

유전자 알고리즘을 이용한 Butter-Worth 아날로그 필터의 파라미터 추정

손 준 혁*, 서 보 혁*
 경북대학교 대학원*, 경북대학교*

Butter-Worth analog filter parameter estimation using the genetic algorithm

Jun-Hyeok Son, Bo-Hyeok Seo
 Kyungpook Nat. Univ. Graduation School*, Kyungpook Nat. Univ.**

Abstract -Recently genetic algorithm techniques have widely used in adaptive and control schemes for production systems. However, generally it costs a lot of time for learning in the case applied in control system. Furthermore, the physical meaning of genetic algorithm constructed as a result is not obvious. And this method has been used as a learning algorithm to estimate the parameter of a genetic algorithm used for identification of the process dynamics of Butter-Worth analog filter and it was shown that this method offered superior capability over the genetic algorithm. A genetic algorithm is used to solve the parameter identification problem for linear and nonlinear digital filters. This paper goal estimate Butter-Worth analog filter parameter using the genetic algorithm.

며 적용 IIR 알고리즘은 오차 평면이 전체 최소점으로 수렴하지 않을 수 있으며 이에 따라 필터 계수는 국부 최소점으로 수렴하는 경우도 있다. 이러한 문제점에도 불구하고 최근에 적용 IIR 필터에 대한 관심이 높아지고 있는 이유는 적용 IIR 필터가 적용 FIR 필터에 비해 연산 양을 크게 감소시킬 수 있으며 어떤 특정한 조건하에서는 오차 곡선이 전체 최소점으로 수렴할 수 있기 때문이다[1].

이 논문에서는 Butter-Worth 아날로그 필터의 파라미터를 추정하는 방법으로 유전자 알고리즘을 사용한다[3]. 이 알고리즘을 이용하여 추정된 파라미터를 사례연구를 통해 검증하고 필터 출력과 추정된 파라미터와의 차이를 비교한다.

1. 서 론

현재 사용되는 적용 디지털 필터의 핵심적인 기법중의 하나인 인지 기술은 여러 분야에서 꾸준한 발전을 거듭해 왔으며 현재까지 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 시스템 인지에 사용되는 적응 필터는 출력 신호의 궤환 유무에 따라 FIR 필터와 IIR 필터로 나눈다[1].

이 논문에서는 Butter-Worth 아날로그 필터의 파라미터를 유전자 알고리즘을 이용하여 정확하게 추정함으로써 시스템의 성능을 향상시키고자 한다. 그리고 Butter-Worth 아날로그 저역통과 필터를 사례 연구로 하여 이를 검증한다.

2. 본 론

시스템 인지에 사용되는 적응 필터는 출력 신호의 궤환 유무에 따라 FIR 필터와 IIR 필터로 나눌 수 있다. FIR 필터는 선형 위상을 실현하기 쉽고 안정성이 보장되기 때문에 적응필터를 이용한 반향제거, 잡음제거, 통신용 적응 등화기 등의 응용분야에 널리 사용되고 있으며 이에 대한 통계적 수렴 특성 해석도 많이 되어있는 상황이다. 그러나 FIR 필터는 인지하고자 하는 시스템의 임펄스 응답이 긴 경우에는 적응 필터의 텀 계수가 미지의 시스템의 임펄스 응답만큼이 요구되므로 연산량이 증가하는 단점이 있다[2].

이에 반해 IIR 필터는 FIR 필터에 비해 적은 차수로도 시스템의 특성을 만족시킬 수 있는 장점이 있으나 궤환된 필터 출력 성분으로 인하여 선형 위상 실현이 어렵고 경우에 따라 필터가 발산할 수 있는 단점을 가지고 있

3. 유전자 알고리즘

3.1 알고리즘의 개요

다윈의 진화론에 의하면, 집단 내 개체는 주위 환경에 적합한 형질을 가질수록 생존할 확률이 높으며 교배, 돌연변이를 통해 더 나은 방향으로 진화한다. 이때 선택된 형질의 개체는 후대로 유전정보를 전달하고, 선택되지 못한 형질의 개체는 점차 도태되어 간다. 유전자 알고리즘은 이러한 자연 진화의 법칙을 컴퓨터의 논리로 모방하여 일반 최적화 문제나 탐색문제의 해를 구하는 알고리즘이다.

유전자 알고리즘은 기존의 탐색 방법과는 달리 집단이라고 불리는 임의의 초기 해 집단으로부터 출발한다. 또한 집단을 구성하는 각 개체는 게놈(genome) 또는 염색체(chromosome)라고 부르며, 유전자 알고리즘에서 문제의 해를 표현하는 역할을 한다. 생물학적으로는 게놈과 염색체는 개념이 다르지만 유전자 알고리즘에서는 구별 없이 사용하고 있으며 동일한 역할을 하는 것으로 간주한다. 게놈은 이진 비트 스트링으로 표현되며 세대라고 부르는 연속적인 반복 과정을 통해 진화한다. 컴퓨터에서는 비트가 DNA에서 네 개의 염기의 역할을 하게 된다. 집단이 현 세대에서 다음 세대로 넘어가기 위해서는 일반적으로 선택, 교배, 돌연변이의 연산을 순차적으로 거친다. 이들은 유전자 알고리즘의 기본적인 연산으로서 알고리즘의 메커니즘을 규정하고 효율성에 영향을 미친다.

3.2 알고리즘의 과정

유전자 알고리즘의 과정은 그림 1과 같고 1단계는 해의 표현이며, 2단계는 초기 집단의 생성, 3단계는 적합도 평가, 4단계는 선택, 5단계는 재생산 단계이다. 그리고 6단계는 교차 단계이며 7단계는 돌연변이, 마지막 단계는 종료조건 단계이다.

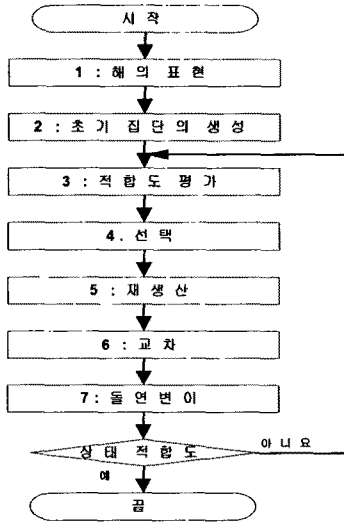


그림 1. 유전자 알고리즘 과정
Figure 1. Genetic algorithm flow chart

1단계는 해의 표현단계로서 전자형의 설정한다. 실제계의 최적화 문제를 컴퓨터가 인식할 수 있는 0과 1의 값을 가지는 2진 코드로 표현되며 해의 범위와 정밀도를 토대로 이진 스트링의 길이를 결정한다.

2단계는 초기 집단의 생성단계로서 초기 개체 집단의 생성한다. 1단계에서 결정한 유전자형의 구조를 가지는 개체를 집단의 크기만큼 무작위로 생성하여 생성된 개체(개체)들은 초기 집단(제 1세대)을 구성한다.

3단계는 적합도 평가로써 각 세대의 개체들 중에서 주어진 환경에 잘 적응하는 것으로부터 그렇지 못한 것까지 구분하는 단계다. 최적화 문제의 목적함수의 점수로부터 각 개체가 선택되어질 확률(적합도)을 결정한다. 여기서, 목적함수의 점수는 목적함수의 반환 값으로 가공이 되지 않은 순수의 개체의 점수이고, 적합도 점수는 가공된 목적함수 값으로 개체가 선택될 비중으로 비례 축소한 값이다. 그리고 적합도 점수의 상대 크기가 개체가 선택되어질 확률이다.

4단계는 선택으로써 다음 세대로 유전 정보를 넘길 개체를 선택한다. 3단계에서 계산된 상대 적합도 점수에 따라 다음 세대에서 살아남을 개체를 선정하고 선정되지 못한 개체는 도태시킨다.

5단계는 재생산 단계로써 자연계에서 강하고 우수한 종족들은 다른 종족에 비하여 생존할 확률이 높으며 이런 종족의 개체 수는 열등한 종족들의 개체수보다 증가하는 것이 일반적이다. 4단계에서 도태시킨 개체의 수만큼을 우수한 개체들로부터 복사하여 전체 개체의 수를 초기 개체의 수와 동일하게 만든다. 이 과정을 통해 목

적함수의 값이 좋은 개체의 수가 점점 늘어가게 되어 전반적으로 최적으로 이동하는 양상을 보인다.

6단계는 교차단계이며 자연계에서 생식에 의하여 새로운 개체가 생성되는 개념을 도입한다. 5단계에서 적합도가 높아진 개체들을 무작위로 두개씩 선정하고, 이들 개체들의 비트 임의부분을 잘라서 서로 교환함으로써 새로운 개체를 생성한다. 이 때 우수한 유전인자를 많이 받은 개체는 적합도가 높아진다.

7단계는 돌연변이단계로써 어떤 하나의 개체나 혹은 두개 이상의 개체들을 선택하여 하나의 비트 값을 무작위로 바꾸어 강제로 돌연변이를 생성시킨다. 돌연변이는 우선 한 세대를 형성하는 개체의 다양성을 유지하게 하여 극복 최적의 해에 빠질 가능성을 더욱 낮추는 역할을 함과 동시에, 돌발적으로 우수한 개체가 생성될 가능성도 제공한다.

마지막 단계는 종료조건인데 그 조건은 첫째로 한 번 알고리즘이 진행된 이후 설계자가 지정한 만큼의 세대가 생성될 때까지 알고리즘을 반복하는 방법과, 이전 세대에서의 최적값과 현재 세대에서의 최적값의 차이가 설계자가 허용한 오차 이하로 떨어질 때까지 반복하는 방법이 있다. 보통은 첫 번째와 두 번째 방법을 혼합하여 정해진 어떤 세대까지는 오차의 비교 없이 진행하고 그 이후부터 세대간 최적값의 변화를 확인한다.

4. Butter-Worth 아날로그 필터

4.1 특징

Butter-Worth 아날로그 필터는 무한 임펄스 응답을 갖는다. 따라서 무한히 긴 임펄스 응답을 갖는 아날로그 필터에 적합하다. 그러므로 Butter-Worth 아날로그 필터의 기본적인 설계 기법은 잘 알려진 아날로그 필터들을 복소수 사상을 사용하여 디지털 필터들로 전환하는 것이다. 이런 방법의 장점은 간단한 닫힌 형태의 설계공식을 가지고 있으며 아날로그 필터에 맞는 표준적인 근사방법은 디지털 필터의 경우에 직접 적용할 때 간단한 닫힌 형태의 설계공식으로 되지 않는다. 이 기본적인 기법을 A/D필터 변환이라 한다. 그러나 아날로그 필터 설계 표들은 저역통과 필터에 대해서만 이용한다. 다른 주파수 선택적 필터(고역통과, 대역통과, 대역저지 필터)들을 설계하려면, 저역통과 필터에 주파수 대역 전환을 적용해야 한다.

Butter-Worth 아날로그 필터는 제한 구조로 극점과 영점을 모두 구현하기 때문에 동일한 필터 차수에 대해 FIR 필터보다 주파수 응답이 우수하지만 안정성을 보장할 수 없으며 비선형적인 위상특성을 가진다는 특징이 있다.

4.2 Butter-Worth 아날로그 저역통과 필터

일반적으로 저역통과 필터는 각 RC회로에서 하나의 극을 형성하므로 2차 필터는 그림 2와 같이 -40dB/decade의 기울기를 갖도록 두 개의 RC회로를 이용하여 구성된다.

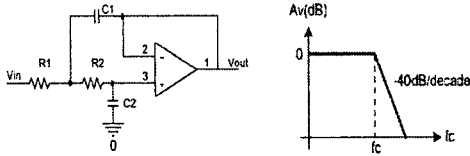


그림 2. 2극 능동 저역통과 필터
Figure 2. Two-pole low pass filter

한 RC회로는 R1, C1 으로 구성되어 있고 다른 하나는 R2, C2로 구성되어 있으므로 이 필터의 차단 주파수는 식 1을 이용하여 계산된다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad (1)$$

Butter-Worth 필터는 통과대역의 진폭응답이 매우 평탄하며 경사도는 극당 -20dB/decade를 갖는다. 위상응답은 선형적이 아니므로 필터를 통과하는 신호의 위상편이는 주파수에 따라 비선형적으로 변한다. 그러므로 Butter-Worth 필터에 펄스를 인가 한 경우 출력신호는 overshoot 현상이 발생하는데 그 원인은 펄스의 상승과 하강 순간에 각 주파수의 지연시간이 각각 다르기 때문이다. 그리고 Butter-Worth 필터는 일반적으로 모든 주파수에서 같은 이득을 가질 때만 사용한다[4].

5. 사례 연구

Butter-Worth 아날로그 저역통과 필터를 대상으로 사례연구의 각 주파수와 리플의 조건은 표 1, 시스템 함수는 식 2와 같다[5].

표 1. 저역통과 필터의 조건

	차단 주파수	리플
통과 대역	0.2π	7dB
저지 대역	0.3π	16dB

$$H(s) = \frac{0.1238}{(s^2 + 0.4985s + 0.2485)(s + 0.4985)} \quad (2)$$

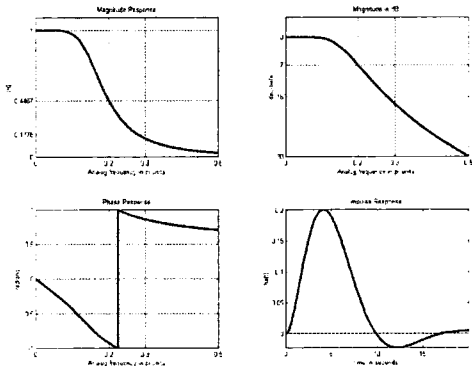


그림 3. Butter-Worth 아날로그 저역통과 필터의 결과
Figure 3. Result of Butter-Worth analog low pass filter

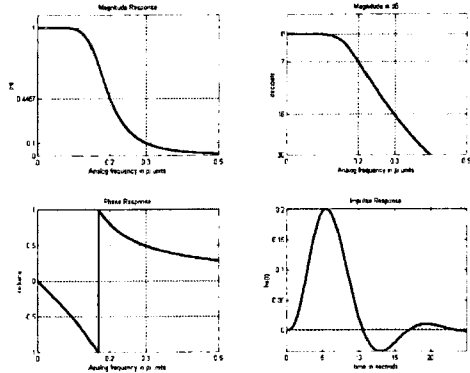


그림 4. 유전 알고리즘을 이용한 추정 결과
Figure 4. Estimation result using the genetic algorithm

이 논문에서 제안한 유전 알고리즘에 의한 Butter-Worth 아날로그 저역통과 필터의 파라미터를 추정하여 나타낸 결과가 그림 4와 같다. 이 결과에서 보듯이 저역통과 필터의 결과인 그림 3과 비교하여 다소 에러가 있지만 비교적 정확하게 추정했다.

6. 결 론

사례 연구의 결과에서 보듯이 Butter-Worth 저역통과 필터의 실제 결과 파형과 유전자 알고리즘에 의한 저역통과 필터의 파라미터를 추정하여 나타낸 결과를 비교하면 비교적 비슷한 결과 파형을 추정했다. 그러므로 Butter-Worth 저역통과 필터의 파라미터를 유전 알고리즘을 이용하여 추정할 수 있음을 검증했다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. J Shynk, "Adaptive IIR filtering" IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-37, no 2, pp 4-21, 1996.
- [2] ITU-T Recommendation G.165, Echo cancellers.
- [3] Leehter Yao, William A. Sethares, "Nonlinear Parameter Estimation via the Genetic Algorithm", IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 42, no 4, pp 927-935, 1994.
- [4] 김종규, 김종훈, 변오규, 안기형 편저, "기초 전자회로", 진영사, 1997.
- [5] Vinay K. Ingle, John G. Proakis, "Digital Signal Processing Using MATLAB V.4", PWS Publishing Company, 2000.