

---

# Particle Swarm Optimization을 이용한 소아고노출 생활자계 추정식 개발

황기현\*

Development of the Estimating Equation for Children's High-Exposure to Habitat's  
Magnetic Field using Particle Swarm Optimization

Gi-Hyun Hwang\*

---

이 논문은 지식경제부의 지역혁신센터사업의 연구결과로 수행되었음.

---

## 요 약

본 논문에서는 최적화 알고리즘인 PSO를 이용하여 한국인의 생활자계 노출실태 조사 시 확보한 16세 이하의 미취학 아동, 초등학생, 중학생 실측 데이터베이스를 활용하여, 자계노출의 정도를 실측에 의하지 않고 추정할 수 있는 '24시간 소아고노출 생활자계 추정식'을 개발하였다. 24시간 개인자계 노출량 추정식의 입력 데이터는 성, 연령, 주거형태, 주거지 크기, 선로이격거리 및 송전전압을 사용하였다. 그리고 16세 이하에 대해서 24시간 고노출 개인자계 노출분포, 자계노출의 특성, 특정 조건별 자계노출특성 등을 분석하였다.

## ABSTRACT

This paper describes the development of estimating equation for under 16 aged children's exposure to habitat's magnetic field for 24 hours by using particle swarm optimization(PSO) algorithm, which was carried out by using the measured database collected from the exposure survey to Korean habitat's magnetic field as to under 16 aged Korean students such as preschooler, children in elementary school, and children in middle school. Sex, age, residence type, size of habitation site, distance from power line, and power transmission voltage are used as the input data of estimating 24 hour's personal exposure to magnetic field. And distribution of 24 hour's personal exposure to magnetic field, exposure characteristic to magnetic field, and exposure characteristic to magnetic field according to special conditions, are analyzed for under 16 aged children.

## 키워드

Particle Swarm Optimization(PSO), 최적화 알고리즘, 전자계, 개인자계노출

## Key word

Particle Swarm Optimization(PSO), Optimization Method, Electromagnetic Field(EMF), Personal Magnetic Field Exposure

## I. 서 론

우리가 사용하는 거의 모든 가전제품과 송변전 설비와 같은 고압 전력설비에서 발생하는 극저주파(ELF; *Extremely Low Frequency*) 전자계는 우리의 생활과 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 인체의 건강영향 유무에 관해서 일반국민 및 관련 직업종사자들의 지대한 관심과 더불어 상당한 논란의 대상이 되고 있다.

또한 최근 사회·경제 활동 및 정보화의 눈부신 발달로 전파이용 분야에서 수요는 높아지고 있고, 전파를 통신 매체로 이용하는 무선통신은 시간과 거리를 극복하여 즉시 정보를 전달할 수 있다는 전파의 특성을 최대한 살려 현대 사회에서 중요한 생활·산업 기반의 하나로 자리 잡고 있다. 또한 RF 에너지를 이용한 가정 내에서 사용되는 전자렌지를 비롯해서, 세라믹과 목재의 건조, 플라스틱과 비닐의 용착 가공 등 모든 전원을 에너지로 이용하는 형태도 국민생활과 산업·경제 활동에 필수가 되었다.

생체가 강한 전자계에 노출됐을 경우에 전자계 에너지에 의한 심부 체온의 상승 또는 전류 쇼크에 의한 신경·근육의 흥분 등 생체가 작용한다는 것이 국내외 여러 조사 연구를 통해 발표되었다[1-4]. 그러나 무선통신시설을 포함하는 각종 전파이용설비에서 방사되고 있는 전파 에너지는 우리 일상생활의 범위에 있어서는 매우 약하게 분포하고 있으며, 걱정할 만한 생체 작용이 일어나는 일은 거의 없다고 알려져 있다. 그러나 지금까지 없던 여러 가지 전파의 이용 형태가 나타날 가능성이 있으며, 또한 전파이용에 관해 일정한 지식이 없는 사람들이 단순히 시설 규모와 외관의 특수성 때문에 전파에 대한 오해와 불안으로 인하여 불필요한 사회적 혼란을 초래할 수도 있을 것이다. 이 때문에 전파의 에너지량과 생체작용과의 관계를 정량적으로 명확히 하는 것이 중요하다.

최적화 방법으로써, 자연생태계의 진화를 모의한 확률적인 최적화 탐색 알고리즘인 진화연산(Evolutionary Computation)은 유전알고리즘, 진화전략, 진화 프로그래밍, PSO(Particle Swarm Optimization) 등의 기법으로 대별된다[5-9]. PSO는 새로운 진화연산기법의 하나로써 1995년에 J. Kennedy와 R. Eberhart에 의해 제안되었다[9]. PSO는 물고기의 떼(schooling)와 조류의 무리(flocking)와 같은 조직체의 행위에 기초로 하는 알고리

즘이다. PSO는 조류의 무리가 먹이를 찾아가는 과정에서 무리 전체의 정보를 서로 공유한다는 가설과 무리 내부의 각 개체(agent)가 자기 자신의 경험과 무리 전체에 공유되어있는 정보를 사용하여 각 개체의 의견을 결정한다는 개념을 최적화 과정에 도입한 알고리즘이다. PSO의 특징은 알고리즘이 간단하고, 구현하기도 쉬우며, 계산시간이 짧으며 대용량의 메모리가 필요 없고, 다른 최적화 알고리즘과는 달리, PSO 탐색공간에서 전역해와 국부해 사이를 균형 있게 탐색함으로써 조기 수렴하는 것을 극복할 수 있다.

본 논문에서는 최적화 알고리즘인 PSO를 한국인의 자계노출실태 조사 시 확보한 16세 이하 실측 데이터베이스를 이용하여 일반생활 환경에서의 자계 노출의 정도를 추정할 수 있는 24시간 소아고노출 생활자계 추정식을 개발하였다.

## II. Particle Swarm Optimization

PSO는 진화연산 기법의 일종으로 1995년에 J.Kennedy 와 R.Eberhart 에 의해 제안되었다[9]. PSO는 물고기의 떼와 조류의 무리와 같은 조직체의 행위에 관한 연구에서 시작되었다. PSO은 군생 모델과 인식 모델로 이루어져 있고, 군생모델은 개인이 자신의 경험의 무시하고 주위 개인들의 신조에 따라 그들의 행동을 조절한다는 것을 암시하고, 인식모델은 개인들의 고립된 개체로서 취급 한다는 것이다. 즉, 이러한 무리가 먹이를 찾아가는 과정에서 무리 전체의 정보를 서로 공유한다는 가설과 무리 내부의 각 개체가 자기 자신의 경험과 무리 전체에 공유되어있는 정보를 사용하여 각 개체의 의견을 결정한다는 개념을 최적화 과정에 도입한 방법이라 할 수 있다. 이러한 PSO 알고리즘은 다른 휴리스틱 알고리즘과는 달리, 탐색공간에서 전역해와 국부해 사이를 균형 있게 탐색함으로써 조기 수렴하는 것을 극복할 수 있다.

PSO는 각 개체의 현재 위치 벡터와 속도 벡터, 그리고  $P_{best}$ ,  $G_{best}$ 를 이용해서 식 (1)에 의해 이동을 하게 된다. 여기서 속도는 각 탐색점의 방향을 변화시킬 수 있고, 식 (1)의 전역 및 국부탐색의 결합을 볼 수 있다. 각 개체의 위치벡터 수정은 현재의 위치와 수정된 속도를 이용해서 식 (2)와 같이 만들 수 있다.

$$v_i^{k+1} = wv_i^k + c_1 \text{rand}_1(Fbest_i - s_i^k) + c_2 \text{rand}_2(Gbest - s_i^k) \quad (1)$$

$$s_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1} \quad (2)$$

여기서,  $v_i^k$  :  $i$ 번째 현재 개체의 속도 벡터  
 $s_i^k$  :  $i$ 번째 현재 개체의 위치 벡터  
 $v_i^{k+1}$  :  $i$ 번째 현재 개체의 속도 벡터  
 $s_i^{k+1}$  :  $i$ 번째 현재 개체의 위치 벡터  
 $w, c_1, c_2$  : 가중치 계수  
 $Fbest_i$  :  $i$ 번째 개체가 지금까지의 탐색 중 발견한 최적의 위치 벡터  
 $Gbest$  : 전체 개체가 지금까지의 탐색 중 발견한 최적의 위치 벡터  
 $k = 1, 2, \dots, N$   
 $N$  : 개체의 총 수

본 논문에서 사용한 PSO 알고리즘은 각 파라메타를 적응적으로 진화시켜 다음 위치를 결정하는데 우위를 점하도록 하였다. 높은 적합한 값을 가진 점은 가장 적합한 값을 가진 점 근처로 이동하고, 높은 적합한 값을 가지 않는 점은 가장 적합한 가진 점 근처로 더 많이 이동할 수 있도록 하였다. 따라서, 식 (2)에서  $c_1, c_2$ 를 매 반복횟수마다 적응적으로 변경하였고, 전체 흐름도는 그림 1에 나타내었다.

그림 1에서 초기 가중 계수  $c_i$ 는 기존 PSO 알고리즘의 고정된 파라메타 2.0 초기화 시킨 후 시행 착오법에서 의해서 구해진 값으로 세대에 따라 증가 및 감소시킨다.  $c_1$ 는  $Fbest$ 에 의해 영향을 받고,  $c_2$ 는  $Gbest$ 에 의해서 영향을 받는다. 그래서 평가값에 따라  $c_1$ 과  $c_2$ 를 적응적으로 변경할 수 있다. 만약, 최소값 문제에서  $Fbest$ 와  $Gbest$ 를 비교하여  $Gbest$ 가  $Fbest$ 보다 우수하다면  $Gbest$ 의 영향을 더 주기 위해서  $c_1$ 는 감소시키고,  $c_2$ 는 증가시킨다. 반대로  $Fbest$ 와  $Gbest$ 를 비교하여  $Fbest$ 가  $Gbest$ 보다 우수하다면  $Fbest$ 의 영향을 더 주기 위해서  $c_1$ 는 증가시키고,  $c_2$ 는 감소시킨다. 본 논문에서는 일정 반복회수마다 적응적으로  $c_1, c_2$ 값을 변경시킨다. 일정한 반복회수마다 적응적으로 값을 변경시키기 때문에  $Fbest$ 가  $Gbest$ 보다 더 우수한 해를 가지는 확률은 낮다. 그래서  $Gbest$

가  $Fbest$ 보다 우수할 때 0.02이고,  $Fbest$ 가  $Gbest$ 보다 우수할 때는 0.002로 증가 및 감소시켰다.

식 (1)에서 관성가중치  $w$ 은 식 (3)에서와 같이 초기치와 최종치를 설정하여 반복 횟수가 진행됨에 따라 감소하도록 설정하였고, 이때  $w_{max} = 0.9, w_{min} = 0.1$  이다. 가중치 계수  $c_1, c_2$ 의 초기치는 2.0으로 설정하였다.

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{iter_{max}} \times iter \quad (3)$$

여기서,  $w_{max}$  : 가중치 계수  $w$ 의 최종값  
 $w_{min}$  : 가중치 계수  $w$ 의 최소값  
 $iter$  : 현재의 반복 횟수

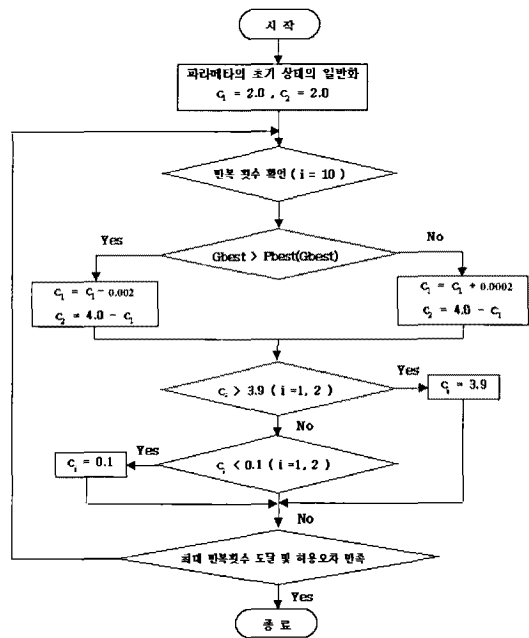


그림 1 PSO알고리즘의 흐름도  
 Fig. 1 Flow chart for PSO algorithm

### III. 소아고노출 생활자계의 정규화

제 4의 환경공해로 불려지는 전자기 환경장해 (Electro-magnetic Interference)문제 중에 전원 주파수 전

자계(Power Frequency EMF) 노출이 인체에 나쁜 영향을 미칠 수 있다는 가능성에 대한 사회적 관심이 증대되고 있다. 송전선로 및 다른 발생원에서의 EMF가 인체에 영향을 줄 수 있다는 우려는 Werthemer와 Leeper가 1979년 송전선로 주변에 거주하는 어린이들의 암 발생 빈도가 비거주지역의 어린이보다 높다는 연구결과를 발표하면서 시작되었다[9]. 그러나 현재까지 이러한 연구가 다수 수행되었지만, 전자계 노출에 의한 생체영향 여부는 공학적, 의학적 논쟁으로 남아 있다. 전자계 인체영향 여부에 관한 사회적 관심을 해소하기 위해 미국에서는 EMF RAPID(Research and Public Information Dissemination) 프로그램을 착수하기도 했다. 따라서 본 논문에서는 거주지 주변의 송전선로로부터 발생하는 자계는 물론 피조사자가 학교, 집 및 기타 활동영역에서 사무기기, 가전기기 등에 의해 폭로되는 생활자계에 대한 24시간 소아고노출 생활자계 추정식을 개발하였다. 식 (4)는 본 논문에서 사용한 추정식의 일반형이다 [10]. PSO를 이용하여 식 (4)의 상수값(k1 ~ k6)의 최적치를 구하였다.

$$MFExp = k_1 \log(G) + k_2 \log(A) + k_3 \log(H) + k_4 \log(Hs) + k_5 \log(RD) + k_6 \log(KV) + Rule \quad (4)$$

(1) 변수의 종류와 특징 : 식 (4)에서 사용 변수는 표 1에 서와 같이 총 6개 변수와 1개 상수항을 사용했다. 변수 6개는 성(G; Gender), 나이(A; Age), 주택의 종류(H; Home), 주택의 크기(Hs; Home Size), 주거지와 송배전선로 간의 이격거리(RD), 송전전압(KV)이다. 선로전류는 그 필요성에도 불구하고 데이터의 낮은 신뢰도와 재현성이 없음을 고려하여 변수로 사용하지 않았다.

표 1 변수 별 지정 Code  
Table 1 The designated code value of variables

성 (G)	나이 (A)	주택종류 (H)	주택크기 (Hs)	선로 이격거리 (RD)	송전전압 (KV)
남	10	실제	아파트 10	근거리(30m이내) 10	22.9[kV]
여	20	나이	아파트외 20	중거리(31~49m) 20	154[kV]
			실제 평균 입력	원거리(50m이상) 30	345[kV]

(2) Rule : 상수항은 Rule도 포함하는데, Rule은 전기장판, PC(CRT 모니터), 난방코일과 같이 자계발생량이 많은 특수한 전기기기를 피조사자가 조사시간 중 사용한 경우에 자계노출량 추정오차를 최소화하기 위해 채용한 생활규칙으로써, 그 사용시간에 따른 가중치를 고려하기 위한 조정상수(adjustment constant)이다. 표 2는 추정식 개발에 사용된 Rule의 규칙을 정리한 것이며, 추정식을 사용하여 피조사자의 자계노출량을 예측계산하는 경우에 적용된다.

표 2 소아고노출 추정식 개발에 사용된 규칙  
Table 2 Rule for development of estimating equation

Rule	세부 규칙	비고
24 시간	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 취침시 차단기능 신행 전기장판 사용 시: +0.2mG/hr</li> <li>○ 취침시 차단기능 없는 전기장판 사용 시: +2.9mG/hr</li> <li>○ 취침 외에 3 ~ 4 시간 강하게 전기장판 사용: +2 mG</li> <li>○ PC(CRT 모니터) 사용: +0.4mG/hr.</li> <li>○ PC방: +0.4mG/hr.</li> <li>○ 주택의 심야전기 사용 시: +1 mG</li> <li>○ 심야전기용 난방코일 : (0.2, 0.8 1.4mG/hr)</li> </ul>	

식 (4)의 소아고노출 생활자계 일반식에서 상수값(k1 ~ k6)을 PSO로 최적화하기 위한 해집단 구성은 그림 2와 같다. 그림 2에서 각 상수값은 -1.0과 1.0사이의 실수값을 랜덤하게 초기화하였다. 여기서, k1n ~ k6n는 G, A, H, Hs, RD, KV에 대한 상수값이고, S1 ~ Sn은 스트링의 개수이다.

S1	k11	k21	k31	k41	k51	k61
S2	k12	k22	k32	k42	k52	k62
...						
Sn	k1n	k2n	k3n	k4n	k5n	k6n

그림 2 해집단의 구성  
Fig. 2 Configuration of population

각 스트링을 평가하기 위해서는 목적함수(F : Objective function)를 구성하여야 한다. 각 스트링 평가하기 위한 목적함수는 식 (5)와 같이 소아고노출 생활자계 측정치와 소아고노출 생활자계 계산치의 절대오차의 합으로 구성하였다.

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |MFExp_{Actual} - MFExp_{Calculation}| \quad (5)$$

여기서,  $N$ : 실측데이터 개수

$MFExp_{Actual}$ : 소아고노출 생활자계 측정치

$MFExp_{Calculation}$ : 소아고노출 생활자계 계산치

#### IV. PSO에 의한 소아고노출 생활자계 추정식 개발

현재까지 전 세계적으로 일반 생활환경에서의 개인의 자계 노출량과 노출 특성을 파악하기 위해서는 24시간 이상 계측기를 직접 몸에 지니고 실측에 의하는 방법 외에는 다른 방법이 없었다. 그러나 환자/대조군 역학연구(case-control study)와 같은 수천~수만명 대규모 피조사자 집단의 노출 상태를 파악하는데 실측의 방법은 불가능한 경우가 대부분이다. 따라서 본 논문에서는 한국인의 자계노출실태 조사 시 확보한 소아(미취학 아동, 초등학생, 중학생) 실측 데이터베이스를 활용하여 소아의 24시간 자계 노출의 정도를 추정할 수 있는 총 3종의 소아고노출 생활자계 추정식을 개발하였다. 표 3은 본 논문에서 사용한 소아고노출 생활자계 실측 데이터베이스이다. 표 3에서와 같이 16세 이하에 대해서 2002년부터 2007년까지 6년 동안 총 436명에 대해서 개인노출 자계량을 측정하였고, 측정된 데이터 중에서 불량데이터 33개를 제거한 총 403개의 데이터를 추정식 개발에 이용하였다. 표 3에서 미취학 아동은 0-7세, 초등은 8-13세, 중등은 14-16세이다. 본 논문에서 소아고노출 생활자계 추정식 개발에 사용된 PSO 알고리즘의 파라메타는 표 4와 같다.

표 3 소아고노출 생활자계 데이터베이스  
Table 3 Database of habitat's magnetic field

	RD [m]			소계	KV [kV] (50m 이내)		
	0~30 (근거리)	31~50 (중거리)	51이상 (원거리)		22.9	154	345
미취학	34	24	26	84명	21	17	20
초등	62	40	187	289명	22	22	59
중등	31	16	16	63명	16	15	16
총계				436명			

표 4 PSO 알고리즘에 사용된 파라메타  
Table 4 The parameters of PSO algorithm

세대수	해집단수	Velocity 최대값	초기 Weight값	$c_1$	$c_2$
2,000	100	1.0	0.9	0.1~3.9	0.1~3.9

PSO 알고리즘에 의해서 개발한 16세 이하에 대한 소아고노출 생활자계 추정식은 식(6)~식(8)과 같다. 여기서,  $G$ 는 성,  $A$ 는 나이,  $H$ 는 집의 종류,  $Hs$ 는 집의 평수,  $RD$ 는 선로이격거리,  $KV$ 는 송전전압을 의미한다.

- ① 미취학 아동: 본 논문에서는 총 84개의 실측데이터 중에서 미취학 아동에 대한 생활자계 추정식 개발에 사용된 데이터는 68개이고, 개발한 추정식에 대한 신뢰도 평가에 사용된 데이터는 16개이다. 식 (6)은 본 논문에서 개발한 미취학 아동 생활자계 추정식을 나타내었다. 그림 3은 추정식 개발에 사용된 68개 데이터를 이용하여 미취학 아동에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화를 나타내었다. 미취학 아동에 대한 실측치로 구축한 DB를 동조한 결과로서 절대오차는 0.29[mG]이다. 그림 4는 미취학 아동에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과를 나타내었다. 미취학 아동 생활자계 추정식의 신뢰도를 검증하기 위해 동조에 사용하지 않은 DB에 적용한 결과 절대오차는 0.29[mG]이다.

$$MFExp_{p.1} = -0.41 \log(G) - 0.15 \log(A) + 0.59 \log(H) \quad (6)$$

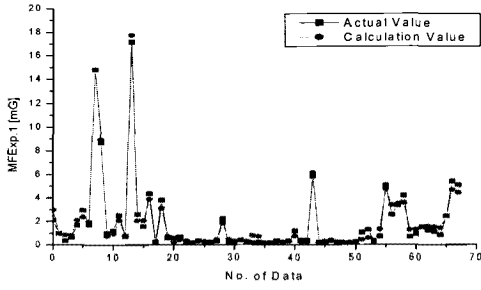
$$- 0.09 \log(Hs) - 1.06 \log(RD)$$

$$+ 1.37 \log(KV) + Rule$$

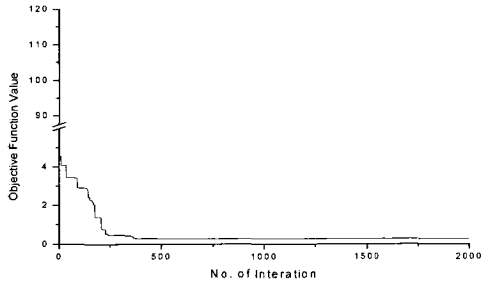
- ② 초등학생: 본 논문에서는 총 258개의 실측데이터 중에서 초등에 대한 생활자계 추정식 개발에 사용된 데이터는 220개이고, 개발한 추정식에 대한 신뢰도 평가에 사용된 데이터는 38개이다. 식 (7)은 본 논문에서 개발한 초등 생활자계 추정식을 나타내었다. 그림 5는 추정식 개발에 사용된 220개 데이터를 이용하여 초등에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화를 나타내었다. 초등에 대한 실측치로 구축한 DB를 동조한 결과로서 절대오차는 0.28[mG]이다. 그림 6은 초등에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과를 나

타내었다. 초등 생활자계 추정식의 신뢰도를 검증하기 위해 동조에 사용하지 않은 DB에 적용한 결과 절대오차는 0.29[mG]이다.

$$\begin{aligned}
 MFE_{Exp.2} = & -0.19\log(G) + 1.51\log(A) - 0.06\log(H) \quad (7) \\
 & - 3.91e^{-9}\log(Hs) - 5.33\log(RD) \\
 & + 3.19\log(KV) + Rule
 \end{aligned}$$

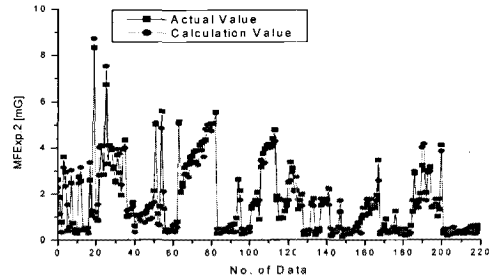


(a)

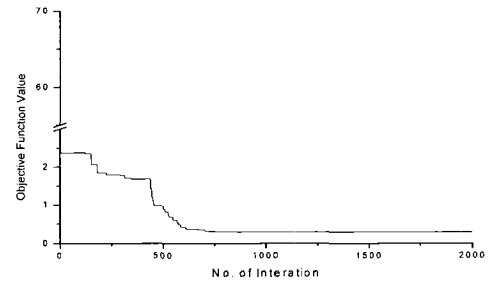


(b)

그림 3 미취학 아동에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화 (a) 생활자계 노출량 (b) 목적함수 값  
Fig. 3 Variations for exposure quantity of habitat's magnetic field and object function's value as to preschooler (a) Exposure quantity of habitat's magnetic field (b) Object function value



(a)



(b)

그림 5 초등학생에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화 (a) 생활자계 노출량 (b) 목적함수 값  
Fig. 5 Variations for exposure quantity of habitat's magnetic field and object function's value as to elementary student (a) Exposure quantity of habitat's magnetic field (b) Object function value

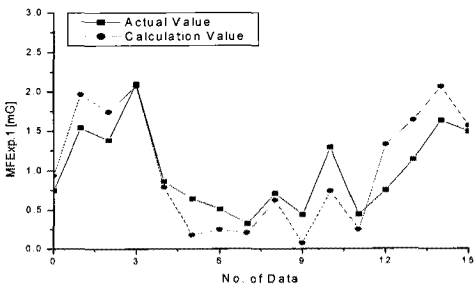


그림 4 미취학 아동에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과  
Fig. 4 Verification results of estimation equation for habitat's magnetic field as to preschooler

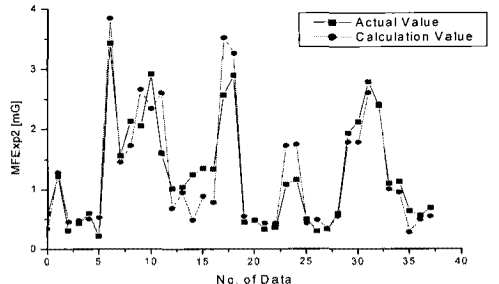
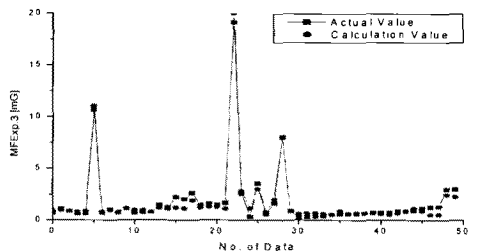


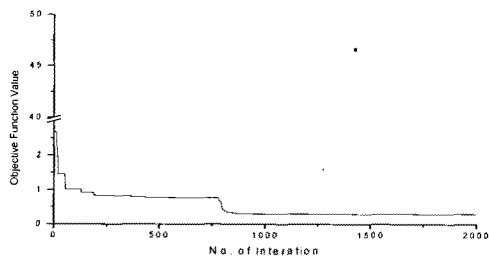
그림 6 초등학생에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과  
Fig. 6 Verification results of estimation equation for habitat's magnetic field as to elementary student

③ 중학생: 본 논문에서는 총 61개의 실측데이터 중에서 중등에 대한 생활자계 추정식 개발에 사용된 데이터는 50개이고, 개발한추정식에 대한 신뢰도 평가에 사용된 데이터는 11개이다. 식 (8)은 본 논문에서 개발한 중등 생활자계 추정식을 나타내었다. 그림 7은 추정식 개발에 사용된 50개 데이터를 이용하여 중등에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화를 나타내었다. 중등에 대한 실측치로 구축한 DB를 동조한 결과로서 절대오차는 0.30[mG]이다. 그림 8은 중등에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과를 나타내었다. 중등 생활자계 추정식의 신뢰도를 검증하기 위해 동조에 사용하지 않은 DB에 적용한 결과 절대오차는 0.26[mG]이다.

$$\begin{aligned}
 MFE_{Exp.3} = & 0.03\log(G) + 2.73\log(A) - 1.12\log(H) \quad (8) \\
 & - 1.16e^{-11}\log(Hs) - 1.10\log(RD) \\
 & + 0.078\log(KV) + Rule
 \end{aligned}$$



(a)



(b)

그림 7 중학생에 대한 생활자계 노출량 및 목적함수 값의 변화 (a) 생활자계 노출량 (b) 목적함수 값  
 Fig. 7 Variations for exposure quantity of habitat magnetic field and object function's value as to middle school student (a) Exposure quantity of habitat's magnetic field (b) Object function value

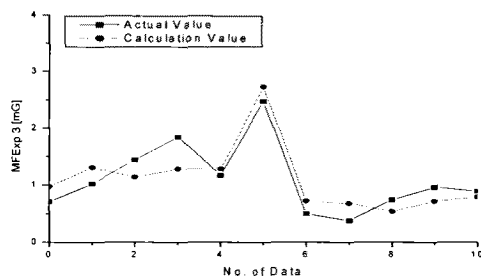


그림 8 중학생에 대한 생활자계 추정식에 대한 검증결과  
 Fig. 8 Verification results of estimation equation for habitat's magnetic field as to middle school student

이상의 결과를 요약하면 표 5와 같다. 표 5에서 보는 것처럼 소아고노출 생활자계 추정식에 대한 예측 정확도를 나타내는 평균류닝오차는 0.29[mG]이고, 평균검증오차는 0.28[mG]이다. 따라서 본 연구에서 개발한 추정식은 비교적 우수한 예측의 정확도를 나타냄을 알 수 있다.

표 5 소아고노출 추정식의 예측결과

Table 5 The prediction result by estimating equation

추정식 종류	튜닝오차[mG]	검증오차[mG]
미취학 아동	0.29	0.29
초등	0.28	0.29
중등	0.30	0.26
평균	0.29	0.28

## V. 결론

본 논문에서는 최적화 알고리즘인 PSO를 이용하여 한국인의 생활자계노출실태 조사 시 확보한 실측 데이터베이스를 활용하여 소아고노출 생활자계 추정식을 개발하였다. 또한 한국인의 일상생활에 있어서 개인의 자계노출의 정도와 인체의 건강영향 가능성을 파악하기 위해서 실측장비를 사용하여 16세 이하의 피조사자 436명의 자계노출환경을 조사하고, 한국인의 자계노출 표준모델을 제시했다.

본 논문에 개발한 16세 이하(미취학 아동, 초등학생, 중학생) 소아고노출 생활자계 노출식은 평균류닝오차는 0.29[mG]이고, 평균검증오차는 0.28[mG]이다. 따라

서 본 연구에서 개발한 추정식은 비교적 신뢰할 수 있는 우수한 예측의 정확도를 나타냄을 알 수 있다. 성별과 가속형태에 따른 자계노출량은 큰 차이가 없었으나, 거주지 주변의 송전선로가 개인의 생활자계 노출량에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 본 논문에서 제시한 소아고노출 생활자계 추정식은 전자계 건강영향에 관한 역학조사와 연구에의 활용이 기대된다.

[9] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle Swarm Optimization", Proceedings of IEEE international Conference on Neural Networks (ICNN'95), Vol. IV, pp.1942-1948, perth, Australia, (1995)

[10] 전자기 환경장해 실증평가 및 기술지원사업 II(생활환경 전자계 노출 실증 DB 구축 및 안전성 평가사업) 결과보고서, 한국전기연구원, No. 4, (2007)

### 참고문헌

[1] Zaffanella L.E., Kalton, G.W., 'Survey of Personal Magnetic Field Exposure, Phase II: 1000-Person Survey EMF RAPID Engineering Project #6', May 1998

[2] Christopher J. Portier, Mary S. Wolfe, 'Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields', NIEHS Working Group Report, No. 6, (1998)

[3] Francois Clinard, Chantal Milan, Mohamed Harb, Paule-Marie Carli, Claire Bonithon-Kopp, Jean-Paul Moutet, Jean Faivre and Patrick Hillon, "Residential Magnetic Field Measurements in france: Comparison of Indoor and Outdoor Measurements", Bioelectromagnetics, Vol. 20, pp. 319-326, (1999)

[4] Kwang H. Yang, Gi H. Hwang, June H. Park, et al., "New Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead HVAC Lines Using Evolutionary Computations", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.15, No.4, pp.1243-1251, (2000)

[5] Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Genetic Algorithms and Engineering Design, New York: John Wiley & Sons, pp. 7-16, (1997)

[6] J. R. Koza, Genetic Programming, MIT, London, England, (1993)

[7] D. E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, ptimization, and Machine Learning, Addison-Wesley publishing Company, INC., (1989)

[8] Th. Back, Evolutionary Algorithms in Theory and Practice, Oxford University Press, New York, (1996)

### 저자 소개



황기현(Gi-Hyun, Hwang)

1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업.  
2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업.

2003년 동서대학교 컴퓨터정보 공학부 교수  
※관심분야: RFID, 임베디드, 영상처리