김일성종합대학학보 JOURNAL OF KIM IL SUNG UNIVERSITY
(자연과학) (NATURAL SCIENCE)
주체104(2015)년 제61권 제2호 Vol. 61 No. 2 JUCHE104(2015).

비대칭삼각형구름모형을 리용한 조종기설계의 한가지 방법

박은순, 신영철

경애하는 **김정은**동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《새 세기 산업혁명의 불길높이 우리 나라를 지식경제강국으로 일떠세워야 합니다.》

선행연구[1, 2]에서는 정규구름모형을 리용하여 조종기를 설계하는 방법을 제안하였는데 이 방법은 비선형적특성을 가진것으로 하여 계산량이 많고 로그함수인것으로 하여 성원도가 0인 경우 계산을 하지 못하기때문에 매번 순환명령으로 실현해야 하며 또 비대칭인 구름모형설계가 곤난한 부족점을 가진다.

그러므로 론문에서는 계산량이 작고 비대칭구름모형도 취급하기 쉬운 삼각형구름모형을 리용하여 조종기를 설계하였다.

1. 비대칭삼각형구름모형을 리용한 조종기설계

비대칭삼각형구름모형은 다음의 세가지 특성값을 가진다.

① 기대값 Ex는 다음과 같은 비대칭삼각형성원구름모형의 무게중심 G에 대응한 정의역값이다.

$$Ex = x = x_c,\ \ \mu(x_c)$$

② 분산 $En_1,\ En_2$는 비대칭삼각형성원구름곡선의 폭으로서 정성적개념으로 접수될수 있는 정도를 반영한다. 이때 3개의 파라메터값 $Ex,\ En_1,\ En_2$에 의하여 비대칭삼각형성원구름곡선의 방정식이 결정된다.

$$\mu(x)=\begin{cases} 1-\dfrac{x-Ex}{En_1}, & (x-Ex)\ge En_1 \quad AND\ \ x<Ex \\ 1+\dfrac{x-Ex}{En_2}, & (x-Ex)\le En_2 \quad AND\ \ x\ge Ex \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases}$$

③ 초분산 He는 삼각형성원구름곡선의 점 $M(x=Ex+2En/3,\ \mu=1/3)$에 대응되는 성원구름의 분산으로서 성원구름의 리산정도를 반영한다.

구름모형을 리용한 조종기는 크게 정방향구름생성기, 구름모형사영기, 구름규칙, 역방향구름생성기로 이루어진다.

정방향구름생성기에서는 입력변수에 대하여 구름모형분할을 진행하고 매 분할에 해당한 성원구름을 만든다. 즉 먼저 구름모형분할을 진행하고 다음으로 매 분할에 해당한 성원구름함수를 작성한다.

이때 성원구름함수를 작성하는 알고리듬은 다음과 같다.

① Ex를 기대값으로, $(En_1+En_2)/2$를 분산으로 하는 정규분포우연수 x'를 생성한다.

② En_1을 기대값으로, He를 분산으로 하는 정규분포우연수 En_1'를 생성한다.

③ En_2를 기대값으로, He를 분산으로 하는 정규분포우연수 En_2'를 생성한다.

④ 다음의 식에 따라 $\mu_A(x')$를 계산한다.

$$\mu_A(x')=\begin{cases} 1-\dfrac{x'-Ex}{En_1'}, & (x'-Ex)\ge En_1' \quad AND \;\; x'<Ex \\ 1+\dfrac{x'-Ex}{En_2'}, & (x'-Ex)\le En_2' \quad AND \;\; x'\ge Ex \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases} \tag{1}$$

⑤ $(x',\ \mu(x'))$를 1개의 구름방울로 정한다.

⑥ k개의 구름방울을 생성할 때까지 걸음 ①－④를 반복한다.

우의 알고리듬에 따라 생성된 비대칭삼각형성원구름을 그라프로 표현하면 그림 1과 같다.

한편 구름분할수를 5개로 하였을 때의 삼각형성원구름함수곡선은 그림 2와 같다.

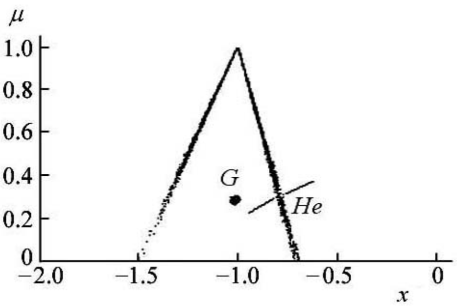

그림 1. 비대칭삼각형성원구름

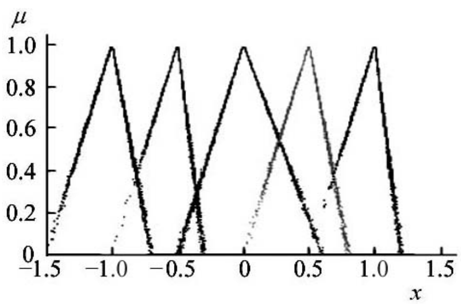

그림 2. 구름분할수를 5개로 하였을 때의 비대칭삼각형성원구름

다음으로 구름모형사영기를 구성하여야 하는데 구름모형사영기는 구름규칙모임이 주어졌을 때의 x조건구름모형을 생각하고 그것들의 조합을 통하여 어떤 입력에 대응하는 해당한 출력을 만들어내는 부분으로서 x조건구름모형과 u결론구름모형으로 구성된다.

x조건구름모형은 구름모형규칙의 전건부인 입력벡토르차원수에 따라 1차원 x조건구름모형, 2차원 x조건구름모형, 혼합차원 x조건구름모형, n차원 x조건구름모형으로 나누어진다.

이제 다음과 같은 구름조종규칙이 주어졌다고 하자.

$$\text{If} \quad x=A_j \quad \text{then} \quad u=C_j, \; j=1,\,2,\,\cdots,\,m$$

우의 조종규칙에서 x는 구름모형변수이고 A_j는 성원구름으로서

$$A_j = xinp(Ex_{xj},\ En_{xj},\ He_{xj}),\ \ j=1,\ 2,\ \cdots,\ m$$

이다. 그리고 출력 u도 구름모형변수이고 C_j는 성원구름으로서

$$C_j = xinp(Ex_{uj},\ En_{uj},\ He_{uj}).$$

이때 이 구름조종규칙에 대한 1차원구름추리과정은 그림 3과 같다.

여기서 CG_x는 x조건구름, CG_u는 u결론구름이며 $(Ex_x,\ En_x,\ He_x)$는 전건부1차원구름모형의 파라메터, x^0은 입력값이다. 그리고 $(Ex_u,\ En_u,\ He_u)$는 후건부구름모형의 파라메터이고 μ_j는 x조건구름의 출력이다.

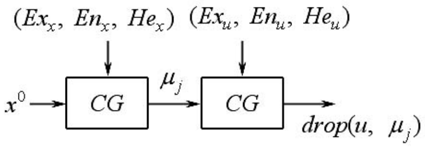

그림 3. 1차원구름규칙추리

그림 3에 대한 1차원구름규칙추리과정은 다음과 같다.

우선 조종기의 입구로 들어오는 확정적인 입력 $x=x^0$에 따라 다음의 식으로부터 $\mu_A(x^0)$를 생성한다.

$$\mu_A(x^0)=\begin{cases} 1-\dfrac{x^0-Ex}{En_1'}, & (x^0-Ex)\ge En_1',\ \ x^0<Ex \\ 1+\dfrac{x^0-Ex}{En_2'}, & (x^0-Ex)\le En_2',\ \ x^0\ge Ex \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases} \tag{2}$$

여기서 $En_1',\ En_2'$는 각각 $En_1,\ En_2$를 기대값으로, He를 분산으로 하는 정규분포우연수로서 이것을 $En_1'=N(En_1,\ He),\ En_2'=N(En_2,\ He)$으로 표시한다.

우의 과정을 그림으로 표현하면 그림 4와 같다.

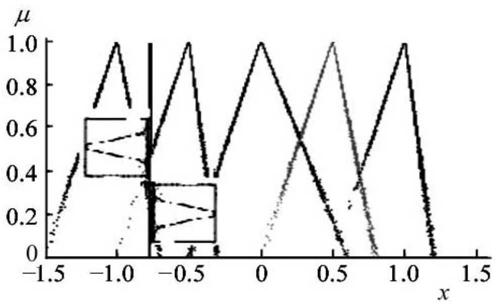

그림 4. x조건구름모형생성과정

다음으로 2차원 x조건구름모형은 정규구름에서의 2차원 x조건구름생성과 마찬가지로 1차원 x조건구름방울묶음들의 적으로 표시할수 있다.

$$w_j^k=\begin{cases} \left(1-\dfrac{x_1^0-Ex_1}{En_{11}'}\right)\left(1-\dfrac{x_2^0-Ex_2}{En_{21}'}\right), & (x_1^0-Ex_1)\ge En_{11}',\ x_1^0<Ex_1,\ (x_2^0-Ex_2)\le En_{21}',\ x_2^0\ge Ex_2 \\ \left(1+\dfrac{x_1^0-Ex_1}{En_{12}'}\right)\left(1+\dfrac{x_2^0-Ex_2}{En_{22}'}\right), & (x_1^0-Ex_1)\le En_{12}',\ x_1^0\ge Ex_1,\ (x_2^0-Ex_2)\ge En_{22}',\ x_2^0<Ex_2 \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases} \tag{3}$$

여기서 $En_{11}'=N(En_{11},\ He),\ En_{21}'=N(En_{21},\ He),\ En_{12}'=N(En_{12},\ He),\ En_{22}'=N(En_{22},\ He)$

이고 j는 구름조종규칙의 첨수, k는 구름방울개수이다.

이렇게 결정된 μ_j^k가 u결론구름모형에 들어가서 1차원규칙 u결론구름모형의 출력인 u_j 즉 구름방울묶음 $drop(u_j^k,\ \mu_j^k)$이 나온다.

한편 후건부 3각형성원구름의 기대값을 Ex_u, 폭을 En_u, 분산을 He_u라고 할 때 u결론구름은 다음과 같이 결정할수 있다.(그림 5)

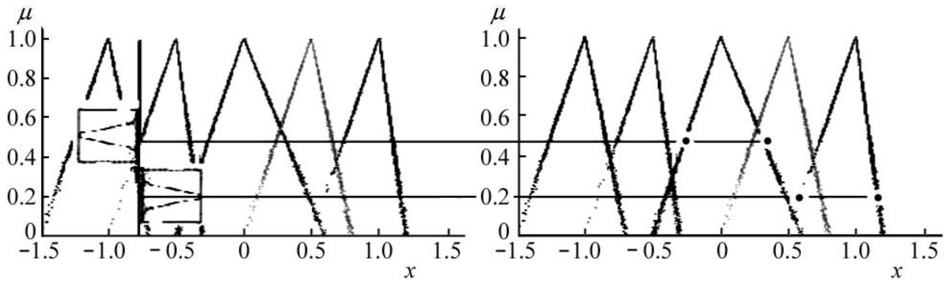

그림 5. u결론구름모형생성과정

$$u_j^k = \begin{cases} Ex_u - (w_j^k - 1)En_u^{'}, & x < Ex_x \\ Ex_u + (w_j^k - 1)En_u^{'}, & x \ge Ex_x \end{cases} \tag{4}$$

$$En_u^{'} = N(En_u,\ He_u)$$

여기서 u는 j번째 규칙에 대한 k개의 구름방울묶음으로 결정되므로 u_j^k로 쓸수 있다.

다음 역방향구름생성기는 주어진 구름방울들의 모임으로부터 삼각형성원구름의 3개의 파라메터 Ex, En, He를 생성한다.

역방향구름생성과정은 다음과 같다.

① $Ex_{u_j} = mean(u_j^k)$

② $En_{u_j} = std(u_j^k)$

③ $En_{u_j}^{k'} = (Ex_{u_j} - u_j^k)/(1 - w_{u_j}^k)$, $He = std(En_{u_j}^{k'})$

여기서 $mean(\ )$, $std(\ )$는 각각 평균값, 분산이다.

역방향구름생성기로 나온 기대값, 분산, 초분산들가운데서 조종력을 계산하는데 리용되는것은 기대값만이므로 $u_j = Ex_{u_j}$로 된다.

마지막으로 무게평균법으로 조종력 u를 계산한다. 즉

$$u = \sum_{j=1}^{m} w_j u_j \Big/ \sum_{j=1}^{m} w_j \ .$$

2. 모의실험 및 결과분석

대상모형이 $G(s) = 167.8/(s^3 + 142s^2 + 146s)e^{-0.25}$ [1]로 주어졌을 때 비대칭삼각형구름조절기를 구성하자.

이를 위해 $e \in E = [a_1,\ b_1]$, $ec \in EC = [a_2,\ b_2]$, $u \in U = [a_3,\ b_3]$이라고 하자. 그리고 E,

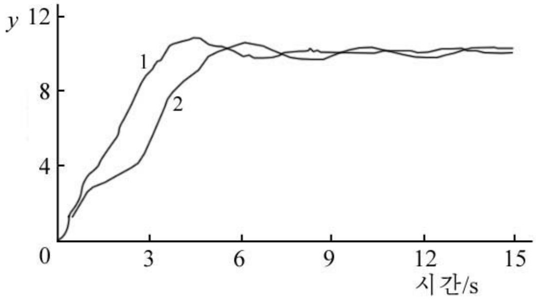

그림 6. 비대칭삼각형구름조종기(1)와 대칭정규구름조종기(2)와의 결과비교곡선

EC, U 하에서 각각 n_1, n_2, n_3개의 구름모형 $E_1 - E_{n_1}$, $EC_1 - EC_{n_2}$, $U_1 - U_{n_3}$. $n_1 = n_2 = n_3 = 5$, $k = 3\ 000$으로 하고 구름조종기를 설계하여 조종을 진행한 결과는 그림 6과 같다.

그림 6에서 곡선 1은 비대칭삼각형구름조종과정을 표시하는데 과도시간은 5.1s, 정상편차는 0이다. 곡선 2는 대칭삼각형구름조종기에 의한 조종과정을 표시하는데 과도시간은 11s, 정상편차는 2.6%이다.

맺 는 말

비대칭삼각형구름조종기설계의 한가지 방법을 제기하고 제기한 조종기의 효과성을 콤퓨터모의실험을 통하여 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] 최성 등; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 6, 34, 주체100(2011).

[2] 姜长生 等; 一种新的云模型控制器设计, 34, 2, 157, 2005.

주체103(2014)년 10월 5일 원고접수

A Method for Controller Design using Asymmetric Triangle Cloud Model

Pak Un Sun, Sin Yong Chol

We proposed a method for controller design using asymmetric triangle cloud model.

The methods using normal cloud model proposed till now are high cost and difficult the analysis of structure and stability of the controller without mathematical models of the object.

In this paper, we proposed asymmetric triangle cloud model which is more generalized and simple structure, considered a controller design method using it and verified its effectiveness with computer simulations

Key words: cloud model, controller design