

자동 Shut-off 시간 적정성 검증 방법 및 최적 시간 설정 방안 연구

양동일* · 최병남* · 박지운** · 유민상* · Stephanie Beeman***

Validating Timing of Vehicle Automatic Shut-off and Study on Appropriate Shut-off Timing

Dong Il Yang*, Byeong Nam Choi*, Ji Woon Park**,
Min Sang Yu*, Stephanie Beeman***

Key Words: CO poisoning(CO 중독), Automatic Shut-off(자동 Shut-off), Automatic Shut-off Timing(자동 Shut-off 시점)

ABSTRACT

Even though the number of CO poisoning casualties caused by unintended idling for the vehicles equipped with keyless ignition systems is more than 70, the problem still remains unsolved and became social issue in the US, and Senates introduced the bill which urges NHSTA to make regulation for this accordingly. To meet market safety needs and the regulations, we decided to provide automatic shut-off system very soon. In this paper, we would like to describe how to validate vehicle shut-off timing including defining required tests and case selections considering vehicle condition, garage/room size and temperatures with several assumptions. We believe that safe implementation of the shut-off function is possible via this methodology and the results. As NHTSA must be interested in shut-off timing, the methodology can be enhanced and conclusions could be reflected highly in the future regulation in case we continue this study with NHTSA or any other 3-rd party institutes.

1. 서 론

버튼 시동 시스템은, 연간 미국에서 판매되는 약 1700 만대 신차 중 절반 이상을 차지 할 만큼 보편화된 편의사 양이지만, 기존 시동 방식에 익숙해진 운전자가 시동을 끄는 것을 잊어버림으로 인해 관련 안전 사고가 지속 발 생 중이다. 사용자가 차고에 주차 후 시동을 끄지 않고 내 릴 경우, 일산화탄소(CO)가 실내로 유입되어 사망 사고

가 다수 발생하여, 그 피해자수가 2006년부터 28명 사 망, 45명 부상 에 달한다.⁽¹⁾

이에 대해 주요 자동차 메이커 상대로 자동시동 Off 기 능 미제공함을 사유로 집단 소송 제기되었던 이력이 있으 며,⁽²⁾ Fig. 1과 같이 현대자동차 구형 제네시스 차량 관련 사고⁽³⁾에 대해서는 현재도 소송이 진행 중에 있다.



Fig. 1 Accident Scene of Genesis (Old Model)

* 현대자동차, 책임연구원

** 현대자동차, 매니저

*** 현대자동차, Senior Engineer

E-mail: dorazzangs@hyundai.com

외부 인지 가능한 경고음 제공 등 간접적인 예방 수단 이 대다수 차량에서 제공 중 이지만, 관련 사고는 지속 발생되고 있다. 가장 효율적인 사고 예방 방법으로 지목되는 것은 정차 상태에서 공회전 지속 시, 자동으로 시동을 끄는 자동 Shut off 기능의 제공이다.

이와 관련하여, 미국 주요 언론은 여전히 대다수 자동차 제작사가 자동 Off 기능을 제공하지 않고 있음에 대해 지속적으로 기사화하며 이를 이슈화하고 있다.

한편, 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration, 미국 도로교통안전국)에서는 이에 대한 문제를 조기에 인지하여 시동 On 상태로 하차시 이에 대한 외부 경고음 제공을 요하는 법규 초안(FMVSS 114, Federal Motor Vehicle Safety Standards)을 발행하였으나⁽⁴⁾ 미확정 상태로 계류 중에 있었다. 2018년 5월 NHTSA 청장 인사청문회시 동 문제에 대한 의회 지적이 있었으며, 같은 해 7월 상원의원들이 관련 법제화 요청서한을 NHTSA에 발송하는 등 정부 차원에서 움직이기 시작하였고, 2019년 2월에는, 일정 시간 이후에 차량의 자동 시동 Off를 요구하는 기술이 제공될 수 있도록 관련 법제화 추진할 것을 미 NHTSA에 요구하는 관련 의회 법안 이 발의되었다.⁽⁵⁾

이와 같은 배경에 따라, 공회전 일산화탄소 중독 방지를 위한 자동 Shut-off 기능 및 관련 경고 제공이 요구되며, 당사는 2019년 11월부터 판매중인 북미 중형세단 차종부터 동 기능 적용중에 있다. 동 기능에 대해, 당사는 미국 경쟁사들의 벤치마킹을 통해, 고객이 30분/60분/Disable 중 선택하여 차량이 자동 Shut-off 될 수 있도록 기능 구현 계획에 있으나, 이에 대한 공학적인 검증은 필요한 상황이다. 미국 NHTSA 역시 적정한 자동 Shut-off 시간에 대한 연구가 미비하여 동 법제화를 지연하여 왔으나 금번 의회 법안 확정시에는 이에 대한 시점을 확정하도록 요구되는 바, 이에 대한 연구는 정부 차원에서도 큰 관심의 대상이 될 것이다.

이와 같은 사유로, 당사가 제공하는 시간대의 적정성 및 더 나아가 적정한 자동 Shut-off 시간에 대해 결정할 수 있는 방법론에 대해 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 법제화 발의 내용

상기 서론의 사회적 배경에 따라, 2019년 2월 25일 미 상원은 버튼 시동(Keyless Ignition) 차량에 의한 일산화

Table 1 Main contents of “PARK IT Act”

- ✓ 미 의회 법안 확정 후 2년 내 하기 요건 만족하는 FMVSS 114 도난방지 및 무단구름 방지 법규 개정 법규 확정 할 것.
 - 적용 시점: FMVSS 114 개정 확정 법규 발표 시점 1년 경과 후 맞이하는 첫번째 9월 1일부터
 - 대상: Keyless Ignition(버튼 시동) 장치 및 내연 기관 엔진 장착 차량
 - 요건: 차량에서 배출되는 일산화탄소 중독 방지 위해 필요하다고 NHTSA가 지정한 시간 경과된 시점 이후, 아이들(idle) 상태의 엔진이 자동 Shut-Off 되는 기술을 제공할 것.
- ※ NHTSA, 일산화탄소 배출 비율에 따라 차량 타입별로 Shut-Off까지의 경과 시간을 다르게 지정 가능

탄소 중독 사고 방지 법안(PARK IT Act: “Protecting Americans from the Risks of Keyless Ignition Technology Act”)을 발의하였다.⁽⁵⁾

동 법안은, 미국 교통부 장관으로 하여금 버튼 시동 기술 장착 차량으로부터 유발되는 「일산화탄소 중독(carbon monoxide poisoning)」의 위험으로부터 미국 소비자들을 보호하기 위한 차량 엔진 자동 Shut-off 시스템 의무 장착에 대한 상세 법규 제정을 요구하는 내용으로서, 세부 내용은 위의 Table 1과 같다. 동 자동 Shut-off 시스템 의무 제공 요구는, 동 법안이 2021년 10월 1일에 법규 확정 발표되었다고 가정할 시, 2023년 9월 1일부터 적용 예상된다.

2.2. 경쟁사 벤치마킹 및 당사 기능 구성

2.2.1. 당사 현황

PHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle) 차량의 경우, GM Bolt PHEV 사례를 벤치마킹하여 P단 장기 방치시 2.5시간 후 자동 시동 Off 기능 적용되어 있다. (HEV (Hybrid Electric Vehicle) 및 내연기관차량에는 동 기능이 적용되어 있지 않다.)

※ GM Bolt PHEV 사례: 시동 On 상태로 장기 방치시 엔진 시동 On/Off 반복되며 일산화탄소 농도 증가시키는 문제로 리콜 실시하여 소프트웨어 개선(P단 장기 방치시 2.5시간 후 자동 시동 Off 기능 적용)

2.2.2. 경쟁사 벤치마킹

기능 적용 비율 및 수준 등을 파악하기 위해, 현지를

제조사	Ford Lincoln	GM	Land Rover Jaguar	Audi
차량	Fusion ICE Fusion HEV Fusion PHEV Continental	Malibu CT6	Range Rover XF	A4
타입	시간 기반	시간 기반	이벤트 기반	이벤트 기반
스마트키 연계성	없음	있음	없음	있음
타이머 리셋 조건	• 브레이크 페달 작동 • 스티어링 휠 상 버튼 작동	• 변속 (P → not P)	—	• 시트벨트 채결 • 변속 (P → not P)
자동 Shut-off 로직	• P단 이후 30분 뒤	• 스마트키 실내 존재 시 : P단 이후 2시간 뒤 • 스마트키 실내 미존 재시 : P단 이후 1시간 뒤	• Auto Start/Sto p 작동중, P단에서 시트벨트 해제시	• Auto Start/Sto p 작동중, P단에서 시트벨트 해제시
경고 및 알림	• 클러스터 알림 및 경 고음 제공	—	• 시트벨트 Off 경고등 • ISG 상태 표시 • 엔진 상태 표시	• 시트벨트 Off 경고등 • ISG 상태 표시 • 엔진 상태 표시

Fig. 2 Benchmarks of competitors

통해 경쟁차 벤치마킹을 수행하였다. 현지 벤치마킹은 당사 미국기술연구소(HATCI)가 2018년 5월부터 동년 10월까지 수행하였다.

그 결과, 일부 경쟁사가 자동 Shut-off 기능을 제공하고 있었으며, 주요 내용은 위의 Fig. 2와 같다.

상기와 같이 경쟁사들 및 당사 PHEV에 적용된 기존 기능들은 P단 후 일정 시간(30~150분) 이후 일괄적으로 자동 Shut-off되도록 작동하는 바, 고객이 이에 대한 시간 설정 또는 기능 Off가 불가하다. 당사는 이에 대해 경쟁사 대비 차별화 요소를 적용하여, 하기 2.2.3과 같이 고객이 차량 설정(USM, User Setting Menu) 상으로, “30분 / 60분 / Disable”의 자동 Shut-off 시간을 선택할 수 있도록 로직 구성 추진하였다.

2.2.3. 당사 기능 구성 개요

당사 자동 Shut-off 기능은 하기와 같은 작동 메커니즘으로 적용 예정이다.

- 1) 차량 Idle 상태 및 승객 없음 추정 및 확인을 통해 타이머 동작 준비한다.

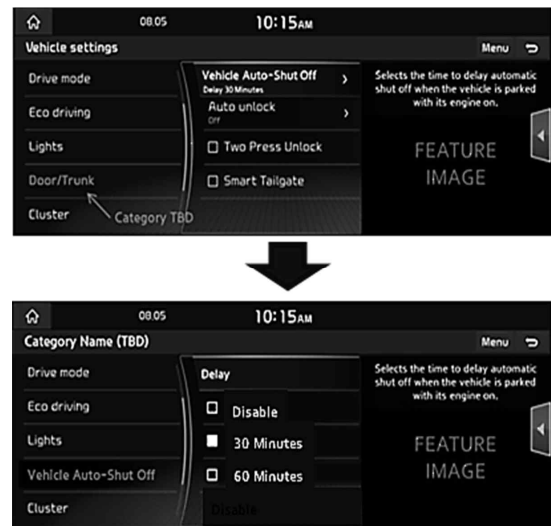


Fig. 3 Examples of user setting menu

- 2) USM(AVN(Audio/Video/Navigation, 당사 차량 내 인포테인먼트시스템) 또는 계기판 내 제공) 상으로 사전에 고객이 설정한 설정값을 위의 Fig. 3과 같이 확인한다.

– USM 설정은 30분/60분/Disable로 구성된다.

- 3) 1)의 조건 만족 및 2)의 설정값이 Disable이 아닌 경우, Shut-off 타이머가 가동된다.
아울러 이와 동시에, 계기판(또는 AVN) 상에 관련 알림을 제공한다.
- 4) 타이머 가동 중, 차량 공회전 상태에서부터 이탈 or 승객 감지 추정/확인시에는, 공회전 알림 시간 타이머 중지 또는 리셋 처리한다.
- 5) 타이머 가동 중, 4)의 Event 발생하지 않은 상태로, 타이머 경과시간이 타이머 세팅값을 초과시, 차량 Shut-off를 수행하며, 관련 텔레매틱스 알림을 제공한다. 단, 동 Shut-off 및 알림 발송 이전에 6)의 조건을 사전 확인한다.
- 6) 단, 5)의 조건을 만족하였으나, AVN을 포함한 차량 내 제어기가 업데이트시에는, 자동 Shut-off를 수행하지 않고, 해당 제어기 업데이트 완료시까지 대기 이후, 자동 Shut-off 수행 및 텔레매틱스 알림을 제공한다.

상기 설명한 동작 로직을 순서도로 정리하면 다음 Fig. 4와 같다. 추후 카메라/레이더를 통한 승객 유무의 직접적 모니터링 기술 적용시, 이를 활용하여 신뢰도를 높일 수 있다.

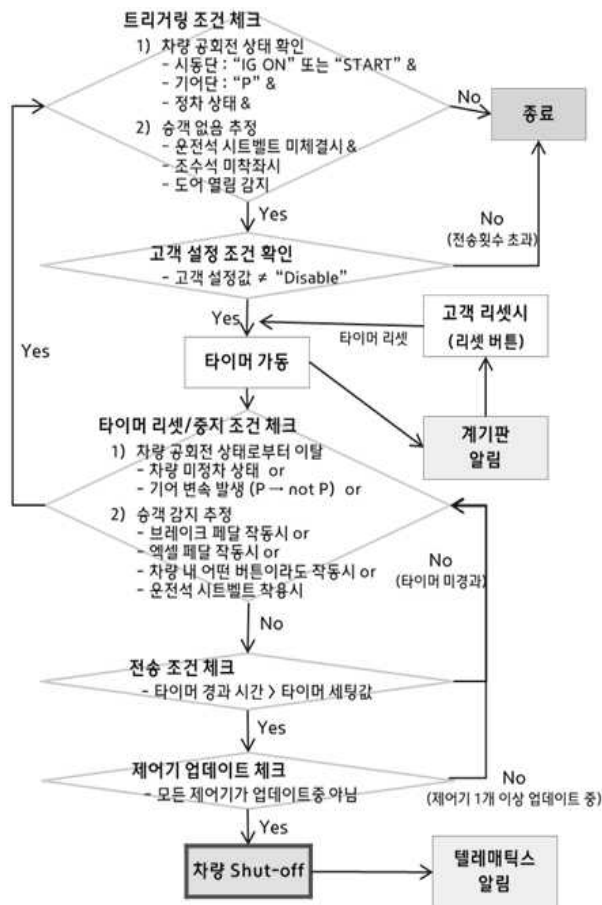


Fig. 4 Detailed Operation Logic (without camera/radar)

본 기능은, 2019년 11월 이후 북미 시장에 진출하는 자동변속기 장착되는 모든 구동계의 신차들에 대해 적용 예정이다.

2.3. 검증 시험

미국 NHTSA 역시 적정한 자동 Shut-off 시간에 대한 연구가 미비하여 동 법제화를 지연하여 왔으나, 급변의회 법안 확정시에는 이에 대한 시점을 확정하도록 요구되는 바, 이에 대한 연구는 정부 차원에서 큰 관심의 대상이 될 것이다. 이에 따라, 당사가 제공하는 시간대의 적정성에 대한 검증을 통해 당사 기능의 안전성에 대한 확인이 필요하다.

2.3.1. 시험 방안

당사가 설정한 자동 Shut-off 시간의 적정성을 검증

은, 하기 2가지 방법을 생각해볼 수 있다.

- 1) 차량 공회전 후 일정 시간 이후 차고/방 모사 공간에서의 CO 직접 측정 방법
- 2) 차량 공회전 이후의 초당 CO 배출량 측정 후 일정 시간 이후 차고/방 모사 공간에서의 CO 계산 방법

1)번 직접 측정 방식은, 차고/방 공간 모사의 현실적 어려움, CO 중독의 위험성 등이 존재하는 바, 본 검증은, 2)에 제시된 간접 계산방식을 통해 수행하기로 하였다.

시험 횟수의 효율화를 위해, 다음과 같은 최악의 조건을 고려한 시험 조건을 산정하여 수행하였다.

- 1) 검증 목표 시간: P단 진입 이후 60분 후 (고객 설정 가능한 최장 시간 산정)
- 2) 평가 온도: -7°C 및 25°C (차고가 저온 또는 상온일 때를 고려)
- 3) 평가 차량: 제네시스 대형세단 3.8
- 4) 평가 모드: 소킹(Overnight Soaking) → 공회전 방치(30분) 및 측정 → Warm-up Phase 1/2(FTP, Federal Test Procedure, 미국 배출가스 측정 모드 모드) → 공회전 방치(30분) 및 측정(※ 60분 Data는, 30분 평가 Data를 통해 추산)
- 5) 평가시 측정값
 - ① 초당 CO 배출량
 - ② 초당 배출가스 유량

2.3.2. 시험 결과

동 시험 결과 초당 CO 배출량 및 초당 배출가스 유량에 대해 다음과 같은 결과를 얻었다(동 시험은 2019년 3월에 수행하였다.).

- 1) 초당 CO 배출량 계산식 및 60분 뒤 누적 CO 배출량: 하기 Table 2 결과치
- 이는 하기 Fig. 5~8의 시동시 온도 및 워밍 유무 조건별 시간에 따른 CO 배출량을 토대로 유도 및 누적 계산되었다.
- 2) 초당 배출가스 유량: 0.002g/s
(-7°C Cold Start시에는 초기에 0.0084g/s 까지 증가했으나, 약 5분 이내 안정되었으며, 이는 동

Table 2 Derived formula to calculate accumulated CO

시험 온도	엔진 유행 유무	도출 방정식 y: 누적 CO(g) x: 소요시간(s)	누적 CO(g)	
			1800 s	3600 s
25°C	냉간 시동	$y = 0.0009x + 1.7107$	3.33	4.95
	유행 시동	$y = 0.0005x$	0.90	1.80
-7°C	냉간 시동	$y = 0.0013x + 6.6706$	9.01	11.35
	유행 시동	$y = 0.0022x$	3.96	7.92

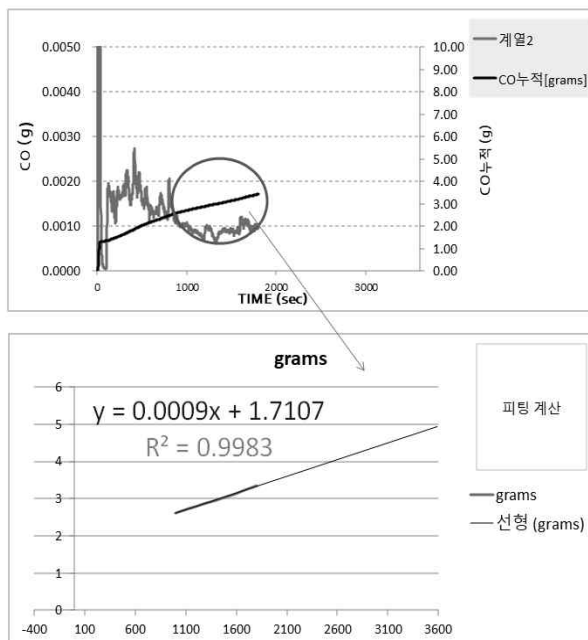


Fig. 5 Test graphs for derivation of accumulated CO (at 25°C with cold start (-7°C))

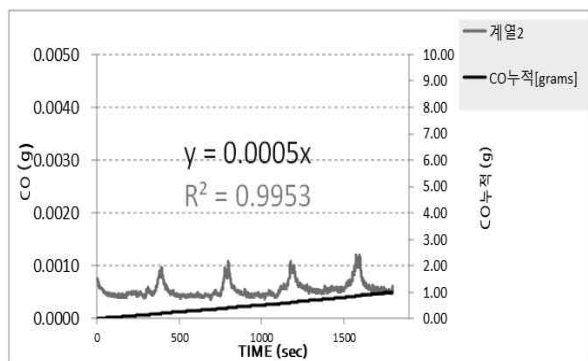


Fig. 6 Test graphs for derivation of accumulated CO (at 25°C with warmed-up start (25°C))

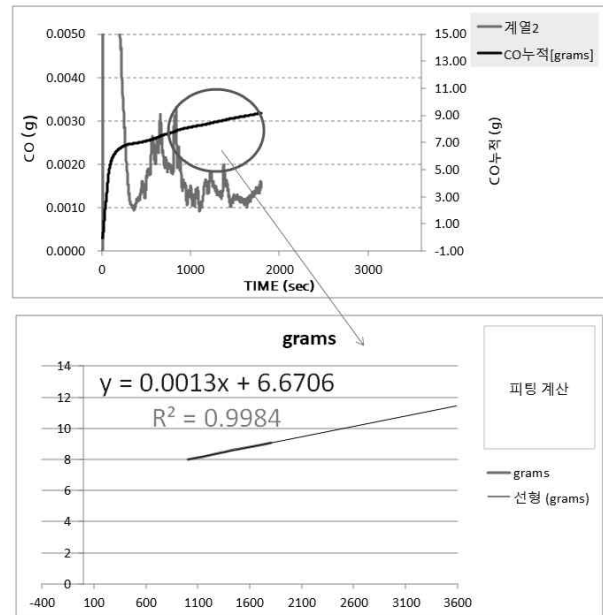


Fig. 7 Test graphs for derivation of accumulated CO (at -7°C with cold start (-7°C))

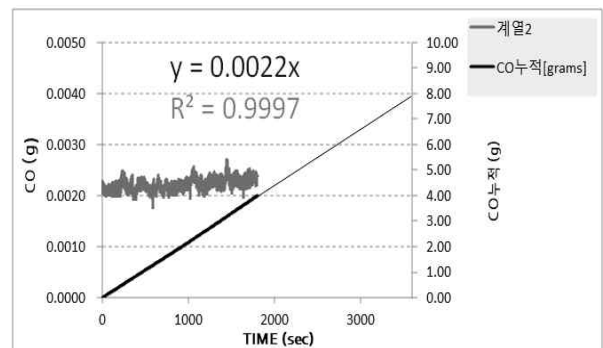


Fig. 8 Test graphs for derivation of accumulated CO (at -7°C with warmed-up start (25°C))

CO 배출량 계산에 미치는 영향이 미미한 바, 향후 계산에는, 0.002g/s 일괄 적용)

2.4. 적정성 검증 방안 모델링

상기 측정 결과를 토대로, 하기와 같은 계산 방법을 구상하였다. 60분간 차량에서 배출된 CO 및 배출가스가 차고(Garage) 및 인접한 방(Room)에 균일하게 산포된 상황을 모사하고, 이 때의 CO 농도를 산출할 수 있도록 모델링하였다.

각 단계별로 최종 결과를 얻기 위한 주요 가정들 및 이를 토대로 한 중간 계산식을 하기와 같이 도출하였다.

- 1) 60분 뒤 CO 누적량(g) 측정
 - 상기 2.3.2 항의 평가 결과에서 도출되었다.
- 2) 60분 뒤 배출가스 부피(V_e , m^3) 산출
 - 계산식: 분당 배출가스 유량(m^3/min)/60
 - 가정: 30분 이후 유량 일정($0.2m^3/min$)
(초당 배출가스 유량은 Cold Start시동초기는 일정하지 않지만 시간이 지남에 따라 안정화 수렴하는 바, 30분 이후부터는 동 분당 배출 가스 유량은 일정하다고 가정할 수 있다.)
- 3) 차고 및 방 크기(V , m^3) 산정
 - 미국 조사 결과(HATCI)를 활용하되, 하기 사항들을 고려하여 다양한 Case를 검토한다.
 - ① 1대~3대 격납 차고 및 방 1개~5개까지의 조합 고려
 - ② 차고와 방 온도 상이 상태 고려
(예 - 차고: Cold 상태, 방: 상온 상태)
 - ③ CO가 근접 Room에만 집중 산포 또는 모든 방에 분산 산포 등 고려
- 4) 60분 뒤 신선공기(Fresh Air) 부피(V_f , m^3) 산출
 - 계산식: $V(m^3) - V_e(m^3)$
 - 가정: 신선공기는 차량의 배출가스로 대체됨
※ 배출가스와 동등한 부피의 신선공기가 차량에 의해 소모되거나, 유출됨
- 5) 배출가스 총 질량(g) 산출
 - 계산식: $V_e(m^3) \times \text{배출가스 밀도}(g/m^3)$
 - 가정: 배출가스 밀도 \approx CO2 밀도
※ 배출가스의 99%가 CO2
- 6) 신선공기 밀도(g/m^3) 산출
 - 계산식: $1275.4 \text{ g/m}^3 \times 273 / 293$
 - 가정
 - ① 신선공기 밀도는 온도에 반비례
(이상기체 방정식상에서 압력 일정 가정)
 - ② 20°C 기준이며, 차고 저온상태일 경우, 해당 온도에 맞게 계산식 조정 필요
- 7) 60분 뒤 혼합 공기 질량(g) 산출
 - 계산식
: $[V_f(m^3)(4\text{항}) \times \text{Fresh Air 밀도}(g/m^3)(6\text{항})]$
+ 배출가스 총 질량(5항) (g)
- 8) CO 농도(PPM) 산출
 - 계산식
: CO 누적량(1항) (g) \times 1,000,000
/ 60분뒤 혼합 공기 질량(7항) (g)

- 가정: CO 및 배출가스는 지정된 차고 및 방에 일정하게 산포
(※ 실제로는 CO 밀도가 공기나 CO2 보다 낮은 바, 실내 방 내에서 천장 부위에서 더 밀도가 높을 것으로 사료되는 바, 동 가정이 더 최악 조건으로 사료)
- 9) 상해 위험도 판정
 - 판정 기준: 국제적 판정 기준에 따라 상해 위험도 판정 필요하며, 금번 연구는 아래 Table 3에 정리된 IOWA 기준⁽⁶⁾ 참고하여 판정 진행

Table 3 Injury Criteria by CO concentration (according to the study of IOWA university)

CO 농도 (ppm)	예상 상해 수준
9	실내에서 8시간 노출 허용치
50	작업장에서 8시간 노출 허용치 (OSHA, 미국 직업안전 건강 관리청 기준)
100	수시간 노출시, 약간의 두통, 무기력감, 어지러움, 구토 유발
200	작업장에서 수시간 노출시, 약간의 두통, 무기력감, 어지러움, 구토 유발하며, 지속 노출시 생명에 위험이 있을 수 있음(NIOSH, 美 국립 직업안전위생연구소 기준)
400	1~2시간 노출시 편두통, 3시간 노출시 생명에 위험
800	45분 노출시 두통, 어지러움, 경련 발생, 2시간 노출시 의식 불명, 2~3시간 노출시 사망
1600	20분 노출시 두통, 어지러움, 경련 발생, 1~2시간 노출시 사망
6400	1~2분 노출시 두통, 어지러움, 경련 발생, 10~15분 노출시 사망
12800	1~3분 내로 사망

2.5. 케이스별 적정성 검증

2.5.1. 대표 케이스 검증

차량의 운행 여부, 차고 및 방의 온도, 차고와 방의 개수에 따른 여러 가지 경우의 수 조합 중 대표적인 조건은, 하기와 같이 선정할 수 있다.

- 1) 충분히 주행한 이후 차고에 입고되어, 고객이 공회전 미인지하고 차량 공회전 방지
- 2) 차고 및 방 온도는 20°C
- 3) 미국의 일반 차고인 2대 격납 차고(당사 미국기술

연구소 조사 결과 근거) 및 1개의 대형 방에 배출 가스(CO 포함)가 골고루 산포되는 상황을 가정함

이는 하기의 4가지 시험 중, 시험 1의 25°C에서의 워업 시동 사례(Warmed-up Start Case)에 해당하며, 그 결과는 하기 Table 4와 같이, 60분 뒤의 CO 농도는 8ppm 수준으로, IOWA 대학의 연구 결과에 따른 기준상으로는 실내에서 8시간 동안 노출되어도 아무런 문제없는 수준으로 계산되었다.

계산은 2.3.2 항에서 소개한 하기 4가지 시험 케이스를 산정하여 실시하였다.

- 시험 1: 25°C에서의 워업 시동 시험
(온도/시동 조건 중 가장 대표적인 조건)
- 시험 2: 25°C에서의 냉간 시동 시험
- 시험 3: -7°C에서의 워업 시동 시험
- 시험 4: -7°C에서의 냉간 시동 시험
(온도/시동 조건 중 가장 최악 조건)

Table 4 Calculation result for the case with 2 cars garage and 1 large room (representative case)

단계	중간 계산 인자 (60분뒤기준)	시험1	시험2	시험3	시험4
1	60분 뒤 CO 누적량(g)	1.80	4.95	7.92	11.35
2	60분 뒤 배출가스 부피 (Ve, m ³)	11.93	13.88	12.03	15.75
3	차고 및 방 크기(V, m ³)	181.2	181.2	181.2	181.2
4	60분 뒤 신선공기 부피 (Vf, m ³)	169.3	167.3	169.2	165.5
5	배출가스 총 질량(kg)	21.82	25.40	22.02	28.82
6	신선공기 밀도 (g/m ³ , 20°C)	1188	1188	1188	1188
7	60분 뒤 혼합 공기 질량(kg)	223.0	224.3	223.1	225.5
8	CO 농도(PPM)	8.1	22.1	35.5	50.3

2.5.2. 최악 케이스(Worse Case) 검증

이와 더불어 상상할 수 있는, 가장 최악의 조건은 하기로 판단하였고, 이에 대한 결과를 계산해 보았다.

- 1) 차고 온도가 -7°C 상태에서 시동을 걸었다가, 주행하지 않고 그대로 방으로 다시 들어가 버림.
- 2) 차고 온도는 -7°C, 실내 방 온도는 20°C
- 3) 집안 구조상, 차고 내의 배출가스(CO 포함)가 전량 인접한 소형 방(Small Room)으로 유포됨.

이는 상기 2.5.1항에 상세히 설명한 4가지 시험 중, 시험 4의 -7°C에서의 냉간 시동 사례(Cold Start Case)에 해당하며, 그 결과는 하기 Table 5와 같이, 60분 뒤의 CO 농도는 194ppm 정도로 예상되어, IOWA 대학의 연구 결과에 따른 기준상으로는, 수 시간 노출되었을 때, 약간의 두통, 피로감, 어지러움, 구토 등의 증상을 유발할 수

Table 5 Calculation result for the case with 1 car garage and 1 small room (20°C) assuming all amounts of emissions are defused from garage to the room (worst case)

단계	중간 계산 인자 (60분뒤기준)	시험1	시험2	시험3	시험4
1	60분 뒤 CO 누적량(g)	1.80	4.95	7.92	11.35
1A	60분 뒤 CO 누적량 - 차고(g)	0.00	0.00	0.00	0.00
1B	60분 뒤 CO 누적량 - 방(g)	1.80	4.95	7.92	11.35
2	60분 뒤 배출가스 부피 (Ve, m ³)	11.93	13.88	12.03	15.75
2A	60분 뒤 배출가스 부피 - 차고(Ve, m ³)	7.16	8.33	7.22	9.45
2B	60분 뒤 배출가스 부피 - 방(Ve, m ³)	4.33	5.04	4.37	5.72
3	차고 및 방 크기(V, m ³)	113.3	113.3	113.3	113.3
3A	차고 크기(V, m ³)	68.0	68.0	68.0	68.0
3B	방 크기(V, m ³)	45.3	45.3	45.3	45.3
4	60분 뒤 신선공기 부피 (Vf, m ³)	101.3	99.4	101.2	97.5
4A	60분 뒤 신선공기 부피 - 차고(Vf, m ³)	60.81	59.63	60.74	58.51
4B	60분 뒤 신선공기 부피 - 방(Vf, m ³)	40.98	40.27	40.94	39.59
5	배출가스 총 질량(kg)	21.82	25.40	22.02	28.82
5A	배출가스 총 질량 - 차고(kg)	13.09	15.24	13.21	17.29
5B	배출가스 총 질량 - 방 (kg)	8.73	10.16	8.81	11.53
6	신선공기 밀도(g/m ³ , 20°C)	1188	1188	1188	1188
6A	신선공기 밀도(g/m ³ , -7°C)	1304	1304	1304	1304
7	60분 뒤 혼합 공기 질량 (kg)	142.3	143.5	142.3	144.7
7A	60분 뒤 혼합 공기 질량 - 차고(kg)	92.39	93.00	92.42	93.59
7B	60분 뒤 혼합 공기 질량 - 방(kg)	57.42	58.01	57.45	58.57
8	CO 농도(PPM)	12.7	34.5	55.7	78.4
8A	CO 농도 - 차고(PPM)	0.00	0.00	0.00	0.00
8B	CO 농도 - 방(PPM)	31.4	85.3	137.9	193.8

있는 수준으로 예측된다. 다만, 동 자동 Shut-off 기능 적용시에는 60분 뒤에는 시동이 Off되어 이후부터는 CO 농도가 낮아질 것이라는 점, 그리고 동 시나리오의 사실상 현실 재현 가능성이 지극히 낮다는 점을 고려하면, 실제적인 상해 위험도는 높지 않을 것으로 판단한다.

2.5.3. 기타 케이스 검증

상기 두 가지 이외에도 차고 온도 조건, 방 개수, CO 산포 수준, 시동 조건 및 주행 여부 등을 고려하여, 다양한 케이스의 결과치를 산출해낼 수 있다. 지면 관계로 더 이상의 케이스에 대한 상세 설명은 생략하고, 몇 가지 계산 결과치만 소개하도록 한다. 단, 하기 소개하는 3가지의 결과는, CO가 차고 및 소형 방에 골고루 산포되는 조건을 가정하였다.

- 1) 1대 격납 차고 + 1개 소형 방
 - 시험 1: 12.7ppm
 - 시험 4: 78.4ppm
- 2) 3대 격납 차고 + 5개 방
 - 시험 1: 2.9ppm
 - 시험 4: 18.4ppm
- 3) 1대 격납 차고(-7°C) + 1개 소형 방
 - 시험 1: 12.5ppm
 - 시험 4: 77.5ppm

3. 결 론

상기 대표 케이스와 최악 케이스 계산 결과 및 최악 케이스의 현실 발생 가능성 등을 고려시, 당사 기능의 자동 Shut-off 기능 최장 허용 시간을 60분으로 제시한 것은 타당한 것으로 사료된다. 다만, 산정한 케이스의 대표성, IOWA 대학 기준의 적합성, 각종 가정에 대한 심도있는 검토 등은 추가로 수행되어야 할 것이다. 케이스 사례만 고려 한다면 60분 보다 오래 시동을 켜놓는다 하더라도 안전상으로는 큰 이슈가 없을 것으로 보이지만, 경쟁사 벤치마킹 사례 및 동 기능 제공의 의도를 벗어나는, 승객이 차량 내 존재 등의 상황 등을 고려하여, 당사는 보수적인 관점에서 기본적으로는 30분 후 자동 Shut-off되도록 하고, 원하는 고객에 한하여 고객 설정(USM)을 통해 60분 후 Shut-off될 수 있도록 선택할 수 있게 기능을 구

현하였다.

본 방법론에 의한 검증을 통해, 다음과 같은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

- 1) 의도치 않은 차량 공회전에 따른 일산화탄소 중독 사고를 미연에 방지할 수 있어, 추가 안전 사고의 우려가 줄어들 것으로 사료된다.
- 2) 최적의 자동 Shut-off 시간대를 산정하여 불필요한 배출가스 배출을 최대한 줄일 수 있다.
- 3) 법안 요구 시점 이전에 선제적으로 법규를 대응하며, NHTSA의 관련 법제화 연구에 동참하여, ① 법규 요구 사항 제정 선도 및 ② 관청 및 고객으로부터의 당사 안전 최우선 이미지 확보 등이 가능할 것이다.

* 법규 요구 시점은 2023년 9월이 예상된다.

현재까지 당사가 미국 법규 제정시 구체적인 연구 데이터를 토대로 핵심적인 규제 사항에 의견을 제시하여 반영된 사례는 많지 않다. 금번 연구 주제는, 미국 의회 법안 요구에 따라 NHTSA에서 상세 법규 제정을 위해 관심을 가져야 하는 영역이다. 따라서, 동 선제적인 연구 결과를 바탕으로, 향후 미국 법규 제정시 NHTSA 또는 관련 산학기관과의 협업 연구 및 이를 토대한 당사의 적극적인 제정 의견 제시가 이루어질 수 있다면, 자동 Shut-off 법규 핵심 요구 조건에 반영될 가능성이 높을 것인 바, 본 연구의 의의는 매우 크다고 할 수 있다. 더 나아가, 이를 토대로 최적의 Shut-off 시간을 산출하여 적용하거나 또는 배출가스의 농도 모니터링 등을 통한 발전적인 방법들 동 기능에 연동한다면 더 나은 고객 안전 확보 및 불필요한 연료 소모 저감이 가능할 것이다.

참고문헌

- (1) David Jeans and Majlie De Puy Kamp, 2018, "Deadly Convenience: Keyless Cars and Their Carbon Monoxide Toll", Articals from New York Times, pp. 15.
- (2) Paul A. Eisenstein, 2015, "Ten Automakers Sued Over Deadly Keyless Ignition Risks, Suit claims 13 deaths caused by carbon monoxide poisoning", pp. 1~3.
- (3) Charles Elmore, 2016, "Keyless ignition deaths: Mounting cases reinforce U.S.-leading threat",

- Articles from The Palm Beach Post, pp. 9~14.
- (4) NHTSA, 2011, "Federal Motor Vehicle Safety Standards; Theft Protection and Rollaway Prevention (Docket No. NHTSA-2011-0174)", pp. 9~13, 17~18.
- (5) The United States Congress (proposed by Richard Blumenthal), 2019, "S. 543: PARK IT Act", pp. 1~2.
- (6) Thomas H. Greiner, 1997, "ISU Extension Pub # AEN-172", pp. 1.