consumption and the maintenance cost of an air-conditioning system. In this study, partial faults for fans, coils, dampers, and sensors of a constant volume air handling unit were considered. A fuzzy algorithm was developed to detect and diagnose these faults. Diagnostic results by the fuzzy algorithm were compared with those by the model reference algorithm. The fuzzy algorithm showed better results in diagnostic accuracies.

Key words: Fault detection and diagnosis(고장 감지 및 진단), Constant volume air handling unit(정풍량 공조기), Fuzzy algorithm(퍼지 알고리즘), Model reference algorithm(모델기준 알고리즘)

기 호 설 명

\dot{m} : 질량유량 [kg/s]
 P : 압력 [Pa]
 S : 제어 신호 [%]
 T : 온도 [°C]

HUD : 가습기
 in : 입구상태
 out : 출구
 SF : 급기팬
 w : 물

하첨자

a : 공기
 CC : 냉수코일
 HC : 온수코일

1. 서론

건물의 대형화에 따라 사용되는 공조장비의 규모가 복잡해지고 있으며 공조장비의 관리와 제어를 위한 자동제어 시스템의 적용이 확대되고 있다. 그러나 현재 적용되고 있는 자동제어 시스템은 공조장비의 효율적인 운용과 관리에 주로 초점을 맞추고 있으며 유지보전을 위한 기능은 매우 제한된 실정이다. 정격용량 구현과 정적효율 향상에 중점을 두었던 공조장비에 대한 연구방향

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-910-4675; fax: +82-2-910-4839

E-mail address: dyhan@kookmin.ac.kr

도 공조 시스템 전체를 고려한 효과적인 제어를 통해 에너지 절약이 가능하다는 것이 확인되어 이와 관련된 다양한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 최근에는 공조장비의 고장방지를 통한 에너지와 관리비용의 절감효과가 인정되어 고장 감지 및 진단 시스템(Fault detection and diagnosis system, FDD)에 대한 관심이 집중되고 있다. 원자력 발전 등의 고도의 안전을 요하는 곳에서 적용되기 시작한 FDD 시스템은 초기에 하드웨어 제한과 적절한 알고리즘 부족으로 일부 영역에서만 제한되어 사용되어 왔으나 최근 산업 기술의 급속한 발전으로 저가이면서 고성능의 하드웨어가 개발되어 다양한 산업 분야에 FDD 시스템의 구현이 현실적으로 가능하게 되었다.

건물의 공기조화를 위한 FDD 시스템에 대한 연구는 공조기와 냉동기로 구분하여 활발히 진행되고 있다. 국외에서는 IEA의 Annex 25와 34를 통하여 FDD를 위한 방법론과 전산장비를 이용한 FDD의 응용에 중점을 두어 연구가 본격화되기 시작하였으며, Peitsman et al.^(1,2)은 ARX와 인공 신경망을 사용한 블랙박스 모델을 이용하여 공조기의 고장감지를 시도하였고, Riemer et al.⁽³⁾은 시간급수방법을 사용한 FDD 알고리즘을, McIntosh et al.⁽⁴⁾은 수학적 모델을 기준한 FDD 알고리즘을 냉동기에 적용하였다. 국내에서는 Lee and Kyong⁽⁵⁾이 신경망과 패턴인식기법을 활용한 FDD 알고리즘을 공조기 적용을 위해 제시하였고, Han et al.^(6,9)은 규칙기반과 곡선적합 모델을 이용한 FDD 알고리즘을 실제 공조기 시스템에 적용하여

구현하였으며, 또한 곡선 적합 모델과 퍼지 알고리즘을 사용한 FDD 알고리즘⁽¹⁰⁻¹¹⁾을 개발하여 냉동기에 적용하였다. 그러나 이러한 연구는 적용 대상과 방법에 따라 장점과 단점을 동시에 가지고 있어 아직도 실제 적용하기에는 미흡하므로 보다 실용적인 FDD 방법에 대한 연구가 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 공조기의 고장 감지 및 진단을 위하여 퍼지 알고리즘을 이용한 FDD 알고리즘을 개발하고 개발된 알고리즘의 상대적인 유효성을 확인하기 위하여 기존에 개발되어 확인된 모델 기준 FDD 알고리즘^(6,8)을 선택한 후 동적 시뮬레이션 프로그램⁽¹²⁾을 사용하여 각 알고리즘에 따른 성능을 비교하여 향후 공조기 FDD 시스템에 활용될 수 있는 보다 개선된 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 한다.

2. 정풍량 공조기의 고장 종류

고장 감지 및 진단 알고리즘의 개발을 위하여 본 연구에서 선택된 정풍량 방식의 공조기는 Fig. 1과 같으며 환기팬, 급기팬, 냉난방 코일, 덕트, 댐퍼 등으로 구성되어 있다.⁽⁶⁾ 공조기 제어는 실내 급기온도와 습도를 감지하여 냉난방과 가습 코일의 삼방 밸브 개도를 조절하여 설정 급기 온도와 습도가 유지되도록 제어 시스템이 구성되어 있으며, 외기, 환기, 배기 댐퍼는 외기온도 및 실내 공기 상태에 따라 연동 제어되도록 구성되어 있다.

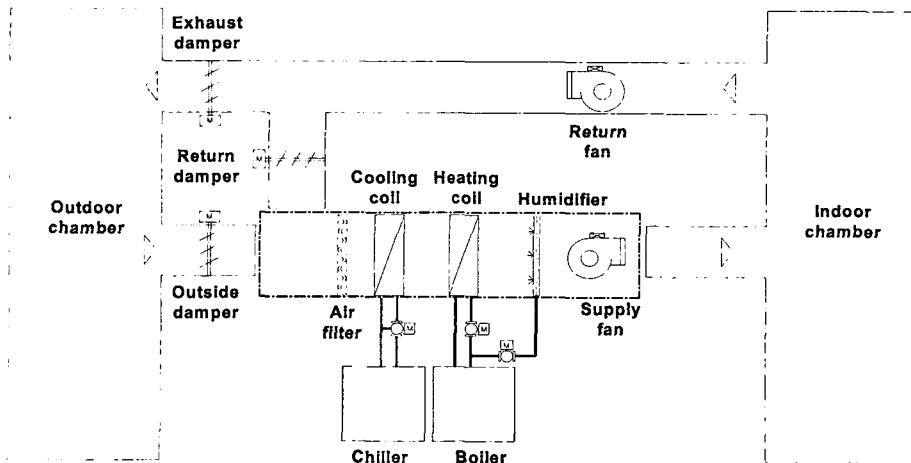


Fig. 1 Air handling system.

Table 1 Selected faults

Cooling mode	Heating mode
Supply air fan speed degradation (SFF)	
Return air fan speed degradation (RFF)	
Outside air damper stoppage (ODF)	
Recirculated air damper stoppage (RDF)	
Exhaust air damper stoppage (EDF)	
Cooling coil leakage (CCF)	Heating coil leakage (HCF)
Supply air temperature sensor negative degradation (TSF-)	Humidifier nozzle clogging (HUDF)
Supply air temperature sensor positive degradation (TSF+)	Supply air temperature sensor negative degradation (TSF-)
×	Supply air temperature sensor positive degradation (TSF+)
×	Supply air humidity sensor negative degradation (HSF-)
×	Supply air humidity sensor positive degradation (HSF+)

정풍량 공조기의 운전 중 발생할 수 있는 고장 중에서 Table 1과 같이 팬 성능 저하, 냉온수 코일 누수, 각종 댐퍼의 정지, 급기온습도 감지기 감도 저하에 대하여 고려하였다. 팬 성능 저하의 경우 팬 모터 성능 저하로 인한 회전수 감소로 모사하였고, 냉온수 코일 누수의 경우 코일이 노화되어 누수가 발생하는 현상을 모사하였으며, 댐퍼 정지의 경우 댐퍼가 고장으로 인하여 상대적으로 연동하지 않고 정지한 경우를 고려하였고, 온도와 습도 감지기의 경우 감도 저하로 인하여 실제값보다 높거나(+), 낮음(-) 측정값을 출력하는 경우에 대하여 고장을 모사하였다.

3. 고장 감지 및 진단 알고리즘

고장 감지 및 진단 알고리즘은 고장의 종류를 판단하는 고장 감지 알고리즘과 고장의 정도를 진단하는 고장 진단 알고리즘으로 구성되어 있다.

3.1 고장 감지 알고리즘

고장 감지 알고리즘은 냉방 모드와 난방 모드

로 구분하여 각 입력 변수의 잔차를 주어진 상수와 비교한 후 무고장 오차범위 내에 있으면 무고장으로 감지되고, 그렇지 않을 경우 각각의 고장별 입력변수의 증가/무변화/감소 경향에 따라 고장의 종류가 감지되도록 구성되어 있다.⁽⁷⁾

선택된 공조 시스템의 고장 감지에 대한 분석 도구로 동적 시뮬레이션 프로그램⁽⁶⁾을 사용하였다. 공조 시스템을 구성하는 각 구성요소의 동적 현상을 고려하여 환기팬, 급기팬, 냉난방 코일, 덕트, 댐퍼, 가슴기 등으로 구성된 정풍량 공조기의 동적 모델, 그리고 공조 시스템의 부속요소로서 삼방 밸브, 관, 펌프, 온도 센서, 제어기 등의 동적 모델을 개발하였으며 개발된 모델들을 이용하여 각 모델들의 동적 상호작용을 시뮬레이션할 수 있는 모듈화된 형태의 동적 시뮬레이션 프로그램을 구성하였다.

Table 2에는 동적 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 각 고장의 패턴을 분석한 결과에서 도출된 냉방 모드에서의 각종 입력변수의 변화경향을 보여 준다. $P_{SFa, out}$ 는 급기팬 출구 공기압력, $\dot{m}_{CCw, in}$ 는 냉수 코일 입구 냉수유량, $T_{CCa, in}$ 는 냉수 코일 입구 공기온도, $T_{RFa, out}$ 는 환기팬 출구 공기

Table 2 Fault effects in the cooling mode

Faults	SFF	RFF	ODF	RDF	EDF	CCF	TSF (-)	TSF (+)
$P_{SFa, out}$	↓	↑	↓	↑	↑	-	-	-
$\dot{m}_{CCw, in}$	↓	↓	↑	↑	↑	↑-	↓	↑
$T_{CCa, in}$	↑	↑	↑	↑	↑	-↑	↑	↓
$T_{RFa, out}$	↑	↑	↑	↓	↑	-↑	↑	↓
$T_{SFa, out}$	-	-	-	-	-	-↑	↑	↓

Table 3 Fault effects in the heating mode

Faults	SFF	RFF	ODF	RDF	EDF	HCF	HUDF	TSF		HSF	
								-	+	-	+
$P_{SFa, out}$	↓	↑	↓	↑	↑	-	-	-	-	-	-
$T_{RFa, out}$	↓	↓	↓	↑	↓	-	-	↑-	↓	-	-
$T_{HCa, in}$	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	↑-	↓	-	-
$T_{SFa, out}$	-	-	-	-	-	-	-	↑-	↓	-	-
$T_{HCw, in}$	↓	↓	↑	↑	↑	↑	-	↑-	↓	-	-
\dot{m}_{HUDs}	↓	↓	↓	↑	↓	-	↑-	-	-	↑-	↓
$H_{HUDa, out}$	-	-	-	-	-	-	-↓	-	-	↑-	↓

온도, $T_{SFa, out}$ 는 급기팬 출구 공기온도를 나타내며 ↑는 각 변수 잔차의 경향 증가, ↓는 감소, ↑-는 증가된 후 증가된 상태 유지, ↓-는 감소된 후 감소된 상태를 유지하는 것을 의미한다.

난방 모드에서의 각각의 고장에 따른 각종 입력변수의 변화경향이 Table 3에 나타나 있다. $T_{HCa, in}$ 는 온수 코일 입구 공기온도, $T_{HCw, in}$ 는 온수 코일 입구 온수온도, \dot{m}_{HUDs} 는 가슴기 입구 증기 유량, $H_{HUDa, out}$ 는 가슴기 출구 절대습도를 의미한다.

3.2 고장 진단 알고리즘

고장 감지 알고리즘에 의해 고장이 감지되면 고장 진단 알고리즘을 사용하여 고장의 정도를 진단한다. 고장 진단을 위하여 퍼지 로직을 사용한 퍼지 고장 진단 알고리즘을 개발하였으며 알고리즘에서 고려된 입력변수는 Table 2, 3과 같다. 고장의 진단을 위해서는 Table에 고려된 입력 변수를 모두 사용하여야 하나 이 경우에는 퍼지 규칙기반의 수가 과도하게 증가하게 되어 연산의 효율이 떨어지게 되므로 실제적으로 고장의 진단에 가장 영향을 미치는 퍼지 입력변수를 선정하였다. 즉, 난방 모드시에는 5개의 입력변수 중에서 고장 감지와 진단에 보다 중요하다고 고려되는 입력변수로 SFF와 RFF의 경우 $P_{SFa, out}$, $\dot{m}_{CCw, in}$, $T_{RFa, out}$ 을 선정하여 각각 216개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였고, CCF의 경우 $\dot{m}_{CCw, in}$, $T_{CCa, in}$, $T_{SFa, out}$ 을 선정하여 125개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였으며, TSF-와 TSF+의 경우 $\dot{m}_{CCw, in}$, $T_{RFa, out}$, $T_{SFa, out}$ 을 선정하여 각각 125개와 27개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였

다. 난방모드시에 SFF와 RFF의 경우 $P_{SFa, out}$, $T_{RFa, out}$, $T_{SFa, out}$ 을 입력변수로 선정하여 각각 216개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였고, HCF의 경우 $T_{HCa, in}$, $T_{SFa, out}$, $T_{HCw, in}$ 을 선정하여 125개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였으며, HUDF의 경우 $T_{HCw, in}$, $\dot{m}_{HUDs, in}$, $H_{HUDa, out}$ 을 선택하여 125개의 규칙으로, TSF-와 TSF+의 경우 $T_{RFa, out}$, $T_{HCa, in}$, $T_{SFa, out}$ 을 선정하여 각각 125개의 규칙으로, 그리고 HSF-와 HSF+의 경우는 $T_{HCw, in}$, $\dot{m}_{HUDs, in}$, $H_{HUDa, out}$ 을 선택하여 125개의 규칙으로 규칙기반을 구성하였다. 실제 사용된 난방에서의 규칙기반 일부를 Table 4, 5에 나

Table 4 Fuzzy rule bases of SFF

$P_{SFa, out}$ (LR)	$T_{RFa, out}$						
	N	SR	S	M	L	LR	
$\dot{m}_{CCw, in}$	N	SR	SR	S	S	M	M
	SR	SR	S	S	M	M	L
	S	S	S	M	M	L	L
	M	S	M	M	L	L	LR
	L	M	M	L	L	LR	LR
	LR	M	L	L	LR	LR	LR

Table 5 Fuzzy rule bases of CCF

$\dot{m}_{CCw, in}$ (S)	$T_{SFa, out}$					
	SR	S	M	L	LR	
$T_{CCa, in}$	SR	S	S	S	M	M
	S	S	S	M	M	L
	M	S	M	M	L	L
	L	M	M	L	L	LR
	LR	M	L	L	LR	LR

타내었으며, 여기서 N(no)은 무고장인 경우, SR (smaller)은 상당히 적은 고장일 경우, S(small)는 적은 고장일 경우이고, M(middle)은 중간 정도의 고장일 경우, L(large)은 큰 고장일 경우, LR (larger)은 아주 큰 고장일 경우를 의미한다. 각각의 입력변수와 출력변수에 대한 멤버십과 규칙 기반은 Han and Lee⁽¹⁰⁾에 제시되어 있다. 추론 방법으로 Mamdani⁽¹³⁾ 방법을 사용하였고, 역퍼지화 방법은 무게중심법을 사용하였으며 ODF, RDF, EDF의 경우 댐퍼의 정지에 의한 고장이므로 고장의 정도를 고려하지 않았다.

퍼지 알고리즘의 고장 진단 결과를 비교 검토하기 위하여 기존에 개발된 모델기준 알고리즘⁽⁸⁾을 기준으로 사용하였다. 모델기준 알고리즘은 고장 진단을 위하여 고장 정도에 따른 측정값과 예측값의 차인 잔차 R 을 사용하여 고장의 정도가 진단되도록 구성되었으며 잔차의 계산을 위하여 감지변수 중 특히 외기온도에 의해 영향을 받는 $\dot{m}_{CCw,in}$, $T_{CCa,in}$, $T_{HCa,in}$, $T_{HCw,in}$ 은 다양한 외기조건에 따라서 예측값이 변화되도록 곡선 적합 모델을 사용하여 보정하였다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 냉방 모드

고장 감지 및 진단 알고리즘의 성능 평가를 위하여 냉방 모드에서 제시된 각각의 고장에 대하여 고장 모사 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 냉방 모드 조건으로 Fig. 2와 같은 여름철 외기조건을 적용하였으며, 오전 8시부터 무고장상태로 모사하다가 3시간 후인 오전 11시부터 오후 6시까지 0%에서 50%로 선형적인 고장상태를 모사하였다.

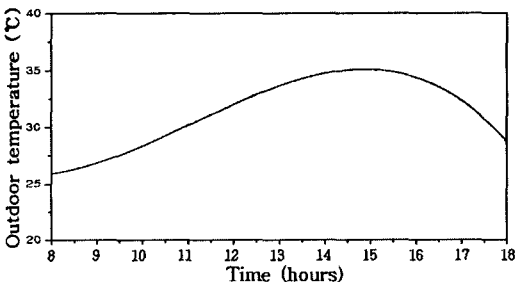


Fig. 2 Outdoor air temperature at summer.

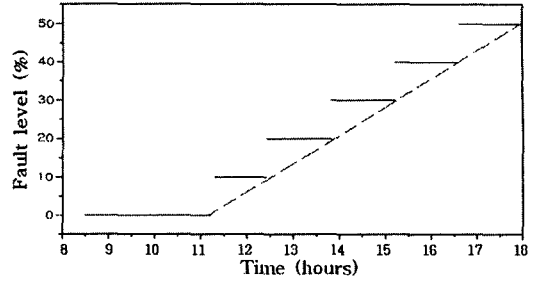


Fig. 3 Supply air fan speed degradation diagnosis by the model reference algorithm.

Fig. 3은 모델기준 알고리즘을 사용한 고장 감지 및 진단 결과 중 일부인 급기팬 성능 저하에 대한 고장 진단 결과를 보여주고 있다. 여기서 점선은 시간에 따라 주어진 고장의 정도를 나타내며 실선은 알고리즘에 의한 진단 결과를 나타내고 있다. 고장의 진단은 고장 진단의 오차를 고려하여 5%까지의 고장은 무고장으로 감지하며 5~15%까지의 고장은 10% 고장으로, 16~25%까지의 고장은 20% 고장으로 감지하는 방식으로 알고리즘을 구성하였다. 시뮬레이션 결과 고장이 연속적으로 선형 증가 모사된 11시 이후부터 10%, 20%, 30%, 40%, 50%의 고장으로 진단되는 것을 확인할 수 있었다. 고장이 연속적으로 증가 모사된 오전 11시부터 오후 6시까지 총 7시간 동안 매 분당 1회씩 고장을 진단하여 총 420회의 진단 중 408회가 미리 지정된 고장의 정도에서 $\pm 5.0\%$ 오차범위 내로 정확히 감지하고 있음을 확인하였다.

Fig. 4에는 동일한 시뮬레이션 조건에 대하여 퍼지 알고리즘을 사용한 고장 감지 및 진단 결과 중 일부인 급기팬 성능 저하에 대한 고장 진단 결과를 보여주고 있다. 여기서 점선은 시간에 따라

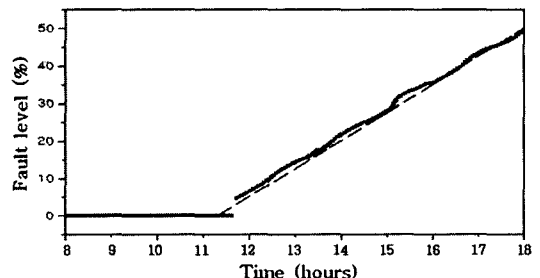


Fig. 4 Supply air fan speed degradation diagnosis by the fuzzy algorithm.

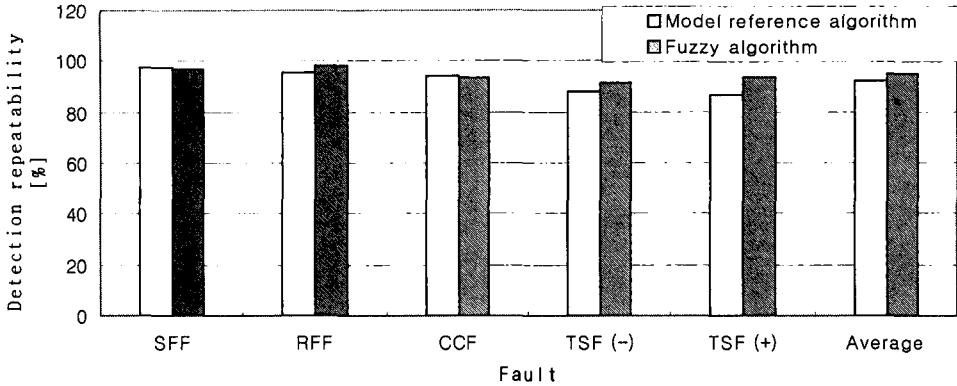


Fig. 5 Detection repeatability for the cooling mode.

주어진 고장의 정도를 나타내며 실선은 알고리즘에 의한 진단 결과를 나타내고 있다. 고장의 진단은 5%까지는 무고장으로 감지하고 이후 50%까지 연속 고장 감지를 수행하도록 구성하였다. 시뮬레이션 결과 고장이 연속적으로 선형 증가 적용된 11시 이후부터 연속적으로 5%에서 50%까지 고장이 진단되는 것을 확인할 수 있었으며, 고장이 연속적으로 증가 모사된 오전 11시부터 오후 6시까지 총 7시간 동안 매 분당 1회씩 고장을 진단하여 총 420회의 진단 중 405회가 미리 지정된 고장의 정도에서 $\pm 0.5\%$ 오차범위 내로 정확히 감지하고 있음을 확인하였다.

Fig.5에는 냉방 모드에서 선정된 모든 고장에 대한 고장 진단 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 모델기준 알고리즘을 사용한 경우의 전고장 진단의 결과는 $\pm 5.0\%$ 의 오차범위를 만족시키는 고장 진단 정확도가 평균 92.3%를 나타내었으며 퍼지 알고리즘을 사용한 경우는 $\pm 0.5\%$ 의 오차범위를 만족시키는 고장 진단 정확도가 평균 94.6%를 나타내었다.

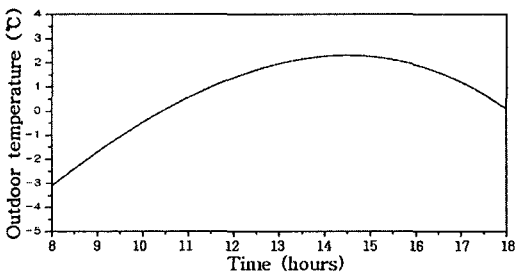


Fig. 6 Outdoor air temperature at winter.

4.2 난방 모드

난방 모드에서의 개발된 알고리즘의 성능 평가를 위하여 Fig.6과 같은 겨울철 외기조건을 적용하였으며, 고장의 발생조건은 냉방시와 동일하게 모사하였다.

Fig.7은 모델기준 알고리즘을 사용한 경우의 온수 코일 누수에 대한 고장 진단 결과를 보여주고 있다. 여기서 점선은 시간에 따라 주어진 고장의 정도를 나타내며 실선은 알고리즘에 의한 진단 결과를 나타내고 있다. 고장이 모사된 11시부터 10%에서 50%까지 10% 단계의 고장으로 진단되는 것을 확인할 수 있었다. 오전 11시 이후부터 오후 6시까지 총 7시간 동안 매 분당 1회씩 고장을 진단하여 총 420회의 진단 중 403회가 미리 지정된 고장의 정도에서 $\pm 5.0\%$ 오차범위 내로 정확히 감지하고 있음을 확인하였다.

Fig.8에는 퍼지 알고리즘을 적용한 경우의 온수 코일 누수의 고장 진단 결과를 보여주고 있다. 여기서 점선은 시간에 따라 주어진 고장의

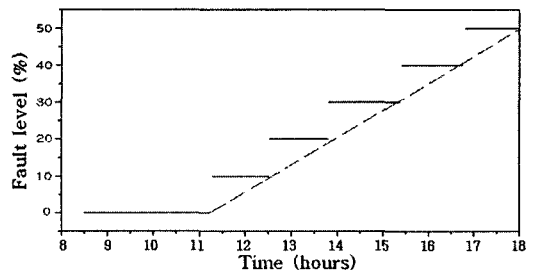


Fig. 7 Heating coil leakage diagnosis by the model reference algorithm.

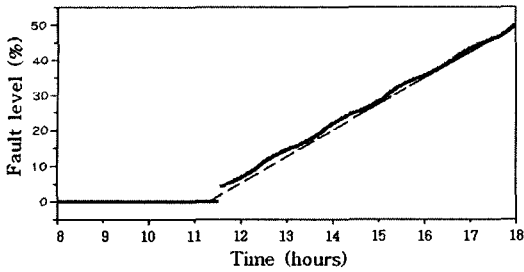


Fig. 8 Heating coil leakage diagnosis by the fuzzy algorithm.

정도를 나타내며 실선은 알고리즘에 의한 진단 결과를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 오전 11시부터 연속적으로 5%에서 50%까지 고장이 진단되는 것을 확인할 수 있었으며, 오전 11시 이후부터 오후 6시까지 총 7시간 동안 매 분당 1회씩 고장을 진단한 결과 총 420회 진단 중 399회가 미리 지정된 고장의 정도에서 $\pm 0.5\%$ 오차범위 내로 정확히 감지하고 있음을 확인하였다.

Fig. 9에는 난방 모드에서 선정된 모든 고장에 대한 고장 진단 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 모델기준 알고리즘을 사용한 경우에는 $\pm 5.0\%$ 의 오차범위를 만족시키는 고장 진단 정확도가 평균 92.7%를 나타내었으며 퍼지 알고리즘을 사용한 경우는 $\pm 0.5\%$ 의 오차범위를 만족시키는 고장 진단 정확도가 평균 93.5%를 나타내었다.

4.3 시뮬레이션 분석

냉방과 난방에 대한 고장 감지 및 진단에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과 고장 검출 반복도가 퍼지 FDD 알고리즘을 적용한 경우 고장 진단 오차

범위 $\pm 0.5\%$ 내에서 냉방시에는 94.6%, 난방시에는 93.5%로 나타났으며 모델기준 FDD 알고리즘을 적용한 경우에는 고장 진단 오차범위 $\pm 5.0\%$ 내에서 냉방시에는 92.3%, 난방시에는 92.7%로 나타나 퍼지 FDD 알고리즘의 성능이 보다 우수한 것으로 확인되었다. 모델기준 FDD 알고리즘을 위해서 고장 진단 오차범위를 $\pm 5.0\%$ 를 $\pm 0.5\%$ 로 축소하는 것도 가능하지만 이 경우 정상상태의 데이터와 각 고장별 유형과 정도에 따른 고장상태의 데이터를 취득하기 위하여 많은 반복적인 시험이 요구되어 실제 구현에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다.

5. 결 론

정풍량 공조기에서 발생할 수 있는 다양한 고장 중 팬 성능 저하, 냉온수 코일 누수, 각종 댐퍼의 정지, 급기 온습도 감지기 감도 저하에 대한 고장을 선택하였고 냉방 모드와 난방 모드를 구분하여 고장 감지 알고리즘과 고장 진단 알고리즘으로 구성된 FDD 알고리즘을 개발하였다. 고장 감지 알고리즘은 각 입력변수의 잔차를 주어진 상수와 비교한 후 무고장 오차범위 내에 있으면 무고장으로 감지하고, 그렇지 않을 경우 각각의 고장별 입력변수의 증가/무변화/감소 경향에 따라 고장의 종류를 감지하도록 구성하였으며 이때 입력 변수로 급기팬 출구 공기압력, 냉수 코일 입구 냉수유량, 냉온수 코일 입구 공기온도, 온수 코일 입구 온수온도, 가습기 입구 증기유량, 가습기 출구 절대습도 등을 사용하였다. 고장 진단 알고리즘은 퍼지 로직을 사용하여 고장의 정도를 진단하도록 구성하였으며 과도한 퍼지 규칙으로 인

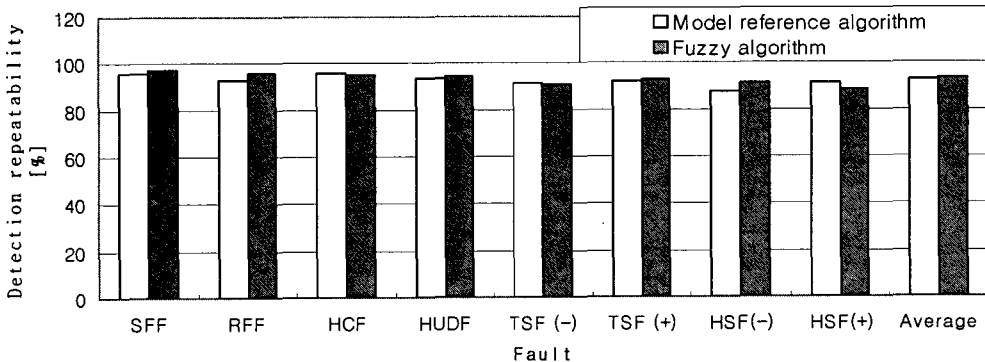


Fig. 9 Detection repeatability for the heating mode.

한 연산효율 저하를 방지하기 위해 가능한 적은 퍼지 입력변수를 선정하여 규칙기반을 구성하였고 추론방법으로 Mamdani 방법을 사용하였으며 역퍼지화 방법으로 무게 중심법을 사용하였다.

개발된 퍼지 FDD 알고리즘의 유효성을 확인하기 위하여 동적 시뮬레이션 프로그램을 사용하였으며 기준에 개발된 모델기준 FDD 알고리즘을 기준으로 성능을 상대적으로 평가한 결과 퍼지 FDD 알고리즘을 적용한 경우가 모델기준 FDD 알고리즘을 적용한 경우에 비하여 우수하게 나타났으며 보다 정밀한 고장의 진단이 가능하여 개발된 FDD 알고리즘이 FDD 시스템 개발에 보다 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Peitsman, H. C. and Bakker, V. E., 1996, Application of black-box models to HVAC systems for fault detection, ASHRAE Transactions, Vol. 102, pp. 628-640.
2. Peitsman, H. C. and Soethout, L. L., 1997, ARX models and real-time model-based diagnosis, ASHRAE Transactions, Vol. 103, pp. 657-671.
3. Riemer, P. L., Mitchell, J. W. and Beckman, W. A., 2002, The use of series analysis in fault detection and diagnosis methodologies, ASHRAE Transactions, Vol. 108, Pt. 2.
4. McIntish, I. B. D., Mitchell, J. W. and Beckman, W. A., 2000, Fault detection and diagnosis in chillers, ASHRAE Transactions, Vol. 106, Pt. 2.
5. Lee, W. and Kyong, N., 2001, Fault detection and diagnosis for an air-handling unit using artificial neural network, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, SAREK, Vol. 13, No. 12, pp. 1288-1296.
6. Han, D. and Joo, M., 2000, Dynamic models of the air handling unit for the development of real time fault detection and diagnosis system, Proceedings of the SAREK, pp. 201-207.
7. Han, D. and Joo, M., 2001, Rule bases for the development of the real time fault detection and diagnosis system of the air handling unit, Proceedings of the SAREK, pp. 659-664.
8. Han, D. and Joo, M., 2002, Fault detection & diagnosis of an air handling unit based on rule bases, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, SAREK, Vol. 14, No. 7, pp. 552-559.
9. Han, D. and Kim, J., 2002, An experimental study on the rule based fault detection and diagnosis system of air handling unit, Proceedings of the SAREK, pp. 399-404.
10. Han, D. and Lee, H., 2001, Partial fault detection of the air-conditioning system by using curve fitting model, Proceedings of the SAREK, pp. 670-674.
11. Han, D. and Ha, S., 2000, Fault detection and diagnosis of air-conditioning system by using curve fitted type fuzzy algorithm, Proceedings of the SAREK, pp. 302-307.
12. Han, D. and Joo, M., 2000, Dynamic models of the air handling unit for the development of real time fault detection and diagnosis system, Proceedings of the SAREK, pp. 201-207.
13. Oh, Y. S., 1997, Fuzzy Theory and Control, Chungmoon, pp. 215-291.