

개선된 유전 알고리즘을 이용한 경제급전 문제해석

박 종 남, 김 진 오
한양대학교 전기공학과

Economic Dispatch Problem Using Advanced Genetic Algorithms

Jong Nam Park, Jin O Kim
Department of Electrical Engineering, Hanyang University

Abstract - This paper presents a new approach on genetic algorithms to economic dispatch problem for valve point discontinuities. Proposed approach in this paper on genetic algorithms improves the performance to solve economic dispatch problem for valve point discontinuities through combination in penalty function with death penalty, generation-apart elitism, atavism and heuristic crossover. Numerical results on an actual utility system consisted of 13 thermal units show that the proposed approach is faster and robust than classical genetic algorithm.

1. 서 론

일반적인 경제급전 문제는 화력발전기의 입출력 특성을 이차 함수 또는 구간별 이차 함수로 근사화된 형태였다. 그러나, 화력 발전기의 실제 입출력 특성은 'valve point' 효과에 기인하여 높은 비선형성과 불연속성을 포함하여, 이차함수 근사로는 경제급전에서의 실제적인 최적값을 찾기가 어렵다. 따라서, 'valve point' 효과를 고려하여 경제급전 문제를 풀기 위한 시도가 DP (Dynamic Programming), SA(Simulated Annealing)등 여러 방법으로 시도되었으며, 최근에는 유전 알고리즘이 제안되었다 [1][2].

본 논문에서는 기존의 유전 알고리즘 방법을 통하여 'valve point' 효과가 고려된 경제급전 문제에서 최적값을 찾도록 응용하고, 다시 이들 각각을 개선한 유전알고리즘들을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 경제 급전 문제

전형적인 화력발전기의 입출력 특성곡선은 이차함수 근사곡선이며, 이 곡선은 실제 화력발전기의 입출력 특성을 정확히 나타낼 수가 없다. 실제 화력 발전기의 입출력 특성은 정류된 정현파 성분을 포

함하며, 이 성분은 각 증기 입력 밸브가 열리기 시작할 때에 발생하는 손실의 급작스런 증가로 인하여 생기는 결과이다. 이러한 현상을 valve point 효과라고 한다. 따라서, 이차 함수 또는 구간별 이차 함수에 곡선의 정류된 정현파 성분을 고려한 식을 첨가하여야 한다.[4]

2.2 유전 알고리즘

실변수 유전 알고리즘을 사용하였으므로, 각 발전기의 출력 자체가 염색체를 구성하는 소자가 된다. 본 논문에서는 염색체의 2점을 잡아 교배시키는 2점 교배(2 point crossover)를 사용하였으며, 교배시에 전체부하를 만족시키지 못하는 염색체가 생기는 경우, 전체부하를 만족시키기 위하여 Death Penalty 개념을 이용했다. 또한, 전체부하를 만족시키는 것을 용이하게 하기 위하여 mirror image 값을 사용하였다. 이 논문에서 적합함수는 전체 비용으로 상수를 나눈 값을 사용하였다.

2.3 개선된 유전 알고리즘

2.3.1 IBGA

IBGA는 Penalty 함수와 Death Penalty의 결합과 heuristic crossover를 사용하여 BGA를 개선한 알고리즘이다. Penalty 함수와 Death Penalty의 결합은 이 두 방법의 장점만을 취하여, 다음세대의 염색체를 빨리 구하면서 제약조건을 완전히 만족시키도록 하는 방법이다. 이 방법의해 제약조건을 완전히 만족시키면서 수렴속도를 향상시켰다.

2.3.2 개선된 IGA, GAA, GAA2

개선된 IGA와 GAA는 모두 heuristic crossover와 격세 엘리티즘, 격세 유전을 사용하여 각각 IGA와 GAA를 개선시킨 방법이다. "매 n세대마다 가장 우수한 염색체 k개를 선택하여 그 k개의 염색체로 (n+1)세대의 전체집단을 구성하게 하는 것"이 격세 엘리티즘이다. 격세 유전은 전역적인 해의 탐색을 강화시키도록 하는 방법이다. 그러나, 전역적인 해의 탐색이 강화되는 만큼 국부적인 해의 탐색이 약화되는 단점이 있다. 격세 유전은 "매 n세대마다

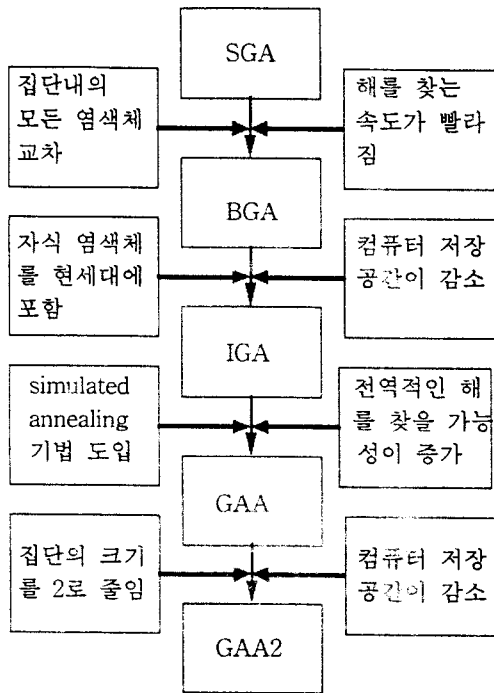


그림 1. 유전 알고리즘의 종류

k개의 염색체를 임의로 선택하여, 다음번 격세 유전을 실행할 때 이전의 k개의 염색체를 집단안에 포함시키도록 하는 방법"이다. k개의 염색체는 집단안의 염색체에 대하여 1부터 집단 크기 사이의 임의의 난수를 k개 발생시켜, 그 난수에 대응되는 염색체가 선택된다. 격세 유전이 실행되는 세대간의 간격이 조밀할수록, 선택되는 염색체의 수(k)가 클수록 전역적인 해를 찾을 가능성이 더 증가한다. 격세 유전의 가장 큰 장점은 적은 연산과 컴퓨터 용량만으로도 전역적인 해를 찾을 가능성을 크게 높인다는 것이다. GAA2는 Penalty 함수와 Death Penalty의 결합에 의해 개선되었다.

2.4 사례연구

유전 알고리즘의 임의성을 고려하여 각 방법은 10 회씩 반복되었고, 실험 결과로 구해진 모든 값은 전체부하 2520MW에 일치하였다.

표 1.에는 개선된 유전 알고리즘의 실험 결과가 나타나 있다. 평균적으로 IBGA가 가장 빠른 시간 안에 해를 구하며, 개선된 GAA2가 가장 좋은 최적해를 구함을 볼 수 있다. 비록 IBGA와 개선된 GAA의 가장 좋은 비용값이 개선된 IGA보다 좀더 저렴하나, 구한 해간의 편차가 크고 평균 비용이 커서 그 성능이 개선된 IGA만큼 신뢰성이 있지 못하다. 반면 개선된 IGA는 구한 최적값간의 편차가 적어 수렴이 안정되게 이루어졌음을 볼 수 있다. 개선된 IGA가 개선된 GAA보다 성능이 우수한 이유는 개선된 IGA가 개선된 GAA보다 해를 탐색하

는 영역에서의 국부적인 최적해를 찾을 가능성이 크기 때문이다. 즉, 개선된 IGA는 격세유전을 실행하므로 전역적인 최적해를 찾을 가능성이 크고, 원래 국부적인 최적해를 찾는 속도가 빠르므로, 안정되게 좋은 해를 구한다.

표 1. 개선된 유전 알고리즘의 실험치

		cost(\$)	time(s)
IBGA	best	24232.88029	24.12
	average	24310.30579	24.81
	worst	24388.85688	25.40
개선된 IGA	best	24244.33700	30.05
	average	24297.53316	34.54
	worst	24329.69712	47.25
	개선된 GAA	best	24240.08666
average		24320.93208	34.38
worst		24405.59662	37.31
개선된 GAA2	best	24225.58270	18.08
	average	24283.84037	31.06
	worst	24407.26399	47.86

그림 2.에는 BGA와 IBGA의 수렴 곡선을 나타내고 있다. 실선이 BGA이고, 점선이 IBGA이다. 그림에서 IBGA의 10세대는 BGA의 1세대에 준한다. IBGA가 200세대 이전이 나타나 있지 않은 이유는 그 이전은 Penalty 함수를 사용한 세대이어서, 해로의 수렴보다는 집단 자체의 수렴이 중시되었기 때문이다. 그림에서 볼 수 있듯이 IBGA의 수렴특성이 BGA의 수렴특성보다 우수하다. 특히 IBGA는 200세대 이전에는 수렴특성이 좋지 못하나, (25000이 넘는 값으로 수렴) 그 이후에는 수렴특성이 현저히 개선됨을 볼 수 있는데, 그 이유는 200세대 이후에는 집단이 어느 정도 수렴된 이후여서 수렴성이 현저히 개선되기 때문이다.

그림 3.에는 IGA와 개선된 IGA의 수렴곡선을 나타내고 있다. 실선이 IGA이고, 점선이 개선된 IGA이다. 그림에서 개선된 IGA의 수렴특성이 IGA의 수렴특성보다 월등히 우수함을 볼 수 있다. 개선된 IGA는 초기 세대부터 끝 세대까지 지속적으로 수렴을 하고있어, 그 수렴성이 우수하다. 그러나, IGA는 대략 20세대부터 80세대까지 더 나은 해를 찾지 못하고 해 공간을 탐색만 하고 있어서, 그 수렴성이 우수하다고 볼 수 없다. 그 이유는 IGA가 초기 수렴에 빠지기 쉽기 때문이다. 반면에 개선된 IGA는 초기수렴에 빠지지 않고 전역적인 해를 빠르게 찾는다.

그림 4.에는 GAA와 개선된 GAA의 수렴곡선이 나타나 있다. 실선이 GAA이고, 점선이 개선된 GAA이다. 두 알고리즘이 모두 초기부터 중간 세대까지는 빠른 수렴성을 보이며 수렴하고, 그 이후 수렴이 약화되는 전형적인 유전 알고리즘의 수렴특성을 보이고 있다. 이는 집단이 국부 또는 전역적인 최

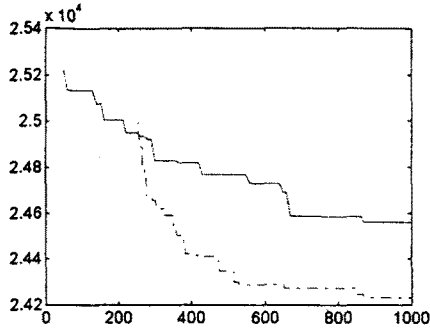


그림 2. BGA와 IBGA의 수렴특성 비교

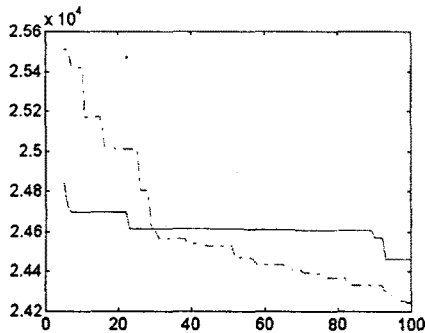


그림 3. IGA와 개선된 IGA의 수렴특성 비교

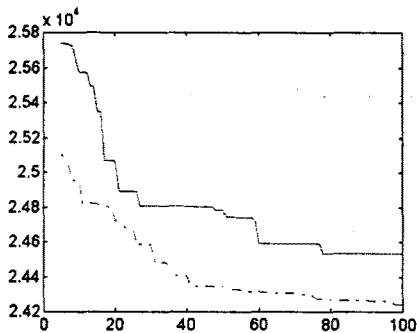


그림 4. GAA와 개선된 GAA의 수렴특성 비교

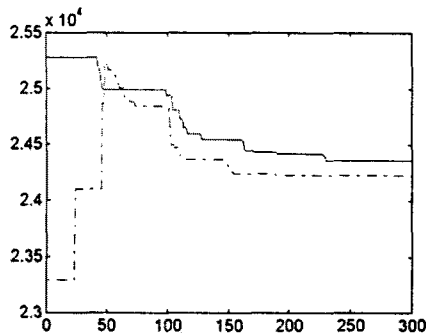


그림 5. GAA2와 개선된 GAA2의 수렴특성 비교

적해에 수렴되었기 때문에 발생하는 현상이다. 개선된 GAA는 heuristic crossover, 격세 엘리티즘,

격세 유전을 통하여 개선되어 GAA보다 더 최적값에 근접하여 수렴한다.

그림 5.에는 GAA2와 개선된 GAA2의 수렴곡선을 나타내었다. 실선이 GAA2이고 점선이 개선된 GAA2이다. GAA2는 전형적인 유전알고리즘의 수렴특성을 보이며 수렴하였다. 개선된 GAA2는 초기 세대부터 50세대까지는 Penalty 함수의 특성이 강하게 나타나서 제약조건을 만족시키지 못하는 염색체를 제약조건을 만족시키도록 한 후, 50세대 이후부터 GAA2와 마찬가지로 전형적인 유전알고리즘의 수렴특성을 보이며 수렴하였다. 개선된 GAA2가 GAA2보다 더 최적값에 근접하여 수렴하는 이유는 GAA2에서는 최적값을 찾는데 기여하지 못하는 제약조건을 완전히 만족시키지 못하는 염색체를 Penalty 함수를 사용하여 최적값을 찾는데 기여하도록 함으로써, 초반의 Penalty 함수가 적용될 때 최적값을 찾을 가능성을 높이기 때문이다.

3. 결 론

이 논문에서는 유전 알고리즘을 이용하여 'valve point' 효과를 고려한 경제급전 문제의 최적값을 구하는 기존의 방법을 제시하고, 이를 Penalty 함수와 Death Penalty의 결합과 heuristic crossover를 통하여 개선한 IBGA, 격세 엘리티즘과 격세 유전, heuristic crossover를 사용하여 개선한 개선된 IGA, 개선된 GAA, 개선된 GAA2와 각각 비교하였다. 계산결과 본 논문에 의하여 개선되어 제시된 유전 알고리즘이 기존에 제시된 유전 알고리즘보다 우수함을 볼 수 있었으며, 본 논문에 의해 제시된 Penalty 함수와 Death Penalty의 결합, 격세 엘리티즘과 격세 유전이 유전 알고리즘으로 전역 적인 최적해를 구하는 데 매우 유용함을 볼 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] D. C. Walters and G. B. Sheble, "Genetic Algorithm Solution of Economic Dispatch with Valve Point Loading," IEEE trans. on PWRS, Vol. 8, No. 3, PP. 1325-1332, Aug. 1993.
- [2] K. P. Wong and Y. W. Wong, "Genetic and Genetic/Simulated-Annealing Approaches to Economic Dispatch," IEE proc., Vol. 141, No. 5, pp. 507-513, Sep. 1994.
- [3] David E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
- [4] IEEE Committee Report, "Present Practice in the Economic Operation of Power Systems," IEEE trans. on PAS, Vol. 90, pp. 1768-1775, Jul./Aug. 1971.