

CBRNE 재난 시 격리이송을 위한 장치 개발에 관한 탐색적 연구

An exploratory study on the development of a device for isolation unit in CBRNE disaster

Seung Hee Ham^{a,1}, Namkwun Park^{b,*}, Myong O Yoon^{a,2}

^a Urban Safety&Security Research Institute, University of Seoul 163 Seoulsiripdaero, Dongdaemun-gu, Seoul 130-743, Republic of Korea

^b Public Safety & Construction Committee, Seoul Metropolitan Council, 15 Deoksugung-gil, Jung-gu, Seoul 100-739, Republic of Korea

ABSTRACT

In this study, it is aimed to prevent the spread of pollutants in the event of a major disaster caused by CBRNE accidents and attacks and build up system to provide optimal transport environment for each patient condition By identifying characteristics of existing products and make them immediately applicable in the field. The purpose of this study is suggesting essential consideration in both functional and performance in the development of the isolation unit. As a result of the study, it suggests (1) basic function, (2) efficient field utilization, (3) isolation unit interface and combination of modules in development of isolation unit.

KEYWORDS

CBRNE Accidents, Pre-Hospital, Emergency Care, Isolation Stretcher, Isolation Capsule, Patients Isolation during Pre-Hospital Emergency Care

본 연구에서는 CBRNE 사고 및 공격에 의한 대규모 재난 발생 시 오염원 확산을 최대한으로 방지하면서 환자상태별 최적의 이송환경을 제공하기 위한 격리캡슐을 개발하는데 있어 필요한 성능적·기능적 요구사항을 고찰하고자 하였다. 이를 위하여 기존에 개발된 제품들의 특성을 파악함으로써 현장에서 즉각 활용을 어렵게 하는 곤란요소를 보완·수정할 수 있는 방안을 제시하였다. 연구결과, 현장에서 즉각 활용을 용이하게 하기 위한 격리이송장치를 개발하기 위해서 (1)기본기능, (2)효율적인 현장활용성, (3)격리이송장치 인터페이스 및 모듈 간 결합방안의 각 고려요소에 대하여 제시하였다.

CBRNE사고, 구급이송, 격리이송장치, 격리캡슐, 이송 중 환자격리

© 2018 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-2-3705-1125. Fax. 82-02-3705-1468.

Email. park9616@naver.com

1 Tel. 82-2-2245-3119. Email. dandyhaam@gmail.com

2 Tel. 82-2-2245-3119. Email. yoonsoo@empal.com

ARTICLE HISTORY

Received Feb. 6, 2018

Revised Feb. 7, 2018

Accepted Mar. 12, 2018

1. 서론

최근 전 세계적으로 사회적 갈등으로 인한 테러의 발생 및 산업·에너지 플랜트 시설의 노후화로 인한 대규모 화학·방사능 사고의 발생 위험성이 증가하고 있는 실정이다. 특히 우리나라의 경우 분단국가로서 세계 3위의 화생방전 수행능력을 가지고 있는 북한과 대치 실정으로 화생방전에 대한 두려움은 여전히 상존하고 있다.(NK Park, 2014)

CBRNE⁴⁾ 재난의 경우에 노출정도에 따라 광역적이고 복합적인 피해를 발생시킬 가능성이 높은 것이 특징이며, 피해 상황을 보면 동시다발적으로 다수의 사상자가 발생할 가능성이 높다.(Raphael, 2010) 이러한 재난특성으로 인하여 사고 발생 시 다수의 피해자를 전문 의료기관으로 긴급 이송해야 하는 상황이 요구된다. 그러나 제한된 수량의 구급차량으로 인해 한 대의 차량이 다수의 환자를 반복적으로 이송해야 하는 문제가 발생한다.

환자이송업무의 효율성을 향상시키기 위해서는 CBRNE 발생 현장에서 사용되는 구급이송 중 오염가능성을 차단할 수 있어야 한다. 그리고 통상적인 오염원에 대한 소독으로 고농도 화학물질, 미상의 병원체(생물제), 방사능과 같은 오염원에 대한 소독은 어려운 상황이다.

이상과 같은 문제를 해결하기 위해 환자를 격리시킬 수 있는 캡슐이 있으나 국내의 경우는 일부 특수구조대에서만 보유하고 있으며, 2016년 메르스 사태처럼 광역적인 전염병 발생 시 구급차량 환자실 내부를 비닐시트로 오염방지 처리를 하여 구급업무를 수행하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 CBRNE에 의한 대규모 재난상황 발생 시 다수의 환자들에 대해 이송과정에서 내외부로의 오염원 확산을 방지하는 한편, 효율적인 구급체계 구축을 위한 방안으로 현장에서 즉시적으로 활용할 수 있는 격리캡슐 개발방안의 제시를 목적으로 하고 있다.

2. 연구개발 및 활용 동향

2.1 격리모듈 장비

현재 일부 국가에서는 CBRNE 재난현장에서 환자이송의 중요성을 인식하고 환자이송용으로 격리캡슐을 개발해 활용중에 있으며, Table 1은 개발이 완료되어 활용되고 있는 주요 제품의 특성을 나타내고 있다.

환자 격리캡슐의 주요 기술적 특징을 살펴보면, 화학 및 생물제(일부 제품의 경우 방사능 포함)에 노출된 환자를 격리하기 위한 모듈(Isolation Module)과 공기정화송풍기(Filtration Blower System)의 구성으로 이루어져 있다. 격리모듈의 소재는 방수 PVC 재질이 주로 활용되고 있으며, 이송 중 환자에 대한 응급처치의 발생에 대비해 글로브포트와 정맥로 및 산소공급을 위한 연결선, 심전도 등의 환자감시 장비를 연결하기 위한 전선포트 등으로 구성되어 있다.

다음으로 공기정화송풍기는 HEPA필터 방식을 채용하고 있으며, 주로 격리모듈 내부를 음압으로 유지함으로써 2중 방호 개념을 적용하고 있다. 일부 장비는 양압 혹은 음압의 환경도 제공할 수 있으나 실제 현장에서 활용 시에 양압 혹은 음압 중 1가지 옵션만을 선택하여 작동할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 충전식 전지를 내장하고 있어 8시간 ~ 10시간 정도 연속구동이 가능하고 완전 충전에 소요되는 시간은 4 ~ 6시간이 소요되며, 전체 장비의 무게는 10kg 내외이다.

2.2 관련 특허

(1) 화학, 방사능, 생물제 오염백

미국에서 2008년 ‘Chemical, biological, and radiological containment bag’ 이라는 명칭으로 특허가 출원되었으며, bag의 주요 부분은 아래 Fig.1과 같다. 주요 특징은 안감이 분리 가능한 형태로 안감에 내화학성을 보유한 섬유를 사용하였으며, 기밀이 가능한 지퍼 형태의 출입문이 뚜껑과 4개 벽면의 연결 부위 중 3개의 면에 부착해 기밀성능을 높였다.

또한 환자를 이송하는 과정에서 구급대원과의 불가피한 신체 및 체액 등에 의한 접촉은 상부(머리 방향)에서 더 많이 발생

4) Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and High-yield Explosive

하기 때문에 CBRN 필터는 하지부(다리 방향)쪽에 설치하는 것으로 설계되었으며, 화학물질로부터 보호가 가능한 섬유는 Carbon Sphere Technology나 활성화 목탄을 이용해 화학물질을 흡수할 수 있는 형태를 취하고 있다. 외부는 유연한 물질로 사용재료는 30 mil (0.762 mm)의 폴리우레탄이나 폴리비닐클로라이드로 덮여 있는 Nylon webbing 소재가 언급되고 상용화된 제품으로는 Clearwater사의 Phoenix Films의 사용을 권장하고 있다.

Table 1. Features of Commercial Products

제품명	제품사양
<p>IsoArc N36-2 Isolation Chamber, DAIHO SANGYO(Japan)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ·재질 : 특수 Nylon foil ·크기: 52 W X 200 L X 52 H cm ·Weight: 전체 27kg - 10.4 Kg (chamber), 4kg(필터), 9.6kg(blower), ·Zipper: 전체 기밀 ·Gloves Ports: 총 8개 비치 (각 면당 4개씩) ·Medical Ports: 6개의 지퍼 잠금장치가 통합된 Ports ·Air inlet: 상단부 2개 ·Canopy Support: 4개의 내부 Aluminum 지지대 ·Blower: 21 CFM 공기정화기 ·Power: 배터리 또는 외부전원 (230 VAC, 50 Watts)
<p>ENP ISO, Enpac</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ·Air lick room: 56 x 56 x 76 ·Weight(들것제외): ·Ports: 4인치 너비 재사용 가능한 총 8개의 붉은색 포트 ·Support Structure: 7개의 아치모양의 지지대 ·Blower: ENP blower (C2A1 필터 6개 포함) ·Power: ALKaline D cell (6 D batteries) 10시간
<p>ISO-PODTM, GRS</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ·재질 :510g 방수기능의 흰색 PVC ·크기: 1 ft x 2 ft x 3ft (접었을 때) ·Weight: 17 lbs ·Zipper: 전장에 걸친 지퍼로 음압환경에서 오염물 배출 방지 ·Gloves Ports: 100mm 규격의 넓은 glove ·Medical Ports: 모델별로 개수와 종류가 다름 (IV, Oxygen line) ·Carrying Handles: 50mm 너비 Nylon 벨트와 4개의 이송손잡이(각 면) ·Litter 부착부: 체결 Strap ·Patient: Restraint Strap System ·Support Structure: 가볍고 쉽게 탈부착이 가능한 가변형 5개의 지지대 ·Blower: 10.2 m3p/h 공기정화기 ·Power: Lithium 배터리 및 충전기(충전시간 4-6시간)
<p>CBRN Isolation Pod, IC2, Finland</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ·재질 : Laminated PVC canvas ·Envelope: 80 W X 215 L cm ·Weight(정화기포함): 15 Kg ·gas 차단 Zipper ·Blower Unit: HEPA ABEK2 필터(5) ·화학물질 차단 긴목 장갑 ·Litter 부착부: NATO stretchers 및 표준 back board 에 대응

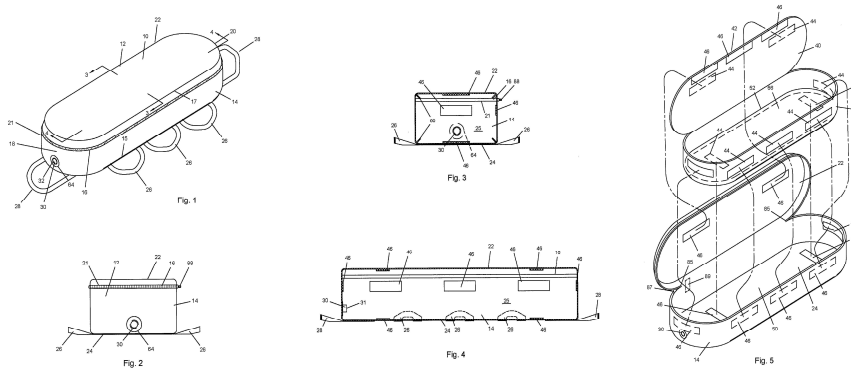


Fig. 1. Patent US 20090080811 A1 Concept Figure

Fig. 2는 구급대원의 이송용에 활용되는 격리모듈이 아닌 병원 내 고정식 베드에 설치하는 격리모듈 관련 기술의 특허이다. 본 제품은 침대 주변을 감싸는 형태의 틀에 연결되는 캐노피로 외부와 격리를 한다. 그리고 필터를 통해 내부와 외부의 공기 교환을 억제하는 동시에 펌프를 통해 외부의 기압을 내부보다 높게 유지하여 격리 상태가 유지되게 하는 방식을 적용하였다.

또한 실내 공간에서도 자유롭게 이동이 가능하도록 하부에 이동용 바퀴를 부착하였으며, 공기의 출입 시에 소독을 위해 적용 가능한 UV source가 포함되어 있는 것이 특징이다. 캐노피는 지퍼와 벨크로를 통해 틀에 고정되며, 지퍼를 통해 외부와 출입이 가능하도록 하였다.

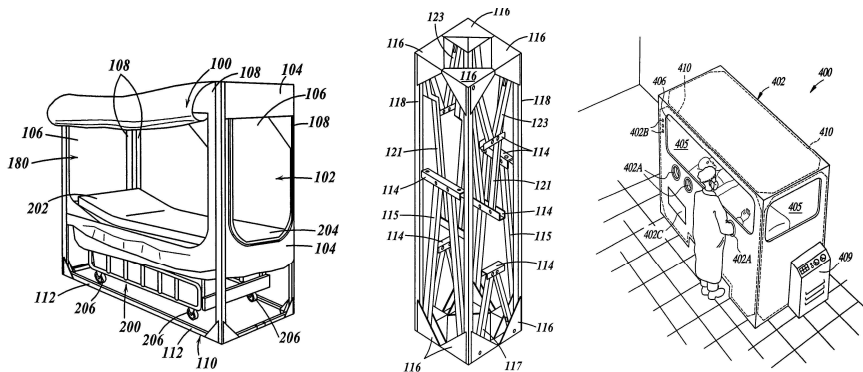


Fig. 2. Patent US7479103 B2 Concept Figure

다음의 Fig. 3은 보관이 용이하게 접을 수 있으며, 이를 통해 다수의 격리 장치를 일정한 장소에 보관할 수 있다. 또한 들 것 위에도 장착이 가능하나 밀면을 끌 수 있게 설계하여 특수 상황에서도 이용이 가능하도록 설계되었다.

기본적으로 침낭과 비슷한 구조로 되어있어 숙련되지 않은 사람도 별다른 어려움 없이 이용이 가능토록 되어 있으며 소방, 군 등에서 대량으로 사용이 가능하도록 단가가 높지 않다는 장점을 가지고 있다. 그리고 다수의 장갑 포트를 비롯하여 심전도 장치나 수액, 청진기 등을 이용할 수 있는 접근 포트가 별도로 장착되어 있다.

또 다른 특징으로는 환자가 협조가 안 되는 상황을 고려하여 억제대를 안쪽에 설치하고, 덮개를 투명한 형태로 구성하여 환자도 외부를 관찰할 수 있어 불안감을 낮출 수 있다.

공기는 외부에서 들어올 때와 외부로 방출될 때 모두 필터를 거치고 일방향의 밸브가 공기 유입 및 유출구에 장착되어 있고, 주변이 오염된 경우에는 공기 정화기를 공기 유입구에 부착하여 이용이 가능하다. 환자가 오염된 경우에는 공기 유출구에 공기 정화기를 부착할 수 있도록 하고 양쪽에 공기 정화기를 설치하여 이용할 수도 있으며, 심각한 화상 등에서 고압 산소 치료도 가능하게 설계되었다.

외부 장치를 내부로의 연결이 가능케 하는 접근 포트는 기밀이 가능하면서도 찢거나 뚫을 수 있는 재료를 격리 장치 안쪽으로 들어갈 수 있게 설치한 후, 필요한 부위를 뚫어서 장치를 연결한 후 O자형 링이나 클립으로 포트를 막는 형태로 되어있다.

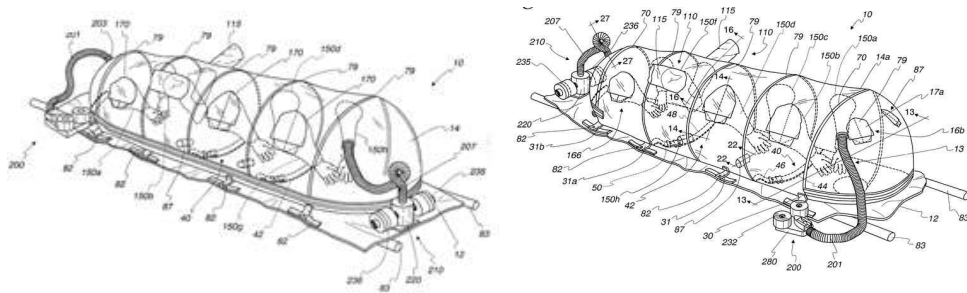


Fig. 3. Patent US6461290 B1 Concept Figure

2.3 기존 제품 및 특허의 시사점

이상과 같이 일부 제품은 개발이 완료되어 다양한 특성을 보유한 채 사용되고 있으나, CBRNE 재난 상황을 고려할 때 추가적으로 다음과 같은 기능이 포함되어져야 할 것이다.

먼저, 다수의 제품들이 환자상태에 맞추어 체위변화가 가능하지 않은 상황이다. 예를 들어 환자가 구토를 할 경우에는 상체를 일으켜 주어 호흡을 원활하게 할 수 있는 환경을 만들어주어야 함에도 불구하고 환자는 누워 있어야 하는 구조로 설계되어 있다.

또한 기존의 CBRNE캡슐 제품들은 오염방지 기능만을 중점적으로 개발되어 양압 혹은 음압의 기능이 필요한 경우에 들 중에 하나의 기능만을 선택하여 사용할 수 있도록 되어 있다. 즉 오염된 공기가 외부로 유출되는 것을 방지하면서 환자에게 최적의 호흡환경을 제공하여야 함에도 불구하고 이러한 기능이 적절히 반영되지 못한 실정이다.

따라서 추가적으로 개발되는 제품은 다양한 재난현장에서 효율적인 사용을 위해 Table 2와 같은 기능들이 우선적으로 고려되어 져야 할 것이다.

기본적으로 의료기능성, 생존환경성, 운반·이동성, 정보연속성을 갖추고 있어야 할 것이며, 현장에서의 효율적인 활용을 위해 내구성, 편의성, 확장성, 경제성을 갖추어야 할 것이다. 또한 격리이송장치 인터페이스 및 모듈 간 결합을 위해 격리부와 기능부, 격리부와 이송부, 이송부와 기능부, 격리이송장치와 구급차 간에 원활한 결합요소가 고려되어야 할 것이다.

Table 2. Function Considerations for Advanced Isolation Unit

항목	고려사항		비고
기본기능	의료기능성 (처치의 연속성 보장)	자동식흡부압박기 수용, 생명유지시스템 수용 외부로부터 처치 가능, 체위전환, 진료가능	Glove·Pass through·Access·Waste Ports
	생존환경성 (요구수준의 우선도)	침투방호(양압, 차폐), 확산감염방지(음압, 차폐), 온·습도, 산소농도 유지, 충격으로부터의 보호	
	운반, 이동성 (이동용이성, 기계적 안정성)	차량(중환자용 차량), 항공(회전익, 고정익), 자주식이동수단에 결합가능, 인력운반(3인 이내)	
	정보연속성 (모니터링, 통신성)	위치, 상태정보 생산 및 통신(LTE, WEB기반), 원격조작(무선망), 내외부 음성(블루투스, 유선), 차량 운반체와의 통신시스템 연속성	Paramedic·Patient Communication
현장활용성	내구성	견고성(물리적 내충격성), 반복작동성 내환경성, 내화학성, 내약품성 등	
	편의성	중량 →180kg(체중 100kg기준)이내, 무게중심 전면, 측면에서 수납 및 제어가능	
	확장성	외부포트, 통신unit고려, 음성체제호환성, 외부감지기능 드론 등 외부장치 활동(확장식), 외부전원 in/out(조명, 온열시트 등)	
	경제성	컴포넌트별 교체, 성능보장 10년	

격리이송장치 인터페이스 및 모듈 간 결합 고려사항	격리부와 기능부	기능부에 탑재된 응급처치장비, 환자상태 모니터링, 환자분비물 등 수거위한 케이블, 전선, 튜브 등의 커넥션 메카니즘과 케이블 덕트 기밀성 유지	ISO 14781-1 IEC60601-2-52
	격리부와 이송부	현장노면상태에 따른 진동, 충격 등에 의한 밀폐성능 저하, 압력조절장치 및 호흡보호장치, 기밀성 유지부위별 내구성, 내충격성	
	이송부와 기능부	응급처치장비, 환자상태 모니터링 장비 등의 이송장치 구동에 따른 진동, 충격에 대한 내구성, 내충격성	
	격리이송장치와 구급차	현재 구급대 활용 구급차내 최대 수납가능 공간 및 고정구조 구급대원 보호복 착용상태 활동 및 구급차내 활동범위 고려한 최적위치 등	

또한 상기의 기능적 고려요소를 반영하여 현재 활용가능한 각 요소별 표준규격을 검토한 결과 아래 Table 3.과 같은 성능적 요구사항을 도출하였다. 본 연구의 검토대상인 격리이송장치는 구급침상에 설치하여 활용하는 일종의 부속장치로서 당해 장치에 대한 성능적 표준을 보유하고 있지 못하다. 따라서 유사분야의 관련규격이 있는 경우 당해 내용을 준용하고 그렇지 못한 경우에는 구급대원의 현장활용 시 필요기능을 확보할 수 있는 최소요구 성능을 반영하였다.

Table 3. Isolation Unit Performance Requirements

격리이송장치 성능요소	성능요구사항	참조규격
Hepa Filter Global Value	포집효율 99.99995%, 투과율 0.0000%	EN1822
안전벨트 및 환자고정장치	3개소 이상	DN1789
광선투과율	75% 이상	상부
내부압력 지지	음압 -30Pa 이상 양압 +30pa 이상	CDC
격리부 상부 공간 확보/리프팅 구조	높이 600mm 확보	N/A
총 사용 중량(격리캡슐)	10kg 이내 (소프트형)	N/A
구급차량 주행속도에 따른 안정성 이송부 연결부 서스펜션 설치	50~80km/h(아스팔트) 10~30km/h(비포장)	KSP ISO 7176-2
규격 (길이 * 두께 * 너비)	가속도 ≤ 0.315 이내	
규격 (길이 * 두께 * 너비)	2100 * 150 * 600 mm	N/A
머리/하지부 각도 조절(체위변경)	0° ~ 45° 단계별	N/A

3. 결론

CBRNE 사고 및 공격에 의한 대규모 재난 발생 시 오염원 확산을 최대한으로 방지하기 위해 다수의 환자들에 대한 이송장치를 개발하고 효율적인 구급체계를 구축하고자 기존에 개발된 제품들의 특성을 파악하고, 이를 통해 현장에서 즉각 활용이 가능한 격리캡슐의 개발방안을 제시하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다.

개발이 완료된 제품을 살펴본 결과, 각각 다양한 기능의 특성을 보유하고는 있으나 공통적으로 다양한 재난환경 및 환자상태의 변화에 대해 충분히 고려되지 못하고 있는 실정이며, 오염방지 기능만을 중점적으로 개발되어 오염된 공기의 외부 유출을 방지하면서 환자가 편안히 호흡 할 수 있는 상황이 고려되지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 이상과 같은 개선사항을 고려하여 격리이송장치를 개발 시 고려사항에 대하여 제안하고 있으며, 구체적으로 (1)기본기능으로 의료기능성, 생존환경성, 운반·이동성, 정보연속성, (2)효율적인 현장활용을 위해 내구성, 편의성, 확장성, 경제성, (3)격리이송장치 인터페이스 및 모듈 간 결합을 위해 격리부와 기능부, 격리부와 이송부, 이송부와 기능부, 격리이송장치와 구급차 간의 결합요소를 제안하고 있다.

다만 미국질병관리본부의 경우 음압격리를 시행해야 하는 실내공간에 대해 음압 30Pa로 유지할 것을 권고하고 있으나, 본 연구는 환자 이송용 침대 및 들것에 제공되는 격리환경을 구축함에 있어서 적합한 양압과 음압에 대한 구체적인 기준에 대하여 제시하고 있지 못하고 있다. 따라서 향후 격리이송 장비에 대한 양압·음압 기준설정을 위한 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 「소방안전 및 119 구조·구급기술연구개발사업("NEMA-차세대-2014-54")」의 연구비 지원으로 수행된 연구 결과이며 이에 감사드립니다.

References

- [1] Park NK(2014), "A Study on the Planning of Civil Defense Shelter and Design3, -On the ideas of the State of Civil Defense Shelter & Design Criteria", Journal of Korea Society of Disaster Information Vol.11 No.1, pp. 97-106
- [2] DHS Authorized Equipment List(2012) Mar 8; <https://www.llis.dhs.gov/knowledgebase/ael>
- [3] CSES(2011), "CBRN Case Study-Ex-post Evaluation of PASR Activities in the field of Security and Interim Evaluation of FP7 Security Research ", pp.1-22
- [4] Raphael(2010), "Determinants of Paramedic Response Readiness for CBRNE Threats", Journal of Biosecurity and Bioterrorism : Biodefense Strategy, Vol.8 No.2, pp.193-202
- [5] Lee J-C(2006), Development of a Mobile HEPA Filter Unit and Assessment of Its Function for Patients Receiving Hemopoietic Stem Cell Transplantation. Indoor Environment and Technology. 12;2(2), pp.1 - 19
- [6] Garry Stevens, Alison Jones, George Smith, Jenny Nelson, Kingsley Agho, Melanie Taylor, and Beverley <https://www.google.co.kr/patents/US20090080811>
- [7] <https://www.google.co.kr/patents/US7479103>
- [8] <http://www.google.com/patents/US6461290>