

유전알고리즘을 이용한 측면 에어백 전개 알고리즘의 최적화

Optimization of a Side Airbag Release Algorithm by Genetic Algorithm

김 권 회*, 홍 철 기**
K. H. Kim, C. K. Hong

ABSTRACT

For proper release of side airbags, the onset of crash should be detected first. After crash detection, the algorithm has to make a decision whether the side airbag deployment is necessary. If the deployment is necessary, proper timing has to be provided for the maximum protection of driver or passenger. The side airbag release algorithm should be robust against the statistical deviations which are inherent to experimental crash test data. Deterministic optimization algorithms cannot be used for the side airbag release algorithm since the objective function cannot be expressed in a closed form. From this background, genetic algorithm has been used for the optimization. The optimization requires moderate amount of computation and gives satisfactory results.

주요기술용어 : Side Airbag(측면에어백), Crash Detection Algorithm(충돌감지 알고리즘), Genetic Algorithm(유전알고리즘)

1. 서 론

차량의 측면 충돌시 운전자와 승객을 보호하기 위한 측면 에어백(side airbag)은 비교적 최근에 개발된 제품으로서 고급 승용차를 중심으로 급속히 보급되고 있다. 전방 충돌용 에어백과는 달리 측면 에어백의 경우는 충돌 개시 시점으로부터 에

어백의 전개 완료 시점까지의 시간이 매우 짧기 때문에 충돌을 감지하고 에어백의 작동 여부를 판단하는 알고리즘의 구성이 비교적 어렵다고 볼 수 있다. 에어백의 작동 여부를 결정하기 위하여는 우선 충돌의 시작을 감지하여야 한다. 에어백의 전자제어장치(electronic control unit, ECU)는 차량의 운전시간 중에 지속적으로 차체에 가해지는 가속도를 측정하고 계산하여 정상 운행 상태와 충돌 상태를 판정하는 기능을 보유해야 한다. 일단 충돌의 시작이 감지되면 그 이후에 측정되는 차

* 정회원, 고려대학교 기계공학과
** 대우자동차주식회사 기술연구소

체 가속도에 근거하여 에어백의 전개 여부와 전개 시점을 결정하여야 한다. 충돌시점의 감지, 에어백 전개 여부와 전개 시점의 결정 등은 차체에 가해지는 가속도에 기초하여 이루어지므로 가속도 센서의 설치 위치는 알고리즘의 내용에 직접적인 영향을 미치게 된다. 에어백의 알고리즘을 조정하는 과정에서 차체의 충돌특성 평가가 이루어지고 에어백 ECU의 설치위치가 결정되며 필요한 경우 차체의 구조 개선에 대한 요구사항이 도출되는 경우가 많다. 이러한 일련의 작업들은 차체 설계의 변경이 가능한 차량 개발의 초기에 수행되어야 한다.

측면 에어백의 충돌감지 알고리즘은 충돌시점의 감지, 에어백 전개 여부 및 전개 시점의 결정, 충돌 가속도의 통계적 편차에 의한 오작동 가능성의 최소화 등을 구비하여야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위한 알고리즘의 구성과 각 변수의 적절한 조합을 찾아내는 과정은 많은 시간과 노력을 필요로 하는 경우가 많다. 차체의 충돌 특성을 분석하여 적절한 충돌 감지 방식을 결정하고 이에 따르는 알고리즘 설계 변수들의 최적 조합을 모색하는 과정은 많은 시행착오와 경험적 판단을 필요로 한다. 많은 경우 알고리즘은 다단계의 판단 과정으로 구성되어 있기 때문에 전체 알고리즘의 성능을 간략한 몇 가지의 수식으로 정량화하기 어려운 경우가 대부분이다. 목적함수와 함수값의 구배(gradient)를 필요로 하는 결정론적 최적화 방법(deterministic optimization methods)을 사용하기 어려우므로 본 연구에서는 통계적 검색법(statistic search methods)을 사용하고자 한다. 통계적 검색법에는 유전알고리즘(genetic algorithm), 몬테칼로 모사(Monte Carlo simulation), 모사 풀림처리(simulated annealing) 방법들이 있는데 이들 중에서 유전알고리즘이 주어진 문제에 가장 적합한 것으로 판단하였다.

적자 생존의 생물학적 자연법칙을 설계문제에 적용하려는 시도는 Rechenberg¹⁾에 의하여 이루어졌으며 이후 Holland²⁾에 의하여 이러한 개념이 유전 알고리즘으로 체계화되었다. 유전 알고리즘은 목적함수 값의 계산이 비교적 신속하게 수행될 수 있는 경우 전역적 최적치(global optimum)를 찾

는데 유리한 것으로 알려져 있으며 최근에는 다양한 공학분야에서 활용되고 있다. Goldberg와 Samtani³⁾가 10개의 평면 트러스 구조물의 중량을 최소화하는 문제에 유전알고리즘을 적용한 것을 시초로하여 기계 구조물의 최적화문제에 유전 알고리즘이 적용되기 시작하였다. Rajeev⁴⁾ 등은 160개의 트러스(truss)로 구성되는 송전탑(transmission tower)의 최적화 문제에, Koumoussis⁵⁾ 등은 강철계 트러스 지붕(truss roof) 구조의 최적화 문제에, Gage⁶⁾ 등은 미첼 트러스(Mitchell truss) 문제에 유전알고리즘을 이용하였다. 최근에는 Soh와 Yang⁷⁾이 120개의 truss로 구성되는 dome의 최적설계에 유전알고리즘을 이용하였다. 비선형 구조해석 등 목적함수 값의 계산에 많은 시간이 소요되는 문제에 적용하기 위하여 Krishnakumar⁸⁾는 3~5의 인구만으로 구성되는 미세 유전 알고리즘(micro-genetic algorithm)을 제안하였고 정과 황⁹⁾은 제안된 알고리즘을 수정하여 압출용 다이의 최적설계 문제를 해결하였다.

2. 충돌감지 알고리즘

알고리즘은 미연방 자동차 안전규격(Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS) 214 측면 충돌 안전규격에 따른 충돌 모의실험 결과를 사용하였다. 측면 충돌 관련 법규로는 FMVSS 214 이외에 유럽의 ECE R95가 있다. FMVSS 214 규격은 33.5mph의 속도로 전면에 벌집(honeycomb)형 알루미늄 재질의 변형부를 갖는 이동 대차를 차량의 측면에 27°의 경사로 충돌시키는 실험을 채택하고 있다. 본 연구에서는 33.5mph부터 8.5mph까지 5mph 간격으로 설정된 속도에 대한 충돌해석을 통하여 차체 가속도 파형을 얻었다. 에어백의 비전개 조건으로서 오용(misuse) 충돌조건은 150km/h의 속도로 야구공이 차량 측면에 충돌하는 경우로 설정하였다. 33.5mph 측면충돌의 경우 승객은 약 20msec의 시간이 경과했을 때 차체와 접촉하기 시작한다. 측면 에어백의 전개시간을 10msec로 보면 에어백의 전개 여부는 충돌 개시점으로부터 약 5~8msec 동안에 결정되어야 한다.

측면 에어백 전개 알고리즘의 개요를 Fig.1에 도식적으로 나타내었다. 차량의 운행중에 측면에 에어백 전자제어장치는 차량의 측면에 설치된 가속도 센서(accelerometer)와 저주파 여파회로(low frequency filtering circuit)를 통하여 차체의 가속도를 일정한 주기(sampling period, Δt)로 채취한다. 채취된 가속도 data 는 일정한 기간동안 저장되며 일정한 갯수(m)의 가속도 값의 평균치를 기준으로 정상적인 주행 상황인지 아니면 충돌 상황인지를 판별하게 된다. 정상 주행 상황에서는 알고리즘은 전자제어장치의 자체 진단과 차체 가속도의 측정을 반복적으로 수행한다. 그러나 충돌상황의 경우 충돌개시 시점 t_0 이후 가속도의 평균치가 일정한 임계값에 도달하는 충돌감지 시점 t_1 이 되면 t_1 이후의 가속도 data에 근거하여 감속도 ΔV 가 계산된다. 시간에 따른 ΔV 의 변화에 따라서 알고리즘은 에어백의 작동 여부를 결정한다. 충돌감지 시점 t_1 이후 일정한 시간 내에 점화조건이 만족되지 않으면 알고리즘은 다시 차

체 진단과 차체가속도의 측정기능으로 복귀한다. 점화조건이 만족되는 경우 에어백 점화시점(firing time) t_2 가 결정된다. 점화시점 t_2 이후에는 점화된 가스발생장치(airbag inflator)가 작동하여 에어백을 팽창시키게 된다.

Fig.2는 측면에어백 전개 알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다. 여기서 차체 충돌개시 시점으로부터 에어백 점화시점까지의 시간 t_{total} 을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$t_{total} = t_{threshold} + t_{fire} \quad (1)$$

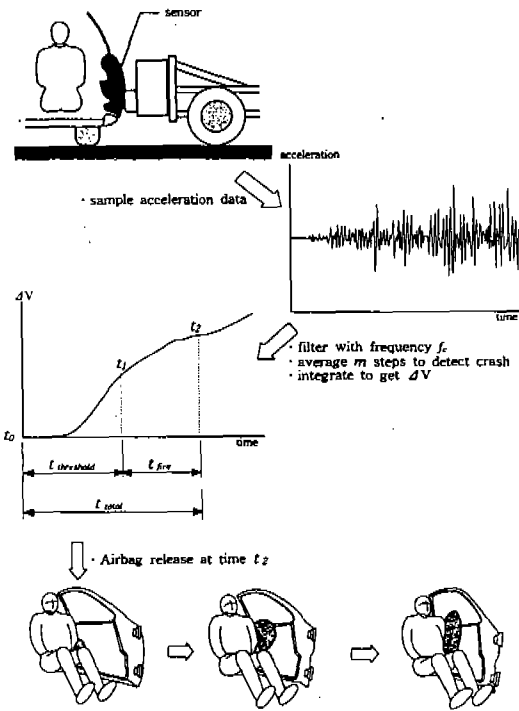


Fig.1 Overview of side airbag release sequence

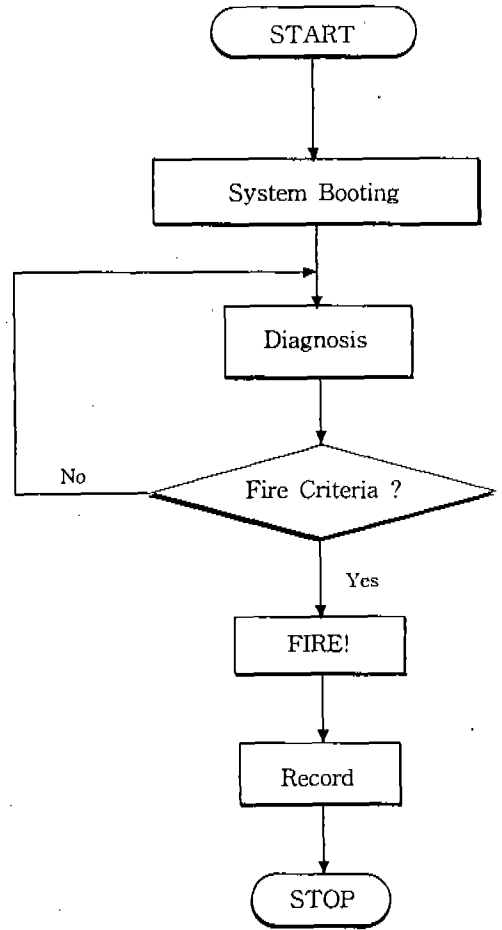


Fig.2 Flowchart of airbag release algorithm

여기서

$$t_{\text{threshold}} = t_1 - t_0 : \text{충돌감지 시간}$$

$$t_{\text{fire}} = t_2 - t_1 : \text{점화 시간}$$

저주파 여과회로는 전자제어장치의 구성과 밀접한 관계가 있으며 매우 다양한 방식으로 구성될 수 있으나 본 논문의 범위를 벗어나므로 여기서는 논의를 생략하고자 한다. 본 연구에서는 일정한 여과회로의 구성에 대하여 정의되는 여과주파수 f_c 를 하나의 설계변수로 선택하였다. 여과회로를 거쳐서 Δt 의 주기로 채취된 가속도 data 중 최근 m 개의 평균치가 일정한 값에 도달하면 정상 운행상태가 아닌 충돌이 감지된 것으로 간주한다. 즉 충돌감지 조건은 다음과 같이 표현된다.

$$\left(\frac{1}{m}\right) \sum_{k=1}^m a_{n-k+1} \geq C_1 \quad (2)$$

여기서 현 시점을 $n\Delta t$ 라고 했을 때 a_n 은 현시점에서 채취된 가속도 값을 나타내며 m 은 평균치를 산정하기 위하여 선택된 data의 개수를, C_1 은 평균가속도의 임계값을 나타낸다. 차체의 측면에 던져진 돌이나 야구공에 의한 충격, 험머에 의한 타격, 문을 매우 빠른 속도로 닫는 door slam 등 각종 오용(misuse)의 경우는 에어백의 전개가 요구되지 않는다. 그러나 차체에 국부적인 충격이 가해지게 되고 충돌가속도 센서의 위치에 따라서

는 충돌로 오인될 수도 있다. 이러한 위험을 없애기 위하여 m 과 C_1 의 적절한 선택이 요구된다.

Fig.3는 8.5mph, 13.5mph의 실제 충돌조건(FMVSS 214)에 대하여는 (2) 식이 만족되어 충돌 감지가 되지만 150km/h로 던져진 야구공에 의한 충격은 충돌로 감지되지 않는 일례를 보이고 있다.

일단 충돌이 감지되면 에어백의 전개 여부와 전개 시점을 결정해야 한다. 가장 보편적으로 선택되는 변수는 충돌가속도를 적분하여 얻어지는 감속도와 차체의 진동에너지이다. 본 연구의 대상으로 선택된 차종에 대하여는 감속도만을 고려하였으므로 진동에너지에 대한 논의는 제외하기로 한다. 에어백의 전개 조건은 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta V = \int_{t_1}^t a(t) dt \geq C_2(t) \quad (3)$$

여기서 $a(t)$ 는 충돌감지시점 t_1 이후에 저주파 여과회로를 통하여 측정된 가속도이며 $C_2(t)$ 는 일정한 형태의 시간 함수를 나타낸다. Fig.4는 각 충돌속도별 $\Delta V(t)$ 와 $C_2(t)$ 의 t_1 이후 시간에 따른 변화의 일례를 보이고 있다. 시간함수 $C_2(t)$ 는 $\Delta V - t$ 영역에서 에어백 점화 영역(fire zone)을 나타내며 Fig.4는 에어백의 작동이 요구되지 않는 8.5mph의 경우에 (3)의 조건이 만족되지 않는 일례를 보이고 있다.

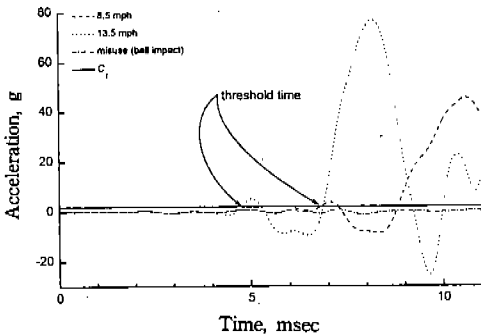


Fig.3 Threshold C_1 against misuse(ball impact) and for real side crash conditions (8.5mph & 13.5mph)

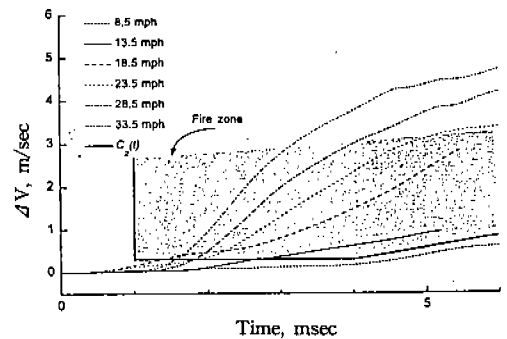


Fig.4 An example of deceleration speed ΔV and fire zone boundary function C_2 vs time for different crash conditions

3. 알고리즘의 최적화

3.1 목적함수

상기한 측면 에어백의 충돌감지 알고리즘의 작동 특성을 좌우하는 변수들은 저주파 여파회로의 여파주파수 f_c , 평균치 산정에 사용되는 data의 갯수 m , 평균가속도 임계값 C_1 , 시간함수 $C_2(t)$ 그리고 가속도 data 채취주기(sampling period) Δt 등이다. 시간함수 $C_2(t)$ 의 형태는 차체의 충돌특성에 따라 임의로 정해지며 보편적인 선택 기준을 확립하기 어려운 변수이다. 따라서 본 연구에서는 상기 변수들 중에서 $C_2(t)$ 를 제외한 나머지 4개의 변수에 대하여 알고리즘을 최적화하기로 한다.

좋은 알고리즘은 충돌 조건에 대하여 신속한 에어백의 전개 결정을 내릴 수 있어야 한다. 즉 식 (1)에서 정의된 t_{total} 이 최소화되어야 한다. 또한 야구공 충돌(150km/h) 등의 비전개 조건에 대하여 식 (2)가 만족되지 않아야 한다. 에어백의 비전개(8.5mph 이하) 및 전개(13.5mph 이상)의 경계를 결정하는 충돌조건인 8.5mph, 13.5mph의 두가지 경우에 대하여 $\Delta V-t$ 특성이 최대한도로 차별화되어야 한다. 이러한 조건들을 종합하면 알고리즘의 기능을 다음과 같이 요약할 수 있다. 즉

- 충돌 초기에 에어백의 전개 조건과 비전개 조건을 신속히 결정할 수 있을 것,
- 에어백 전개 시점을 차체의 충돌 특성에 적합하게 결정할 수 있을 것

등이다.

에어백의 내부압력 유지시간이 짧은 경우에는 첫 번째 조건과 더불어 두 번째의 조건이 중요하게 된다. 너무 일찍 전개된 에어백은 운전자나 승객을 충분히 보호할 수 없으며 반대로 에어백이 너무 늦게 전개되는 경우에는 오히려 운전자나 승객에 충격을 가하여 상해치를 높일 수가 있다. 본 연구에서는 가스발생기의 용량이 충분하여 에어백의 내부압력 유지시간이 충분히 긴 경우를 생각하였다. 이러한 경우에는 위에서 언급한 첫 번째 조건과 두 번째 조건을 동일하게 간주할 수 있다. 즉 전개 여부가 결정되는 즉시 에어백을 전

개하면 충돌 종료 시점까지 에어백의 내부압력이 충분히 유지되기 때문에 운전자나 승객을 보호할 수 있게 된다. 이러한 조건에 대하여는 다음과 같은 목적함수를 정의할 수 있다.

$$Y = Y(t_{total}, \phi, t_{threshold|misuse}) \quad (4)$$

여기서 ϕ 는 8.5mph 와 13.5mph 각 충돌조건에 대하여 얻어지는 $\Delta V-t$ 곡선의 일부분을 직선으로 근사하였을 때 각 직선간의 분리각을 나타낸다.

Fig.5는 분리각 ϕ 를 도식적으로 설명하고 있다. 식 (4)에서 $t_{threshold|misuse}$ 는 야구공 충돌의 경우 얻어지는 $t_{threshold}$ 를 나타낸다. 이 야구공 충돌의 경우 식 (2)가 만족되지 않으면 $t_{threshold|misuse} = 0$ 이라고 생각할 수 있다. 본 연구의 대상 차종에 있어서 t_{total} 은 상기한 4 개의 변수보다는 시간함수 $C_2(t)$ 에 의하여 결정되므로 상기의 목적함수를 다음과 같이 단순화시킬 수 있다.

$$Y = \phi - r \cdot t_{threshold|misuse} \quad (5)$$

여기서 r 은 벌칙계수(penalty parameter)를 나타낸다. 상기의 함수의 최대값을 추구함으로써 에어백 비전개와 전개의 경계에 있는 8.5mph, 13.5mph 두 가지 충돌조건에 대하여 $\Delta V-t$ 곡선 상의 분리각이 최대가 되며 야구공 충돌과 같

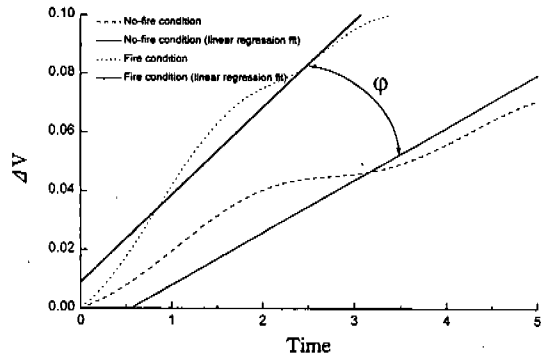


Fig.5 Definition of separation angle ϕ

은 오용의 경우가 충돌로 감지되지 않도록 하는 조건을 찾을 수 있다. 벌칙계수 r 의 값은 ϕ 에 비하여 비교적 큰 값을 선택하였다. 최적화 문제에서는 목적함수를 최소화하도록 선택하는 것이 일반적이나 본 연구에서는 목적함수의 물리적인 의미를 유지하기 위하여 최대화하는 형태로 선택하였다.

3.2 유전 알고리즘

유전알고리즘은 적자생존의 자연법칙을 응용한 최적화 알고리즘이다. 자연 생태계에서는 여러 개체가 하나의 세대를 구성한다. 한 세대를 구성하는 개체들은 환경에 적응하는 능력에 따라 차등적으로 자손을 생산할 기회가 주어진다. 자손의 유전적 형질은 부모의 형질로부터 재생(reproduction), 교배(crossover), 돌연변이(mutation)의 유전 법칙을 거쳐서 결정된다. 생산된 자손은 다음 세대를 구성한다. 이러한 자연의 원리를 응용한 유전알고리즘은 다음과 같은 특징을 갖는다. 즉

- 변수 자체가 아니라 변수를 기호화하여 사용한다.
- 단일한 점이 아니라 여러 개의 점에서부터 최적값을 탐색한다.
- 목적함수의 값만을 사용하며 미분값을 필요로 하지 않는다.
- 확정적인 규칙이 아니라 확률적인 규칙에 따라 최적치를 탐색한다.

상기와 같은 특징으로 인하여 유전알고리즘은 임의의 형태의 목적함수에 사용될 수 있으며 통상적인 방법으로는 전역 최적치(global optimum)를 찾기 어려운 문제에 대하여 탁월한 성능을 나타내는 것으로 알려져 있다. 유전알고리즘은 보통 설계변수의 몇 배 규모로 population을 선택하여 수십 세대까지 진화를 시킨 후에 최적치를 결정하므로 많은 계산량을 필요로 한다. 식 (5)으로 표현되는 목적함수의 값은 비교적 신속하게 계산할 수 있으므로 본 문제의 해결에는 유전 알고리즘이 유용하다고 볼 수 있다.

앞에서 언급한 4개의 알고리즘 변수는 Table 1에 보인 것처럼 총 22개의 길이를 갖는 기호열

Table 1 Algorithm parameters and bits assigned in a chromosome(string)

Parameters	Description	Number of bits
f_c	Filtering frequency	10
m	Number of averaged data	5
C_t	Threshold acceleration	5
Δt	Sampling period	2
	합 계	22

Table 2 Parameters values used in the genetic algorithm

Parameter	Value
Length of chromosomes	22
Number of chromosomes	20
Maximum generation	30
Probability of crossover, $P_{crossover}$	0.6
Probability of mutation, $P_{mutation}$	0.001

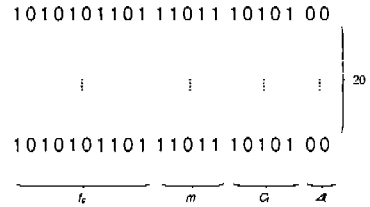
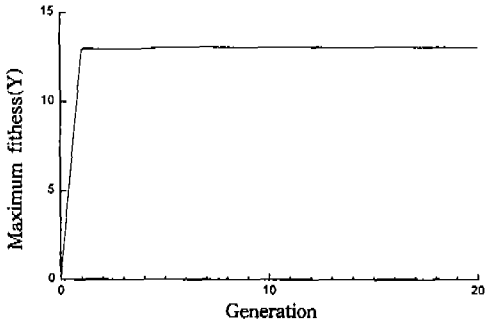


Fig.6 Coding of algorithm parameters into a chromosome(string)

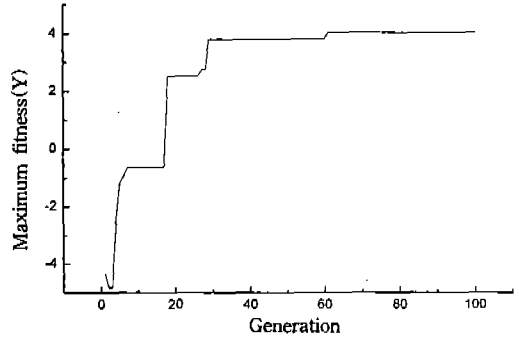
로 부호화하였다. Table 2는 유전알고리즘에 사용된 변수들을, Fig.6는 기호열의 구성을 보이고 있다. 하나의 세대를 구성하는 기호열의 수(인구)는 20이며 진화는 30세대까지 실시하였다. 유전알고리즘은 Carroll¹⁰⁾의 범용 프로그램을 문제에 맞게 수정하여 사용하였다.

3.3 최적화 결과

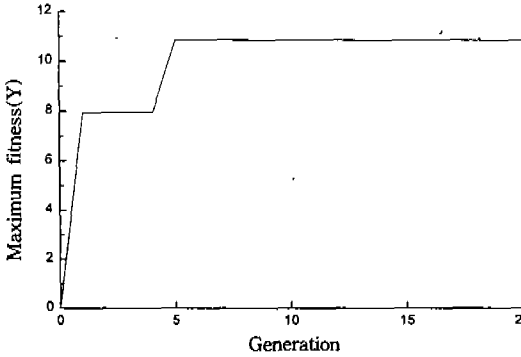
가속도 센서의 설치 후보위치는 B-필라 중단부 및 하단부(B-pillar middle and lower), 좌석안



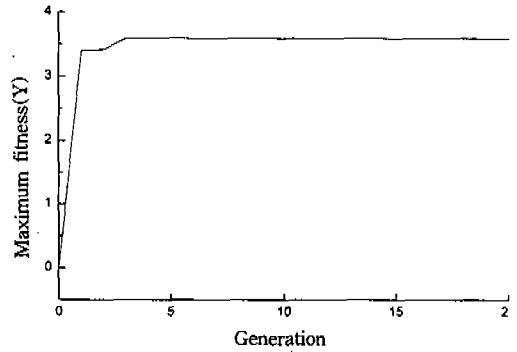
(a) B-pillar middle point



(b) B-pillar lower point



(c) Seat belt anchorage point



(d) Tunnel front

Fig.7 Evolution of object function value Y with generation at four sensor locations

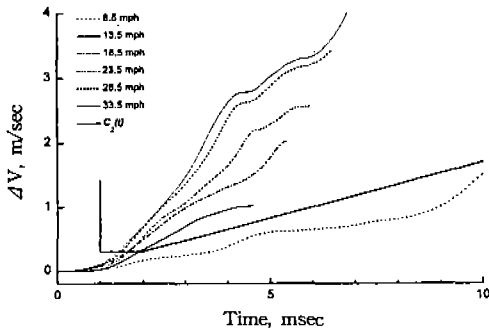
Table 3 Optimized side airbag algorithm parameter values at four sensing locations

Parameters	Filetering frequency f_c , Hz	number of averaged data, m	threshold acceleration C_1 , g	sampling period Δt , msec
Sensing locations				
B-pillar middle point	160	110	3.8	0.04
B-pillar lower point	82	126	3.3	0.02
Seat belt anchorage point	178	150	4.7	0.02
Tunnel front	190	62	0.9	0.02

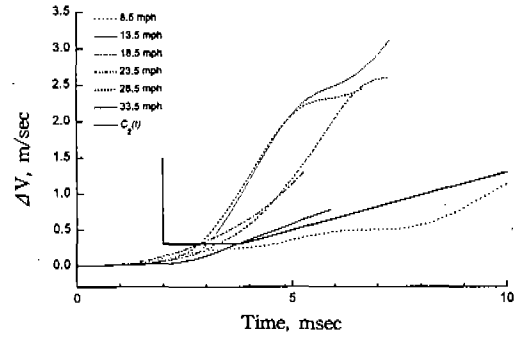
전벨트 장착점(seat belt anchorage) 그리고 터널 전방부(tunnel front) 등 4가지로 선정하였고 각 위치에 대하여 최적화를 실시하였다. 최적화가 진행되는 동안 목적함수의 최대값이 변화하는 모드는 약간씩의 차이점을 제외하고는 유사하다. 즉 진화의 초기에는 세대가 진행됨에 따라 목적함수의 최대값이 급격히 증가하다가 일정한 수준으로

수렴한다. 수렴한 값이 전역 최적치(global optimum)이 아닌 경우는 목적함수의 값이 일정한 값을 유지하다가 돌연변이에 의하여 다음 단계의 최적치에 도달한다.

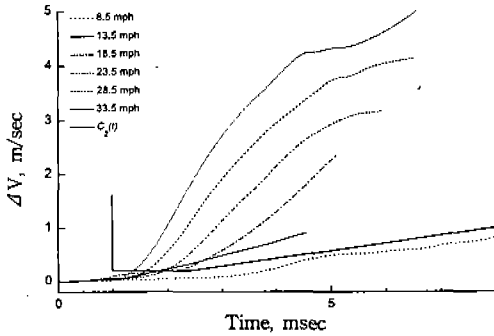
Fig.7은 4개의 센서 설치 후보위치에 대하여 진화에 따른 목적함수 값의 변화를 보이고 있으며 Table 3은 최적화된 알고리즘 변수값들을 나타



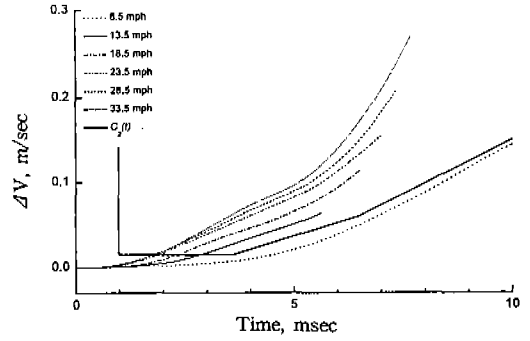
(a) B-pillar middle point



(b) B-pillar lower point



(c) Seat belt anchorage point



(d) Tunnel front

Fig.8 Deceleration speed ΔV vs time for various side crash conditions at four sensor locations

Table 4 Side airbag firing time for different crash conditions at four sensing locations

firing time (msec) crash conditions	B-pillar middle			B-pillar lower			Seat belt anchorage			Tunnel front		
	$t_{\text{threshold}}$	t_{fire}	t_{total}	$t_{\text{threshold}}$	t_{fire}	t_{total}	$t_{\text{threshold}}$	t_{fire}	t_{total}	$t_{\text{threshold}}$	t_{fire}	t_{total}
ball impact	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire	no fire
8.5mph	8.3	no fire	no fire	9.3	no fire	no fire	8.6	no fire	no fire	7.3	no fire	no fire
13.5mph	6.4	1.9	8.3	5.1	3.7	8.8	6.5	1.8	8.3	5.4	2.8	8.2
18.5mph	5.6	1.6	7.3	5.7	2.8	8.6	5.9	2.1	8.0	4.5	2.4	6.8
23.5mph	5.0	1.7	6.7	3.7	3.3	7.0	5.0	2.0	7.0	4.0	1.9	5.9
28.5mph	4.6	1.5	6.0	4.3	2.8	7.1	4.5	1.6	6.1	3.6	1.8	5.5
33.5mph	4.2	1.4	5.6	3.7	3.0	6.7	4.2	1.4	5.6	3.3	1.8	5.2

내고 있다. Fig.8은 각 가속도센서 설치위치에서 최적화된 4개의 변수값들에 대하여 (3) 식으로부터 얻어지는 $\Delta V-t$ 관계와 시간함수 $C_2(t)$ 를

보고 있다. 8.5mph와 13.5mph에 대한 $\Delta V-t$ 곡선의 분리가 양호한 것을 볼 수 있다. 최적화된 4개의 변수에 의하여 (1) 식의 $t_{\text{threshold}}$ 가 정해

지고 설정된 시간함수 $C_2(t)$ 에 의하여 t_{fire} 가 결정된다.

Table 4는 각 가속도센서 설치위치별 $t_{threshold}$, t_{fire} , t_{total} 을 나타내고 있다. 야구공 충돌이나 8.5mph 충돌의 경우 에어백의 전개가 필요한 것으로 인식되지 않으며 13.5mph 이상의 충돌속도에 대하여는 t_{total} 이 5~8msec 내외에 있는 것을 알 수 있다. 네 개의 장착 후보 위치에서 결정된 에어백의 전개 시간은 모두 만족할 만한 수준이나 터널 전방부의 경우는 다른 측정위치에 비하여 가속도의 크기가 미약하므로 높은 해상도를 갖는 가속도 센서가 필요할 것으로 생각된다. 공간적인 제약 조건을 고려하면 B-필라 하단부나 좌석 안전벨트 장착점이 충돌 가속도 센서의 적절한 설치 위치라고 볼 수 있다.

4. 결 론

유전알고리즘을 이용하여 측면 에어백의 충돌감지 알고리즘 변수들을 최적화하였다. 충돌 가속도 측정위치로는 B-필라 중단부와 하단부, 좌석 안전벨트 장착점 그리고 터널 전방부등 네 군대를 선택하였다. 야구공 충돌과 8.5mph 충돌의 에어백 비전개 조건과 13.5mph부터 33.5mph까지의 에어백 전개조건에 대하여 얻어진 충돌 data에 근거하여 비교적 단순한 알고리즘을 제안하였다. 최적화 대상 변수들은 저주파 여과(filtering) 주파수, data 평균값수, 충돌감지 임계가속도, 가속도 채취주기 등으로 선정하였다. 충돌 data의 통계적 편차에 의한 알고리즘의 신뢰도를 높이기 위하여 에어백의 비전개-전개 조건 간의 차별을 극대화하는 방향으로 알고리즘의 최적화 방향을 결정하였다. 하나의 변수 조합은 22개의 길이를 갖는 부호열로 변환하였고 세대당 인구수는 20, 최대 진화 세대수는 30, 교배율은 0.6, 돌연변이율은 0.001로 선택하였다. 목적함수의 계산이 여러 단계로 나누어져 있어 계산량이 비교적 많지만 상기 4가지 변수 영역에서 목적함수의 최적치를 찾는데 사용된 유전 알고리즘은 수렴속도가 비교적 빠르고 전역 최적치(global optimum)을 찾는데 매우 유용한 것으로 판단된다.

본 연구는 대우자동차 기술연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 충돌자료를 포함한 각종 자료를 제공해주신 김동식 차장님과 본 과제의 수행을 지원해주신 이명식 이사님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. I. Rechenberg, "Cybernetic solution path of an experimental problem", Library Translation 1122, Royal Aircraft Establishment, Farnborough, Hampshire, England, 1965.
2. J. H. Holland, "Adaptation in natural and artificial systems", University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1975.
3. D. E. Goldberg, M. P. Samtani, "Engineering optimization via genetic algorithm", Proc. 9th Conf. on Electronic Computation, ASCE, New York, pp. 471~482, 1986.
4. S. Rajeev, C. S. Krishnamoorthy, "Discrete optimization of structures using genetic algorithms", Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No. 5, pp. 1233~1250, 1992.
5. V. K. Koumoussis, P. G. Georgiou, "Genetic algorithms in discrete optimization of steel truss roofs", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 8, No. 3, pp. 309~324, 1994.
6. P. J. Gage, I. M. Kroo, I. P. Sobieski, "Variable-complexity genetic algorithm for topological design", AIAA Journal, Vol. 33, No. 11, pp. 2212~2217, 1995.
7. C. K. Soh, J. Yang, "Fuzzy controlled genetic algorithm search for shape optimization", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 10, No. 2, pp. 143

~150, 1996.

8. K. Krishnakumar, "Micro-genetic algorithms for stationary and non-stationary function optimization", Proc. SPIE - The international society for optimal engineering, Vol. 1196, pp. 289~296, 1990.
9. 정제숙, 황상무, "압출공정중 금형 형상 최적화문제에 대한 유전 알고리즘의 적용", 한국소성기공학회지, 제5권, 제4호, pp. 269~280, 1996.
10. D. L. Carroll, "Fortran genetic algorithm driver", <http://www.staff.uiuc.edu/~carroll/ga.html>.