

카오스 퍼지 제어를 이용한 단기부하예측에 관한 연구

유 관 식* · 신 위 재* · 추 연 규** · 김 현 덕**

Short-Term Prediction using Chaos Fuzzy Controller

Gwan-Sik Yoo* · Wee-Jae Shin* · Yeon-Gyu Choo** · Hyun-Duk Kim**

요 약

최대 수용전력 시계열 데이터를 수집하여 카오스적 성질을 분석하고 퍼지 제어기로부터 추론되어진 제어 값으로 특정 플랜트의 단기예측을 수행하는 카오스 퍼지 제어기를 구성하고 시뮬레이션을 통하여 실제 데이터와의 오차 검토를 통하여 카오스 퍼지 제어기의 강인성을 검증하고 이 시스템을 통하여 얻어진 결과와 실제 데이터를 비교함으로써 제어기의 성능을 평가한다.

I. 서 론

현대 산업 사회의 발전과 국민 생활의 향상을 통해서 전력은 생산, 소비활동의 중요한 요소로 인식되고 있다. 이에 전력의 안정적인 공급, 계통의 안전한 운용 그리고 운용 비용의 절감과 같은 실리적 측면에서부터 자원이나 환경 보존에 이르는 다양한 것까지 전력의 수요 예측의 중요성 또한 증대되고 있다.

일반적으로 전력수요 예측의 필요성은 몇가지로 요약될 수 있다. 전력은 생산과 소비가 동시에 이루어지는 특성을 가지고 있기 때문에서 다양한 발전소를 통해서 생산된 전기는 시시각각 변화하는 전력의 수요에 맞춰 계속적으로 공급이 이루어지도록 수급운용 차원에서 업무가 진행되어야 한다. 시간대별로 사용자의 수요에 따른 전력설비 운용 계획, 발전 계획 등은 단기적인 예측 방법을 필요로 하며 설비계획과 같은 경우에는 장기적인 예측 방법을 필요로 한다. 따라서 예측의 정밀도의 정도에 따라서 효율적인 공급에 따른 경제적 효과를 기대할 수 있다.

최대수요 전력은 기후변화와 같은 자연현상이 가장 큰 영향을 받으며, 일반적으로 고려하는 연말연시 등과 같이 사회 전체가 쉬는 기간이나 산업활동이 멈추는 경축일, 토요일, 일요일 등도 고려대상이 된다. 이와 같이 자연현상이나 예측하지 못하는 여러 요인들에 의해서 발생하는 비선형 시스템들은 선형적 예측이 불가능하여 정확한 수요예측이 불가능하다. 그러나 비선형적 특성 가운데 카오스적 성질을 파악하여 카오스 시스템인 경우에는 이를 적극적으로 제어대상으로 활용하면 단기적인 예측에 있어서는 만족스러운 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 최대수요 전력 시계열 데이터를 수집하여 카오스적인 성질을 분석하고 이를 바탕으로 카오스 퍼지 제어기를 구성하고 이 시스템을 통하여 얻어진 결과와 실제 데이터를 비교함으로써 제어기의 성능을 평가한다.

II. 카오스 퍼지 제어기와 예측 모델

1. 카오스 퍼지 제어기

퍼지 제어기는 숙련자의 지식을 규칙과 멤버쉽 함수로 표현하여 프로세스를 제어 목적에 맞도록 제어하는 것이다. 제어 방법으로는 제어 상태와

* 경남대학교 전자공학과

** 전주산업대학교 전자공학과

목표값을 비교하여 상태를 목표값에 가까워지도록 제어하는 피드백 제어와 제어 대상에 대한 외란을 받지 않도록 사전에 제어 출력을 변경하는 피드 포워드(feed forward) 두가지 방식이 있다. 피드 포워드 제어의 경우에는 외란이 예측된 경우와 외란의 변화를 예측하여 제어하는 방법으로 제어할 수 있으나, 플랜트의 모델링의 어려움과 파라미터 결정 및 환경변화에 대응하는 파라미터 적응이 곤란하다는 문제점을 가진다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 카오스의 단기 예측 가능성을 이용한 카오스 퍼지 제어를 고려한다.

2. 제안된 방법

본 논문에서 제시한 카오스 퍼지 제어기는 수집된 시계열 데이터의 카오스적인 성질을 분석한 후 유효한 경우 다양한 입력을 고려하여 제어기로부터 얻어진 추론결과를 바탕으로 최대전력 변화율을 산출한 뒤 이를 기초로 하여 현재 최대 소요전력에 대한 다음 시간의 최대 소요전력을 예측한다. 전력 소요량 예측 시스템의 전체적인 구조는 Fig. 1과 같다.

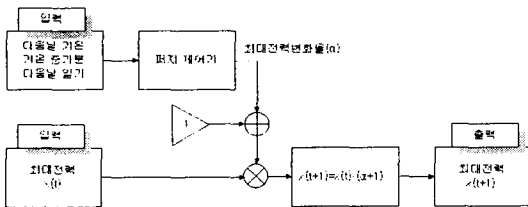


Fig. 1 Prediction system of supplied Electrical Power using Chaos-Fuzzy Controller

카오스 퍼지 제어기의 입력으로 사용되는 데이터는 최대 소요전력 측정치와 일기, 기온, 기온 증가분과 같은 기후 관련 데이터들이다. 카오스 퍼지 제어기를 통해서 얻어진 최대전력 변화율은 예측된 다음 시계열 데이터에 항상 영향을 미친다. 입력으로 사용된 최대 소요전력은 매시간 측정된 데이터이며 기후 관련 데이터들은 일반적인 기후 성향을 고려하였으며, 다음과 같은 퍼지규칙을 통해서 얻어진다.

규칙 1 : If 날씨가 약간 덥고 날씨 변화가 거의 없으면, then 전력 변화는 작다

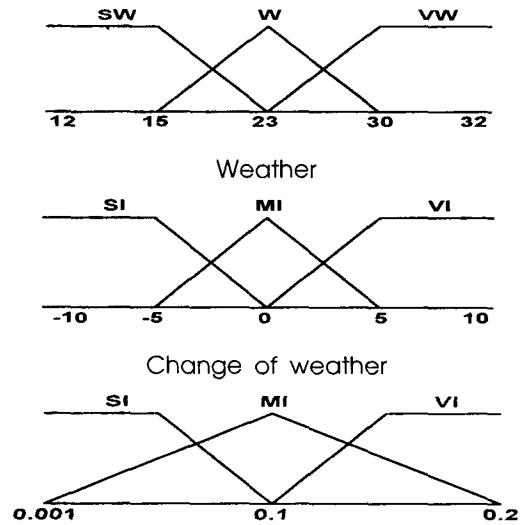
규칙 2 : If 날씨가 덥고 날씨 변화가 약간 있

으면, then 전력 변화는 작다

규칙 3 : If 날씨가 매우 덥고 날씨 변화가 매우 심하면, then 전력 변화는 크다

⋮

Fig. 2는 날씨와 날씨 변화분을 이용하여 카오스 퍼지 제어기의 소속함수 형태를 나타낸 것이며, 퍼지규칙은 Table 1과 같이 설계하였다. Fig. 3은 퍼지규칙을 도식화한 것이다. 퍼지추론 방법은 MAX-MIN 연산을 통해서 구해내고 싱글톤의 비퍼지화 방법을 이용하여 최대전력 변화율을 구했다.



alpha (Change rate of supplied Power)
Fig. 2 Membership Function of Chaos-Fuzzy Controller

Table 1. Rule table of Chaos-Fuzzy Controller

Weather Δ Weather	SW	W	VW
SI	S	S	M
MI	S	M	L
VI	M	L	L

SW : Small Warm W : Warm VW : Very Warm
SI : Small Increase MI : Medium Increase
VI : Very Increase
S : Small M : Medium L : Large

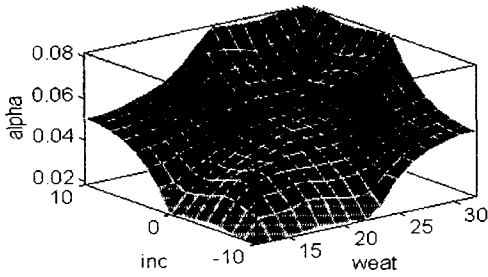


Fig. 3 Surface Viewing of Fuzzy Rule

Ⅲ. 시뮬레이션 및 고찰

본 논문에서는 카오스 퍼지 제어기를 이용한 응용으로 전력소요량의 단기예측을 제시하였다. 수집된 전력소요량의 시계열 데이터의 카오스 성질 분석을 통하여 카오스 퍼지 제어기 응용의 적절성을 먼저 판단하고 시뮬레이션을 통하여 실제 데이터와의 오차 검토를 통하여 카오스 퍼지 제어기의 강인성을 검증한다.

본 논문에서 제안한 카오스 퍼지 제어기를 시뮬레이션하기 위해 수집한 시계열 데이터는 1999년 8월 1일부터 2000년 3월 31일까지 진주시에 공급되는 전력량을 측정하는 것으로 Fig. 4는 그중 일부를 나타낸 것이다.

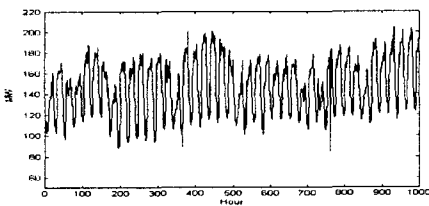


Fig. 4 Time series for Simulation

본 논문에서 제안한 카오스 퍼지 제어기로부터 생성된 최대 소요전력 변화율을 도식화하면 Fig. 5와 같다.

최대 전력 변화율은 입력변수를 다양화하고 정확한 자료를 입력하여 처리하는 경우 보다 단기 예측에 부합되는 정밀한 값을 얻을 수 있다.

본 시뮬레이션에서 사용한 입력 데이터중 기후 관련 데이터는 통상적으로 적용되는 데이터를 기준으로 작성된 것이므로 실제 데이터와 예측 데이터 비교시 발생하는 오차는 기후 관련 데이터에 기인한다고 말할 수 있다.

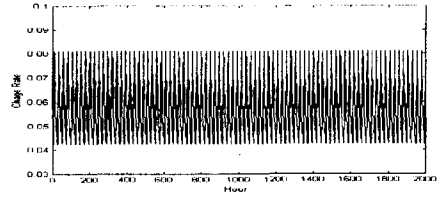


Fig. 5 Change rate of maximum supplied power

본 논문에서 수행된 시뮬레이션은 카오스 퍼지 제어기에서 생성된 최대 소요전력 변화율을 현재 시계열 데이터를 고려하여 다음 시계열 데이터를 예측하는 방식이다. 시뮬레이션을 2000년 1월,3월로 그결과를분석하였다.

겨울에는 산업용 전력 공급이외에 난방용 전력이 급증하는 계절적인 요인에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

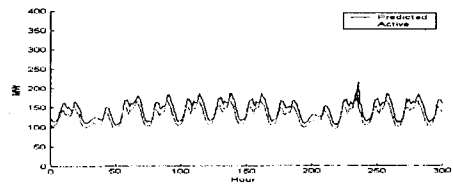


Fig. 6 Predicted and active data plotting on Aug. 1999

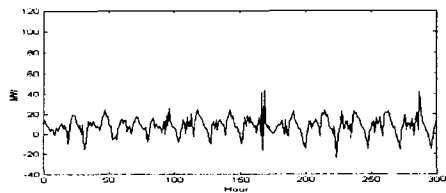


Fig. 11 Error between predicted and active data on Aug. 1999

Fig. 6, Fig. 8, Fig. 10은 예측 데이터와 실제 데이터를 나타낸 것이고 Fig. 7, Fig. 9, Fig. 11, 은 예측 데이터와 실제 데이터 간의 오차를 나타낸 것이다.

예측 데이터와 실제 데이터를 나타낸 그림에서 계절별 최대 소요전력량을 관찰해보면 여름에 해당하는 8월의 평균 전력량이 다른 비교 대상의 계절보다 현격하게 높은 결과를 나타내는데 이는 산업용 전력 공급 이외에 난방용 장치의 사용이

급증하는 계절적인 요인에 영향을 받기 때문이다. 그리고 예측 데이터와 실제 데이터 간의 오차도 여름에 해당하는 8월이 가장 큰 결과를 나타냈는데 이것 역시 기후에 민감한 전력소요량에 의한 것이라 판단할 수 있다.

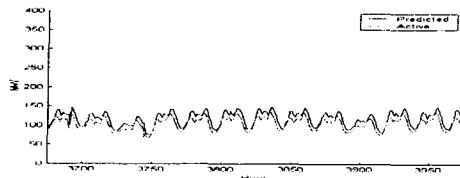


Fig. 8 Predicted and active data plotting on Jan. 2000

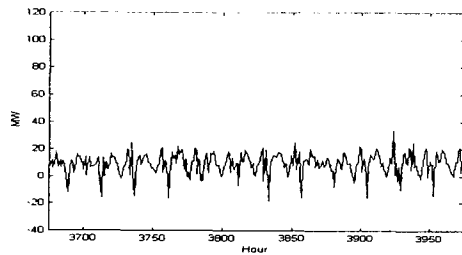


Fig. 9 Error between predicted and active data on Jan. 2000

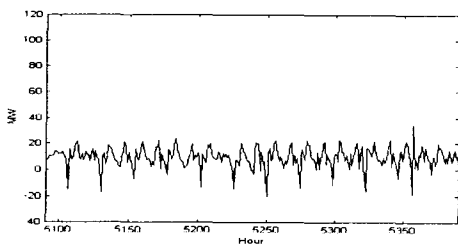


Fig. 10 Error between predicted and active data on Mar. 2000

시뮬레이션 결과를 보면 실제 데이터가 약간 뒤진 형태로 실제 데이터를 추종하는 것을 알 수 있다. 실험 대상기간에 대한 평균 예측 오차를 계산할 결과 5.64%로서 비교적 양호하였으나 이러한 오차는 카오스 퍼지 제어기의 입력으로 고려된 기후 관련 데이터의 정확성 문제에 기인한다. 오차를 최소화하고 정밀한 변화율을 제공하는 제어기를 구성하기 위해서는 다양한 기후 관련 데이터의 수집과 이를 적절하게 고려한 퍼지

규칙의 적용이 필요한 것으로 판단된다.

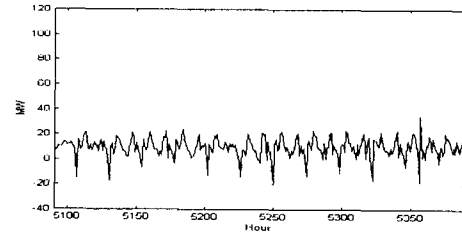


Fig. 11 Error between predicted and active data on Mar. 2000

IV. 결론

본 논문에서는 시계열 데이터의 입력으로부터 카오스적인 성질을 분석하고 퍼지 제어기로부터 추론되어진 제어값으로 특정 플랜트의 단기예측을 수행하는 카오스 퍼지 제어기를 제안하였다. 계절별로 구분된 특정 지역의 단기 전력 소요량 시계열 데이터를 제안된 제어기에 적용하여 시뮬레이션을 수행하고 실제 데이터와 비교 평가한 결과, 예측된 데이터와 실제 데이터간의 전체 평균 예측오차가 5.64%로 비교적 양호하였다. 그리고 계절중 여름의 평균적 오차가 가장 크게 나타났는데 카오스적인 성질을 가지는 전력 소요량의 기후 및 온도 같은 주변환경에 민감한 의존성을 말해준다. 단기예측의 오차를 줄이기 위해서는 다양하고 정확한 기후 및 온도 데이터 수집, 주거 및 산업환경 변화 지속적인 파악이 이루어져야 하며, 다양한 파라미터를 근거로 작성된 퍼지규칙 등을 통해서 개선이 가능한 것으로 판단된다.

참고문헌

- [11] W.Ditto and L.Pecora, "Mastering Chaos", Scientific American, Vol.67, No.8, p.62-68, 1993
- [12] Steven H.Strogatz, "Nonlinear Dynamics and Chaos", Addison Wesley, Massachusetts, 1994
- [13] G.L.Baker and J.P.Gollub, "Chaotic Dynamics", Cambridge University Press, New York, 1996