

로봇 시스템 안전규격 및 요구사항

Part I - 서비스 로봇

곽 관 웅

세종대학교 기계공학과 교수

ISO TC 299 WG 2 Secretary / Project leader / 한국대표단 수석대표

Background – 로봇사용 환경 변화

- 새로운 로봇 사용 환경 등장
- ✓ 축적된 로봇 기술과 인공지능 기술의 접목
- ✓ 다양한 수준의 인공지능이 적용된 서비스 로봇 시장 확대
- ✓ 인간과 작업공간 공유 가능한 협동로봇(collaborative robot) 등장

- ➔ 인간과 분리되어 작업하던 전통적 개념의 산업용 로봇과 달리 인간과 직접적이고 물리적 상호작용이 가능한 로봇 등장
- ➔ 급격한 로봇 환경 변화

- 다양하고 새로운 특성을 가진 로봇 환경에서 인간의 **안전**에 대한 담보 필요
- 지능에 기반한 로봇의 **성능**에 대한 객관적 평가 수요 대두

- ➔ 안전 & 성능 → 표준의 영역
- ➔ 관련 국제표준기구 활동 활성화

- ➔ 안전 & 성능 관련 **규제**와 **표준**이 빠른 변화 중
- 산업용 로봇 안전 검사** 2017.10.29 시행
- 협동로봇 설치작업장 안전인증** 시행 중 (산업용로봇 안전인증 선결 요건)

- ➔ **로봇 분야 최초 표준 특허 등장**

- ➔ 관련 국제 표준 & 연계 기술 개발 현황 모니터링 필요

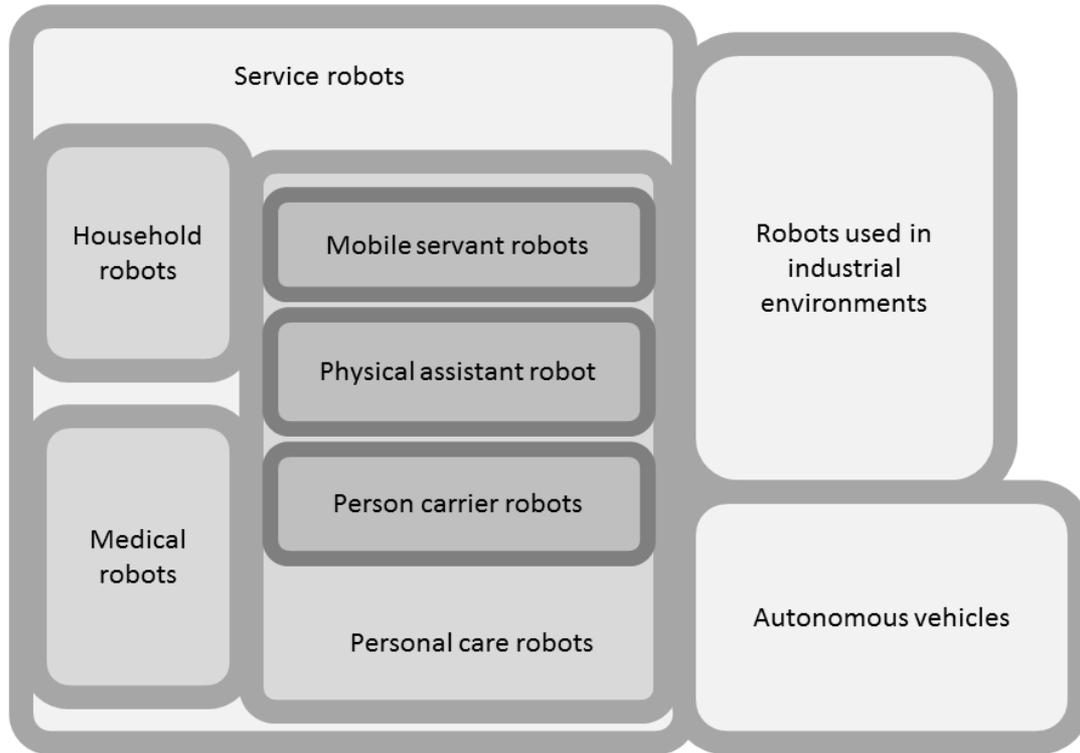
- ➔ 산업용/서비스 로봇 표준화 동향 공유

로봇의 정의

- 로봇의 정의 (by ISO TC 299 Robotics WG 1)
 - ✓ 지속적 update
 - ✓ programmed actuated mechanism employing **a degree of autonomy** to perform locomotion, manipulation or positioning (As of 2018.02)
 - ✓ 단순한 자동화 기기와의 차별성 위해 actuated mechanism 포함

- 자율성(Autonomy)의 정의
 - ✓ Ability to make a decision **in the presence of uncertainty** based on current state and sensing, without human intervention
 - ✓ 인공지능이 로봇에 구현되는 형식
 - ✓ 인공지능과 로봇의 접점

Classification of robot



By ISO TC 299 Robotics

❖ Robot classification

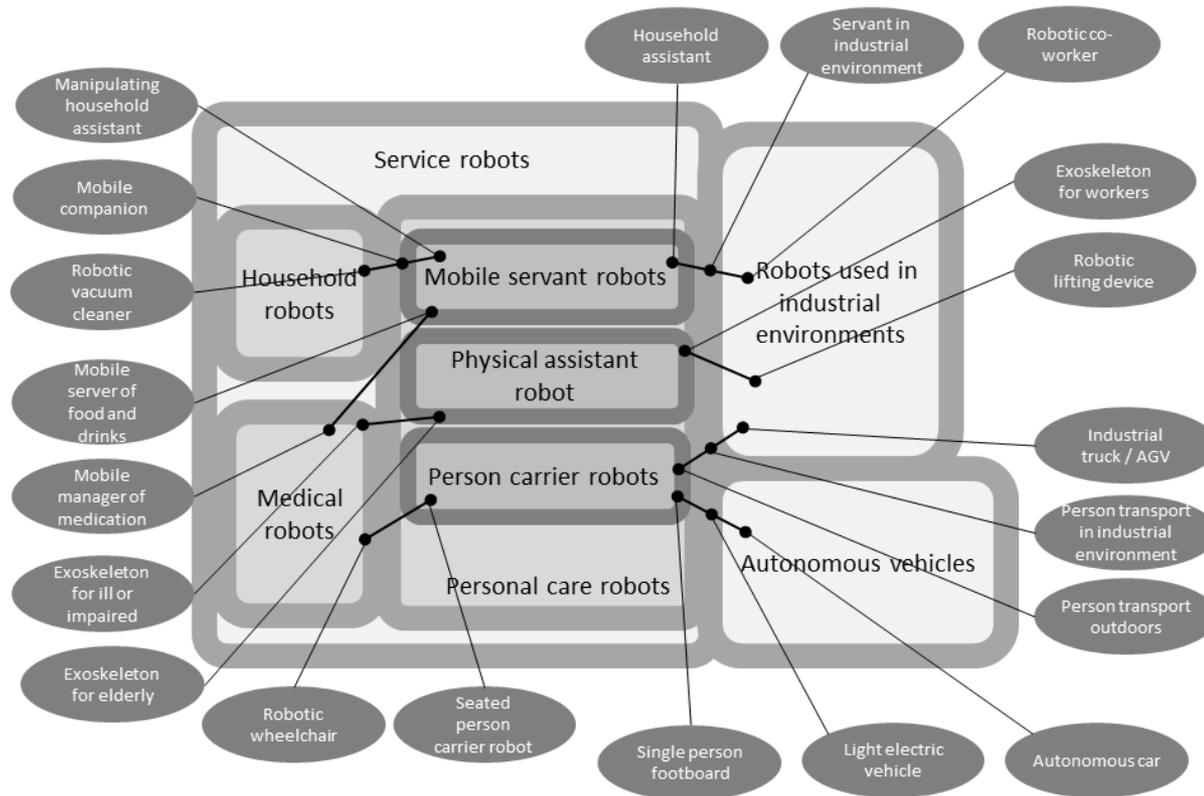
Classification 따라 적용 표준 다르므로 정확한 classification 중요

❖ Rule of thumb

robot category → identified based on *intended use* of the robot in question.

로봇의 분류

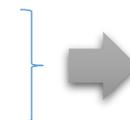
Overlaps between personal care robots and other robot types



- 복수의 목적을 갖는 로봇 → 복수 로봇 type

Ex)

음식/음료 서빙 autonomous mobile robot → mobile servant robot
 환자에게 약 전달 autonomous mobile robot → medical robot



Need to consider both
 medical device
 standard & machinery
 standard

정의(definitions)

- 로봇 (Robot)

programmed actuated mechanism with a degree of autonomy, moving its environment, to perform intended tasks (ISO 8373:2012)

- 산업용 로봇(Industrial Robot)

Automatically controlled, reprogrammable multipurpose manipulator programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for **use in industrial automation applications** (ISO 8373:2012)

- 산업용 로봇 시스템(Industrial robot system)

System comprising of industrial robot, end-effector, any machinery, equipment, devices, external auxiliary axes or sensors supporting the robot performing its task(ISO 10218-1:2011)

- 협동로봇 (Collaborative robot)

Robot **designed for direct interaction with a human** within a de
workspace



로봇의 정의

➤ Service robot

Robot that **performs useful tasks for humans** or equipment excluding industrial automation applications (ISO 13482:2014)

➤ Personal Care Robot

Service robot that performs actions **contributing directly towards improvement in the quality of life of humans**, excluding medical applications(ISO 13482:2014)

➤ Industrial Robot

Automatically controlled, reprogrammable multipurpose manipulator programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for **use in industrial automation applications** (ISO 8373:2012)

➤ 지능형 로봇(Intelligent Robots) ~ Service robot

외부환경을 인식(Perception)하고, 스스로 상황을 판단(Cognition)하여, 자율적으로 동작(Manipulation)하는 로봇

서비스 로봇(Service robots)

- 서비스로봇: 인간의 삶의 질 향상에 직접적으로 기여하는 활동을 하는 로봇
(ISO 13482:2014)



CARRIER
ROBOTIC WHEELCHAIR



이동형 도우미로봇
(Mobile Servant Robots)

신체보조로봇
(Physical Assistant Robots)

개인 탑승형 로봇
(Person Carrier Robots)

표준화 및 인증

➤ 대상

- 용어
- 안전 요구조건
- 성능평가
- etc

➤ 주체

- ISO (International Standard Organization) → 국제표준 ISO
- IEC (International Electrotechnical Commission) → 국제표준 IEC
- KATS (국가 기술 표준원) → 국가표준 KS
- KOROS(지능형 로봇 표준 포럼) → 단체표준
- IEEE
- etc

표준의 활용

- ▶ 제품이 국제적으로 약정된 최소기준에 부합하도록 하여 제품이나 서비스의 최종 사용자와 소비자를 보호
- ▶ 오류와 낭비를 최소화하면서 비즈니스 생산성 향상에 도움
- ▶ 다른 시장이나 권역의 제품을 직접적으로 비교 가능하게 하여 새로운 시장에 진입하는 것을 원활하게 하고 공정한 기반에서의 국제무역을 전개하는데 도움
- ▶ 안전하고, 신뢰성 높은 고품질의 제품과 서비스 창출에 도움

➔ 순기능

무역기술 장벽

- ISO, IEC 국제 표준
 - 본질적으로 강제규정 아닌 자율 규정
 - 그러나 CE, UL, CCC 등의 인증에 기준문서로 직접적용
 - **무역기술 장벽으로 작용 → 역기능**
- ✓ 유럽연합은 모든 산업용 기계기구(로봇 포함)에 대해 CE 인증 의무화
- ✓ 미국은 UL 등 민간인증에 의한 안전성 확보
- ✓ 일본 개인지원 로봇에 ISO 13482 인증 시행 중
- ✓ 중국 CCC 인증 시행 중

국제표준의 종류 (ISO)

➤ International Standards

Ex)

ISO 9001: :2015 Quality management systems — Requirements (품질경영시스템)

ISO 13482:2014 Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots

➤ Technical (and publicly available) Specifications (TS or TPAS)

표준화 대상이 아직 개발진행 중이거나 국제표준으로 공표하기 위해 필요한 국제적 합의가 조기에 이루어지기 어려운 경우

Ex) ISO/TS 16952-1:2006 Technical product documentation — Reference designation system — Part 1: General application rules

➤ Technical Reports

technical committee 나 subcommittee가 확보한 데이터
IS나 TS로 공표하기에 완성도나 국제적 합의가 부족한 표준문서

Ex)ISO/IEC TR 17799:2000 Code of Practice for Information Security Management

국가표준 (KS) 및 단체표준(KOROS)

➤ 지능형 로봇 표준 포럼 (KOROS) 단체표준

- 로봇의 업계표준 제정을 통해 부품의 호환성을 증대하고, 로봇의 안전성을 확보하고 유지보수성을 향상시켜 로봇 업계의 기술 및 제품 경쟁력을 높이는데 기여
- H/W 모듈 Connectivity, S/W 인터페이스 및 프로토콜, 미들웨어, 인간-로봇 인터페이스, 평가 기술, 응용 서비스 등에 대한 표준화 연구 수행
- 수립된 표준은 KSA 및 TTA를 통한 단체표준화 및 기술표준원 등을 통한 국가표준화(KS) 추진

➤ 한국산업표준 KS

산업표준심의회 심의를 거쳐 국가기술표준원장이 고시함으로써 확정되는 국가표준

로봇 관련 국내외 표준현황

<http://www.koros.or.kr/>



[포럼소개](#) |
 [표준화참여](#) |
 [KOROS표준목록](#) |
 [위원회](#) |
 [국내외표준현황](#) |
 [참여담당](#)

[ISO](#) |
 [IEC](#) |
 [OMG](#) |
 [KS](#) |
 [KOROS](#)



국내외표준현황

ISO

- ISO
- IEC
- OMG
- KS
- KOROS

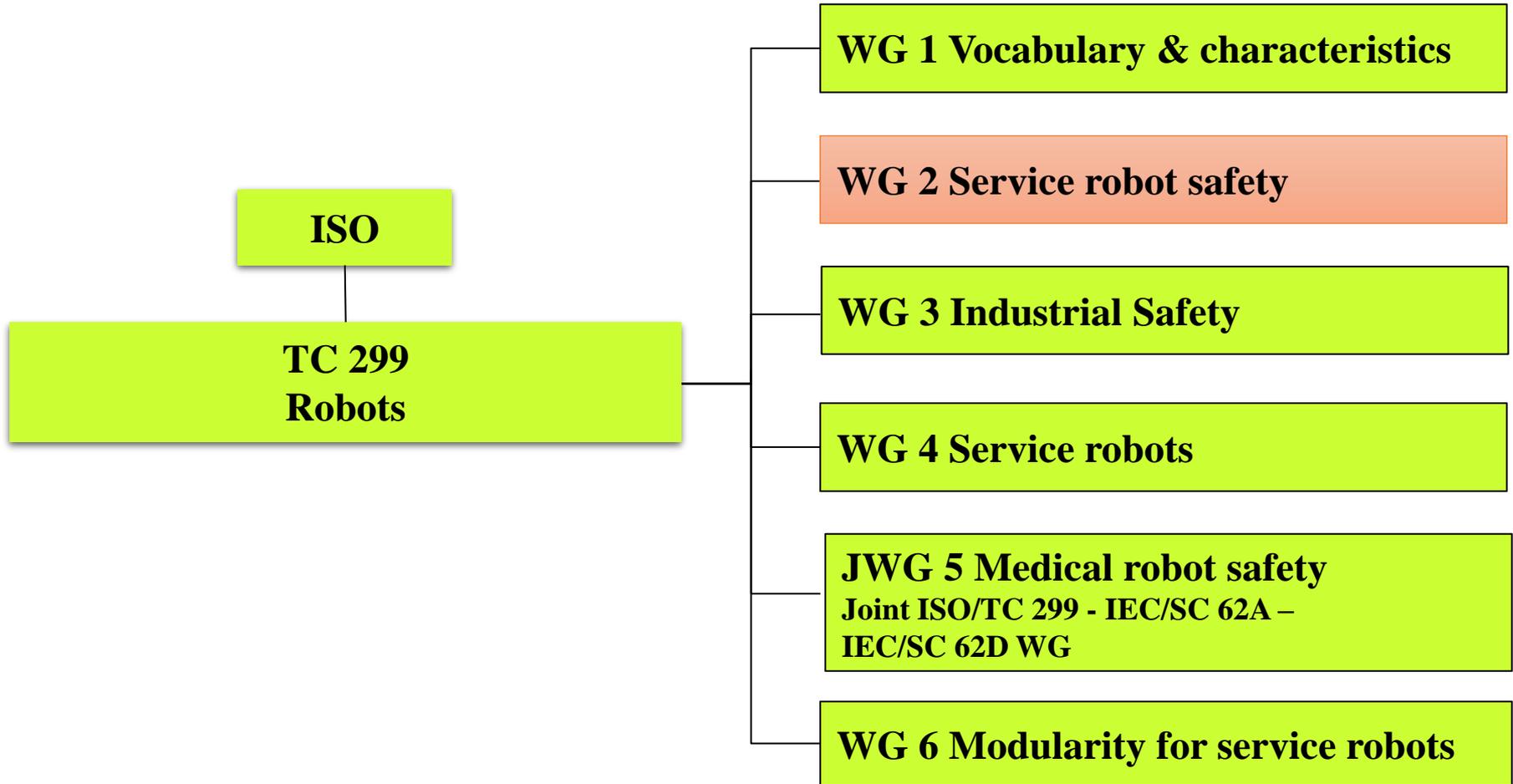
ISO TC 184/SC 2(Robots and robotic devices) 표준목록

순번	규격 번호	규격 명
1	ISO 8373:2012	Robots and robotic devices -- Vocabulary
2	ISO 9283:1998	Manipulating industrial robots -- Performance criteria and related test
3	ISO 9409-1:2004	Manipulating industrial robots -- Mechanical interfaces -- Part 1: Plates
4	ISO 9409-2:2002	Manipulating industrial robots -- Mechanical interfaces -- Part 2: Shafts
5	ISO 9787:2013	Robots and robotic devices -- Coordinate systems and motion nomenclatures
6	ISO 9946:1999	Manipulating industrial robots -- Presentation of characteristics
7	ISO 10218-1:2011	Robots and robotic devices -- Safety requirements for industrial robots -- Part 1: Robots
8	ISO 10218-2:2011	Robots and robotic devices -- Safety requirements for industrial robots -- Part 2: Robot systems and integration
9	ISO 11593:1996	Manipulating industrial robots -- Automatic end effector exchange systems -- Vocabulary and presentation of characteristics
10	ISO/TR 13309:1995	Manipulating industrial robots -- Informative guide on test equipment and metrology methods of operation for robot performance
11	ISO 13482:2014	Robots and robotic devices -- Safety requirements for personal care robots
12	ISO 14539:2000	Manipulating industrial robots -- Object handling with grasp-type grippers -- Vocabulary and presentation of characteristics

인증

- 제품을 시장에 판매하기 위해 필요한 최소한의 신뢰성이 정당한 절차 및 방법으로 확인되었음을 공적기관 또는 공적기관에서 권한을 위임받은 자가 증명하는 일
- 강제인증: 제품출시를 위해 반드시 검사/승인 기관으로 획득하여야 하는 인증
Ex) KC 전자파 적합등록 & 전자파 적합인증, KC 안전인증 & 자율안전확인 인증, KGMP 인증(의료기기 인증), 에너지 효율인증 등
- 임의인증: 강제사항은 아니나 제품의 인지도 및 안전성 확인을 위해 임의로 검사/승인 기관으로부터 인증을 획득
Ex) Q, K, S마크 인증 등
- 국제인정기구(ILAC) 또는 한국인정기구(KOLAS)에서 인정받은 시험기관이(예. KTL, KIRIA) 공인받은 항목에 대해 규격에 따라 시험 및 시험성적서를 발행하고 인증부여
- 시험에 사용되는 규격에 표준이 주로 활용 → **국제표준 = 적용 (임박한) 인증 규격**
→ 국제표준 개발 현황 주시 필요

ISO 로봇분야 국제 표준화 조직



안전 표준 개요

- ISO 12100 Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction
: 모든 기계류의 안전을 담보하기 위한 설계 통칙
- ISO 10218-1 Safety requirements for industrial – robots Part 1: **Robots**
: 산업용 로봇 자체에 대한 안전 요구사항 규정
- ISO 10218-2 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial – robots Part 2: **Robot systems and integration (로봇 시스템 및 통합)**
: 산업용 로봇이 주변 기기와 결합되어 설치, 운용되는 로봇 시스템에 대한 안전 요구사항에 대해 규정
- ISO TS 15066 Robots and robotic devices — **Collaborative robots**
: 협동로봇을 이용한 협동 작업 운용에 대한 추가적인 요구조건 규정
- ISO 13482 Robots and robotic devices — Safety requirements for **personal care robots**
: 서비스(개인지원)로봇에 대한 안전요구조건 규정

ISO TC 299 WG 2 & ISO 13482

- ❖ 서비스 로봇의 안전요구조건 표준 개발
- ❖ 서비스로봇의 시장 확대가 가속화 되고, 인간과의 접촉이 빈번한 서비스 로봇의 특성상 안전사고 가능성이 높아, 이에 대한 규제와 인증요건의 개발이 필요하게 됨
- ❖ 개인지원로봇 안전에 대한 세계최초의 규약인 ISO 13482:2014 Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots 제정 공표 (2014.02)
- ❖ 참여기업: LG, 유진로봇, Toyota, Honda, Panasonic, Cyberdyn, X (google, 미국), Amazon(미국), Aldebaran(프랑스), SICK(독일), PILZ(독일), Softbank Robotics(일본), Omron(일본), UBTEch(중국), Delta Electronics(대만)
- ❖ 학연, 시험기관: 세종대, 경희대, CLAWAR(영국), Fraunhofer-IPA(독일), NIST (미국), RIAMB(중국), AIST, JARA, JARI, JET, METI(일본), 나고야 대(일본), ITRI(대만)
- ❖ 이탈리아, 스페인, 네델란드, 핀란드, 덴마크

ISO 13482

- ❖ 비의료용 개인지원로봇의 안전성에 대한 요구조건 및 설계지침
- ❖ 개인 지원 로봇의 사용과 관계된 위험요소 규명, 위험요소에 기인한 위험도를 제거 또는 적절히 감소하기 위한 요구조건 & 설계 방법 제시
- ❖ 3 종류의 personal care robot에 집중

- ❖ ISO 12100의 안전설계원칙을 개인지원로봇에 적용한 문서
- ❖ CE, UL, etc. 등의 국제 인증의 기준 문서로 활용
- ❖ 일본에서는 이미 JQA에서 ISO 13482 근거로 제품 인증(certificate) 시행 중 (Cyberdyne 사의 HAL series 3종, Panasonic Resyone, RT works Robot Assist walker)

- ❖ 국내 A사 해외 진출 문턱에서 ISO 13482 미인증을 이유로 난항
- ❖ 제품 인증 및 문제 발생시 법적 면책의 근거로 활용 가능
- ❖ 지상(earthbound) 로봇에만 적용
- ❖ 적용 제외
 - robots travelling faster than 20 km/h
 - robot toys
 - water-borne robots and flying robots;
 - industrial robots, which are covered in ISO 10218
 - robots as medical devices
 - military or public force application robots.

직접 적용 표준 부존 경우
→ 유관 표준(ISO 13482) 적용

ISO 13482

➤ **Safe machine → ISO 12100**

➤ **Safe personal care robot → ISO 13482**

ISO 12100

Key Terminology

- Harm (상해)
: Physical injury or damage to health
- Hazard (위험요소)
: Potential source of harm
- Risk (위험도)
: combination of the **probability** of occurrence of harm and the **severity** of that harm
- hazardous situation
: circumstance in which a person is exposed to at least one hazard

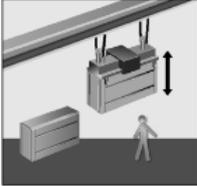
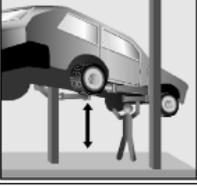
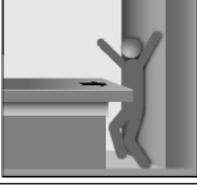
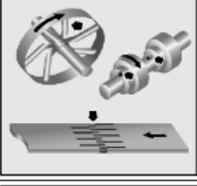
Ex)

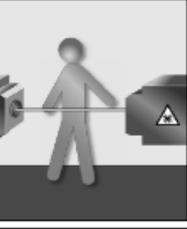
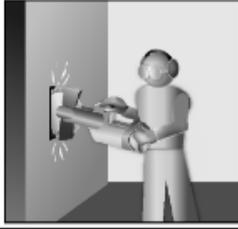
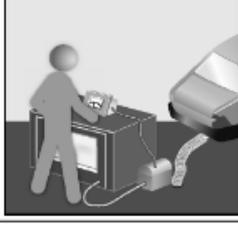
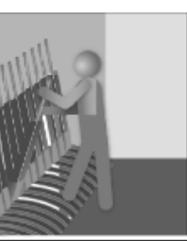
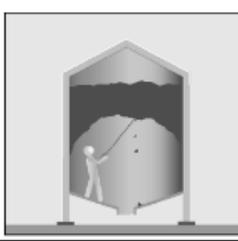
남태평양에 들어가면 식인상어에 물려 다리가 절단되거나 죽을 확률이
hazardous situation *hazard* *risk (severity of harm)*
3%이다.

risk (probability of harm)

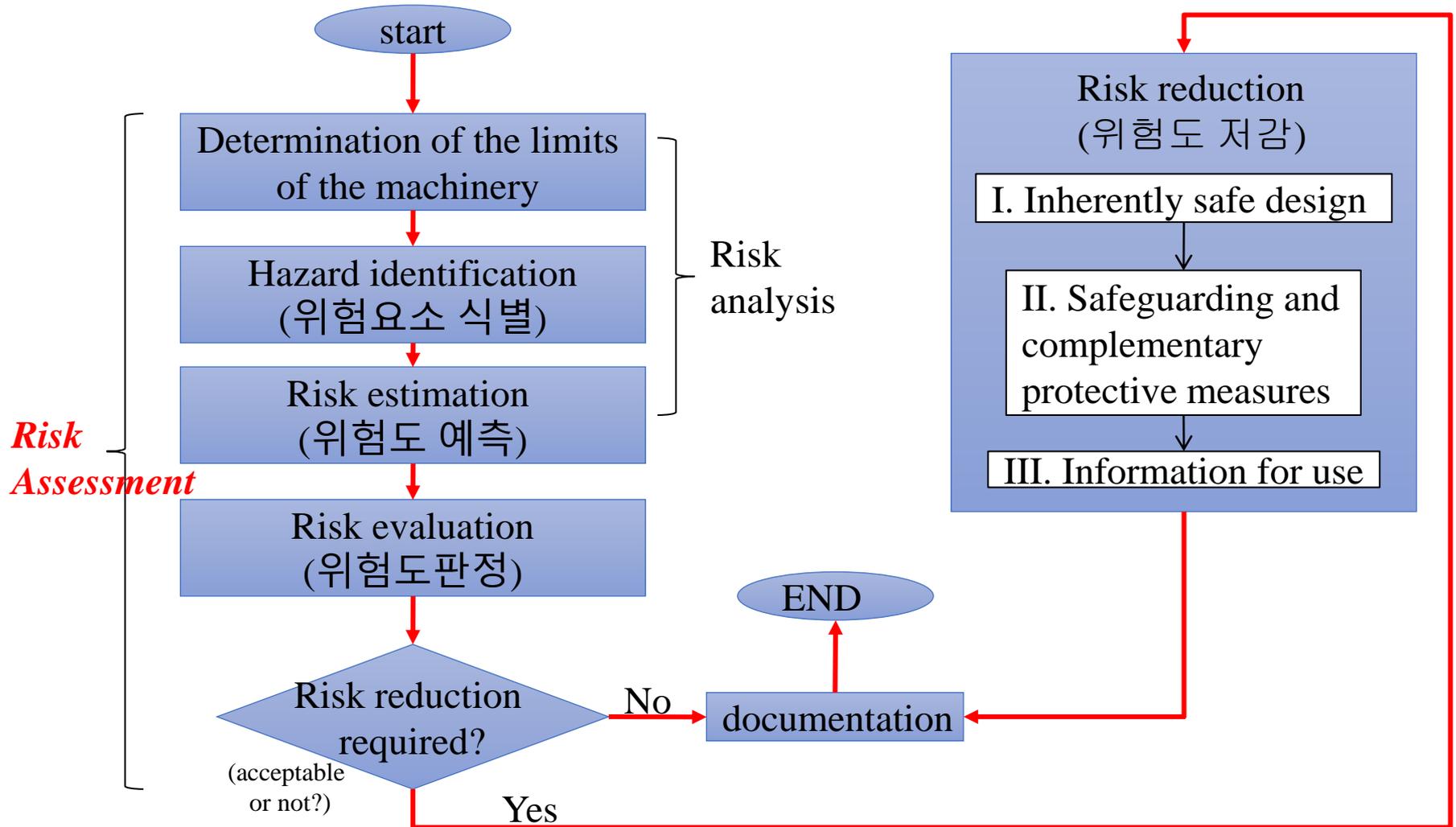
Examples of Hazards

12100:2010 Annex B

Hazard	Hazard
 <p>Origin cutting parts</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - cutting - severing 	 <p>Origin falling objects</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - crushing - impact
 <p>Origin moving elements</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - crushing - impact - shearing 	 <p>Origin moving elements (three examples)</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - drawing-in - friction, abrasion - impact
 <p>Origin gravity, stability</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - crushing - trapping 	 <p>Origin approach of a moving element to a fixed part</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - crushing - impact
 <p>Origin rotating or moving elements (three examples)</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - severing - entanglement 	 <p>Origin moving elements</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - crushing - friction, abrasion - impact - severing
 <p>Origin live electrical parts</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - electric shock - burn - puncture - scald 	 <p>Origin objects or materials with a high or low temperature</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - burn

Hazard	Hazard
 <p>Origin vibrating equipment</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - osteo-articular disorder - vascular disorder 	 <p>Origin noisy manufacturing process</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - fatigue - hearing impairment - loss of awareness - stress
 <p>Origin laser beam</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - burn - damage to eyes and skin 	 <p>Origin dust (emissions)</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - breathing difficulties - explosion - loss of sight
 <p>Origin posture</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - discomfort - fatigue - musculoskeletal disorder 	 <p>Origin fumes</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - breathing difficulties - irritation - poisoning
 <p>Origin location of control devices</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - any as a consequence of human error - stress 	 <p>Origin gravity (bulk material solidified)</p> <p>Potential consequences</p> <ul style="list-style-type: none"> - collapse, falling - crushing - slumping/sagging - suffocation - wedging/jamming

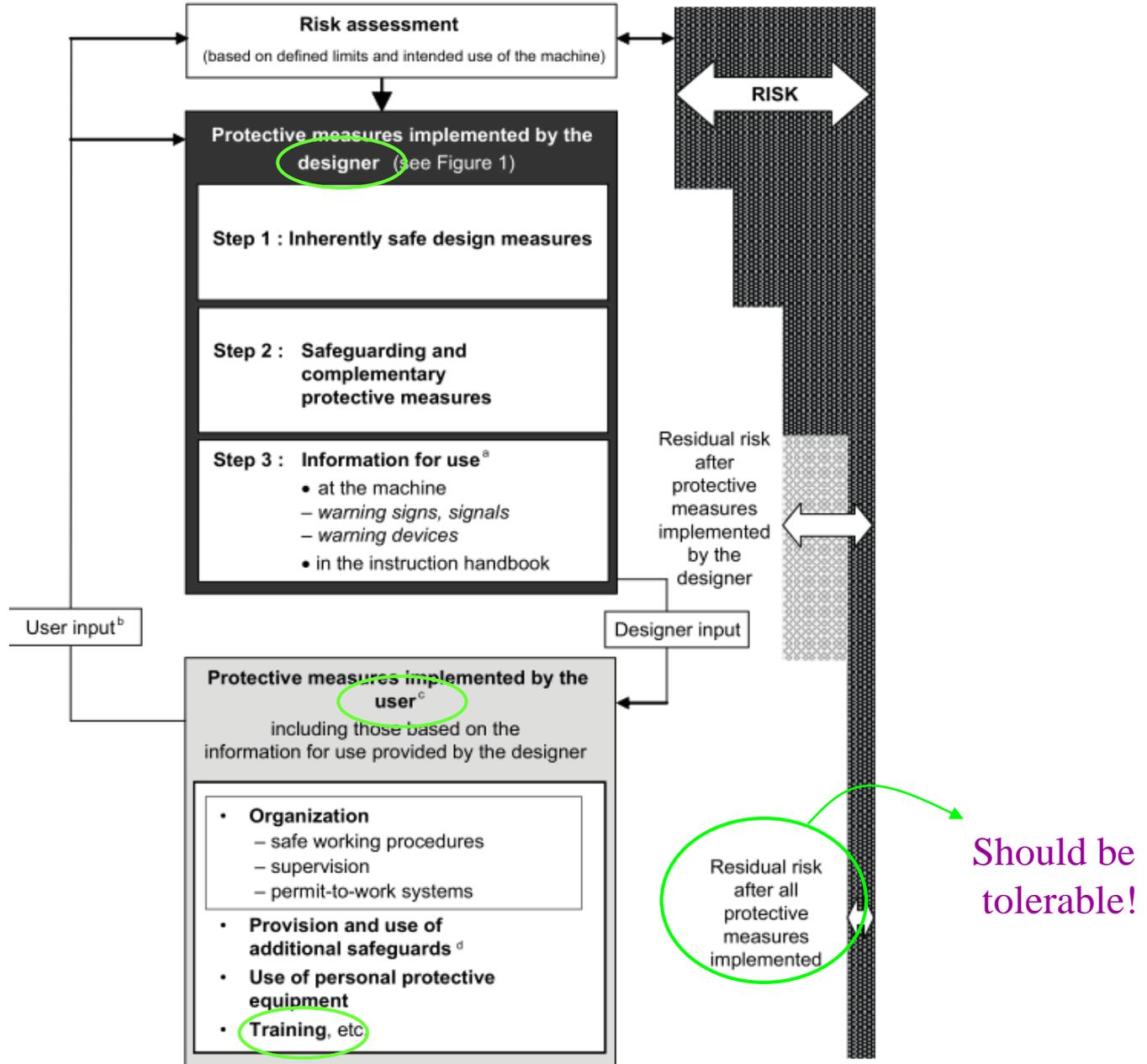
Strategy for risk assessment and risk reduction from ISO 12100



Risk reduction process (위험도 저감 절차)

- inherently safe design measure (본질적으로 안전한 설계 대책)
: 안전보호 장치의 활용 없이, 설계 또는 기계의 작동 특성을 변경하여 위험을 제거하거나 위험도를 감소시키는 보호대책
Ex) 위해 수준 이하의 전압 사용, 손가락이 들어 갈 수 없을 정도로 작은 gap
- safeguarding and complementary protective measure (안전장치 및 보조 보호조치의 적용)
: 본질적으로 안전한 설계 대책을 활용하여 위험을 충분히 제거하거나 위험도를 충분히 감소시키지 못하는 경우, 안전장치를 활용하여 작업자를 보호하기 위한 보호 대책
Ex) 활성부 덮개, gap cover, 제어 시스템 (ex. 센싱 후 감속)
- Information for use (사용정보의 제공)
: 전달 매체(문서, 단처, 표시, 기호, 신호, 도식)로 구성되는 보호대책으로서, 개별 또는 조합으로 사용되어 사용자에게 정보를 전달
Ex) Warning sign

Risk reduction process from point of view of designer



➤ **After all,**

safety of machine

= tolerable risk

로봇 안전

➤ **ISO 12100** : 기계류의 설계에 안전성을 확보하기 위한 원칙과 방법론 명시

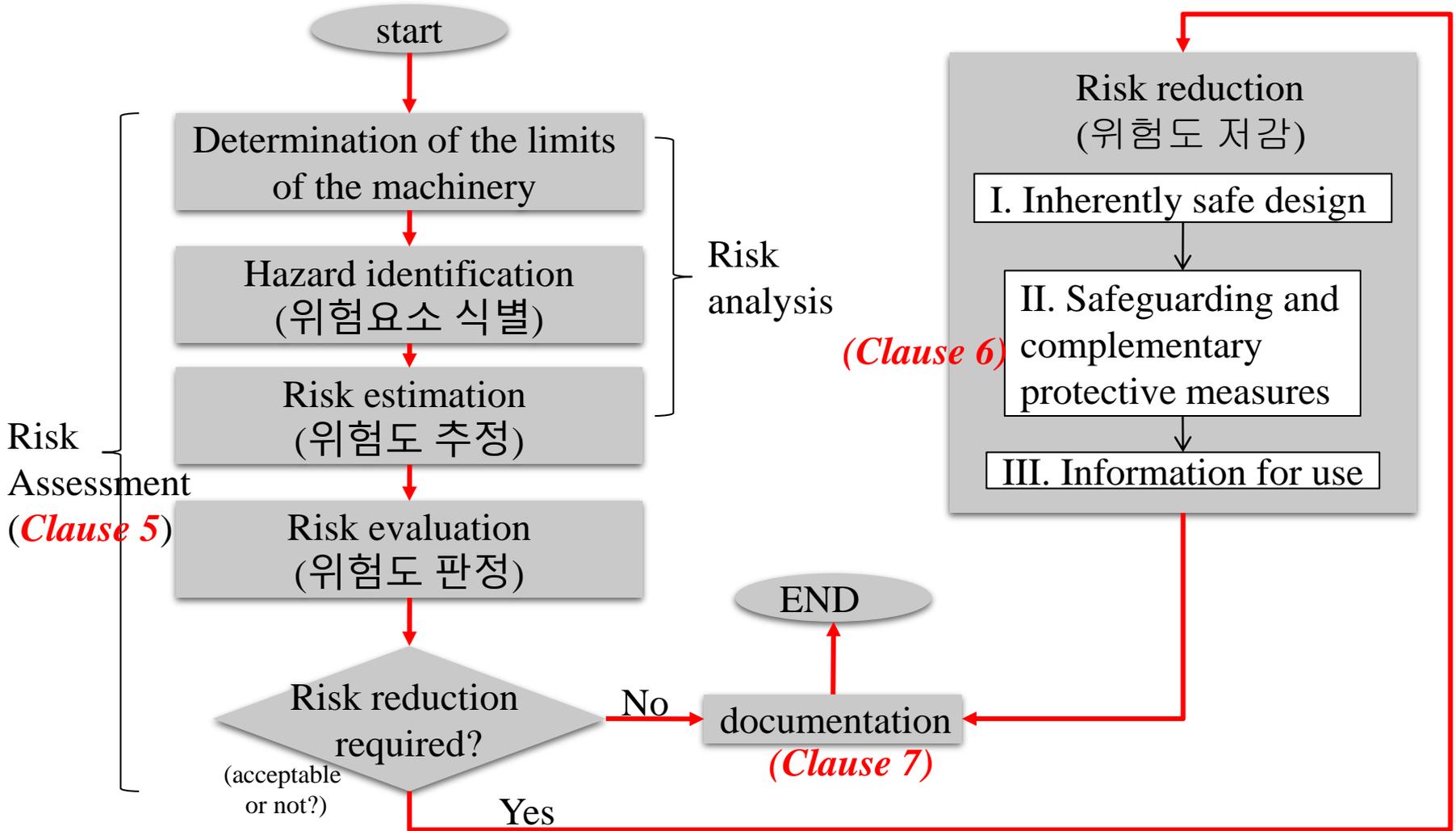
- { **기계**의 위험원(hazard)을 식별하는 절차
- { 각 수명주기에서의 위험도(risk)의 예측과 평가(assessment)절차
- { 위험원의 제거 또는 충분한 위험도 저감절차

- **Safe machine → ISO 12100**
- **Safe industrial robot → ISO 10218-1**
- **Safe industrial robot system → ISO 10218-2**
- **Safe collaborative robot → ISO TS 15066**
- **Safe personal care robot → ISO 13482**

13482

at a glance!

ISO 13482



기계류의 안전을 확보하기 위해 12100에 제시된 요건 및 절차를
개인지원로봇에 특정하여 적용한 문서

ISO 13482 핵심

4. Risk assessment (위험도 평가)

- 4.1 General
- 4.2 Hazard identification
- 4.3 Risk evaluation

總論

주요 hazard list 식별
위험도 예측 & 분석
위험도 수용여부 판정

5. Safety requirements and protective measures

- 5.1 General
- 5.2 Hazards related to charging battery
- 5.3 Hazards due to energy storage and supply
- 5.4 Robot start-up and restart of regular operation
- ...
- 5.8 Hazards due to electromagnetic interference
- 5.9 Hazards due to stress, posture and usage
- 5.10 Hazards due to robot motion
- ...
- 5.12 Hazards due to incorrect autonomous decisions and actions
- 5.16 Hazards due to localization and navigation errors

各論I

위험도 저감

주요한 hazard에 대한
안전 요건 및 위험도
저감 절차 (by 12100)

6. Safety-related control system requirements

- 6.1 Required safety performance
- 6.2 Root stopping
- 6.4 Safety-related speed control
- 6.5 Safety-related environmental sensing
- 6.6 Stability control
- 6.7 Safety-related force control
- 6.8 Singularity protection
- 6.9 Design of user interface
- 6.11 Manual control devices

各論II

제어 시스템을 이용한
위험도 저감 시 요구
되는 추가 사항

5.2 배터리 충전 관련 위해요소

5.3 에너지 저장 및 공급에 기인한 위해요소

5.3.1 고에너지 부품과의 접촉

5.3.2 축적에너지의 제어되지 않은 방출

5.3.3 정전 또는 자동종료

5.4 로봇의 기동 및 정규동작의 재시작

5.6 로봇의 형상에 의한 위해요소

5.7 배출 (Emissions)에 기인한 위해요소

5.5.1 위험한 소음 (hazardous noise)

5.5.2 위험한 진동 (Hazardous vibrations)

5.5.3 위해 물질 및 유체

5.5.4 과도한 온도

5.5.5 위험한 비이온화(비전리) 방사선 (non-ionizing radiation; UV)

5.5.6 위험한 이온화(전리) 방사선 (ionizing radiation; x-ray, γ -ray, microwave)

5.8 전자파 간섭(Electromagnetic interference)

5.10 로봇 동작에 기인한 위해요소

5.10.2 기계적 불안정성

5.10.3 이동중의 불안정성

5.10.4 하중 운반 시 불안정성

5.10.5 충돌 시 불안정성

5.10.6 구속형 신체지원로봇의 착탈 시 불안정성

5.10.7 탑승형 로봇의 승하차 시 불안정성

5.10.8 안전관련 장애물과의 충돌

5.10.9 인간-로봇 상호작용 중의 위험한 물리적 접촉

5.11 로봇의 내구성 부족에 의한 위해요소

5.12 잘못된 자율적 의사결정 및 행동에 기인한 위해요소

5.13 움직이는 구성요소와의 접촉에 기인한 위해요소

5.14 로봇에 대한 인간의 인지 결여에 기인한 위해요소

5.15 위험한 환경 조건

5.16 위치추정 및 항법 오차에 의한 위해요소

What is in ch.5?

주요 위해요소에 대한 안전요 건 및 위험도 저감대책 제시

모두 동일한 절차

1. General
2. Inherently safe design
3. Safeguard and complementary protective measure
4. Information for use
5. Verification and validation

안전요건 및 보호 대책의 예시

5.2 Hazard related to charging battery

5.2.1 General (안전요건)

로봇의 충전부와의 우연한 접촉에 대해서 사람이 반드시 보호되어야 하고, 충전 시스템은 반드시 IEC 60204-1, IEC 60529, IEC 60335-2-29, EN 50272-1to -4의 적합한 요건들을 준수하여 설계되어야 한다

과부하 또는 완전히 방전된 배터리를 충전할 때 발생할 수 있는 모든 위해요소를 방지해야 한다

5.2.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

a) 충전단자와 플러그는 활성상태 부품과의 우연한 접촉을 예방하는 방식으로 설계되어야 한다 (예: 플러그와 콘센트의 덮개 등)

b) 충전단자 사이의 전압은 사용 목적과 충전시스템의 환경에 따라 적절한 표준 (IEC 60204-1 및 IES 61140, IEC 60335-2-29, IEC61851을 준수해야 한다

c) **배터리 충전 전류는 실질적으로 가능한 가장 낮은 값을 선택해야 한다**

5.2.3 보호수단 및 보완보호조치 (safeguarding and complementary protective measures)

a) 개인지원로봇이 충전시스템에 연결되어 있을 때만 충전 단자가 활성화 되도록 설계 되어야 한다

b) 충전상태에 대한 표시와 충전 완료 신호가 제공되어야 한다

c) 배터리의 올바를 충전이 자동으로 감시되는 방법으로 설계되어 배터리의 과부하나 과방전 배터리의 충전에 의한 위해요소가 예방되어야 한다

5.2 Hazard related to charging battery

5.2.4 사용 정보 (Information for use)

사용 정보에는 배터리 충전에 대한 설명을 포함해야 한다. 특히 다음에 유의한다.

- 개인지원로봇을 충전 하는 절차
- 환경 조건(실외 또는 실내 충전)
- 개인지원로봇을 끄거나 다른 모드로 바꾸는 데 필요한 조건
- 적절한 경고

5.2.5 Verification and validation

실증적 시험, 측정, 작동중의 관찰, 회로도의 검토 중 적절한 방법 선택

5.3.3 Power Failure or Shutdown

(전원 장애나 차단)

5.3.3.1 General (안전요건)

-개인지원로봇의 전원 장애나 의도되지 않은 차단, 그리고 동력의 재인가가 수용할 수 없는 위험도로 이어지면 안 된다.

- 다음 사항을 보장하기 위해 별도의 고려가 필요하다:

a) 매니퓰레이터를 갖춘 개인 보조 로봇은 매니퓰레이터에 인가되는 전원 장애 또는 차단상황에서 매니퓰레이터의 움직임 또는 낙하 하중 때문에 피해가 발생하지 않도록 보장하는 설계가 이루어져야 한다.

b) 모바일 플랫폼을 갖춘 개인 보조 로봇은 전원 장애 또는 차단에 따른 로봇 운동 (예 : 통제되지 않은 폭주) 에 기인한 위험도가 수용가능한 수준이 되도록 보장하는 설계가 이루어져야 한다. 이것은 로봇 운동 메커니즘 기술(예 : 바퀴, 트랙, 다리)에 관계없이 취해져야 한다.

c) 구동기(액츄에이터)의 일시적인 전원차단이 가능한 개인지원로봇은 전원의 손실이나 변화에 의해 로봇의 일부분이나 부품이 떨어져서 발생하는 위험도가 수용할 만한 수준이 되도록 보장하는 설계가 이루어져야 한다.

d) 사람을 속박할 수 있는 모든 개인지원로봇은 구동 전원 없이 한 사람이 이 부분을 움직일 수 있는 방법이 제공되어야 하며, 위험도평가에 의해 결정된 모든 부류의 사용자를 탈출 또는 구제할 수 있도록 고려해야 한다. 만약 이것이 불가능하다면, 보조적인 안전 보호 방법이 적용되어야 한다.

NOTE 전기 전원 공급 요구사항은 IEC 60204-1 참조할 것

5.3.3.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

- a) 모든 움직임은 부품의 제동 메커니즘의 설계에 “de-energize to apply” 원칙을 사용
- b) 전원 장애/차단 상황 후 안전 상태로 복귀할 수 있는 충분한 에너지의 내부 저장
예기치 못한 작동의 시작을 피하기 위해 ISO 14118의 요구조건을 만족하여야 한다.

5.3.3.3 보호수단 및 보완보호조치 (safeguarding and complementary protective measures)

- a) 필요한 곳에 무정전 전원공급장치를 만들어 제공하는 방법.
- b) 밀폐된 공간에서 사람을 가둘 수 있는 개인지원로봇은 독립적인 보조 전원을 이용한 도움 호출 기능을 가져야 한다.
- c) 내부에너지나 저장된 전원 (예, 배터리 전력)이 일정한 기준 밑으로 떨어질 경우 로봇은 그 상태를 사용자나 조작자에게 음성, 빛, 진동과 같은 적당한 인식장치로 알려야 한다. 배터리 전력이 위험 수준에 도달하게 되면 자동으로 안전 상태로 와야 한다.

5.3.3.4 사용 정보 (Information for use)

- 사용 정보는 전원 장애 또는 차단에 관련된 잔류 위험도에 대해 설명해야 한다.
- 위험도 평가에 의해 필요하다고 판단되면 (8.4 참조) 정전 및 차단에 대한 유지보수 절차가 요구될 수 있다.

5.3.3.5 Verification and validation

실증적 시험, 작동 중 관찰, 회로도의 검토, 설치 도면 및 관련 서류의 검토

5.7.2 위험한 진동 (Hazardous vibrations)

5.7.2.1 일반적 요구사항 (general)

로봇사용자는 로봇의 동작 중 신체적 건강이 영향을 받지 않도록 로봇으로부터의 직/간접적인 진동으로부터 보호되어야 한다.

- 로봇 사용자는 힘줄 감염, 요통, 불편함, 신경증, 관절염 또는 지속적인 로봇사용으로 인한 여러 종류의 장애와 같이 진동과 관련된 부상을 일으킬 수 있는 해로운 진동으로부터 보호되어야 한다.
- 건강, 편안, 인지능력에 문제를 유발할 수 있는 0.5Hz와 80Hz사이의 진동과 멀미를 일으킬 수 있는 0.1Hz와 0.5Hz사이의 진동에 대해 보호되어야 한다. 이를 위해 개인지원로봇설계는 ISO 2631의 해당되는 모든 부분을 준수해야 한다

별도의 보호 장치를 착용할 필요가 없을 수준 이하로 진동 유지되어야 함

5.7.2.2 본질적으로 안전설계 (inherently safe design)

본질적 안전 설계는 다음 조치사항을 포함하지만 이에 한정되지 않을 수 있다:

- 기계적 부품에 의해 생성되는 진동을 최소화 할 수 있도록 로봇을 설계해야 한다(보기를 들면, 편심 질량 분포 감축 또는 움직이는 부품의 속도제한)
- 로봇 내의 진동원에 사람의 노출을 줄이기 위해서 진동 흡수 재료를 선정 및 사용;

5.7.2.3 보호장치와 보호조치(safeguarding and complementary protective measures)

다음 조치 중 하나 또는 그 이상을 적용한다:

- 능동 진동 제어 (e.g. semi-active damping mechanisms 또는 댐핑 제어)의 적용
- 개인지원로봇의 움직임을 진동을 최소화 하거나 제거할 수 있는 적당한 속도로 제한

5.7.2.4 사용 정보(information for use)

진동 요소의 사양을 반드시 포함해야 한다

5.7.2.5 검증 및 확인 (Verification and validation)

측정, 작업 중 관측

5.7.4 과도한 온도 (extreme temperature)

5.7.4.1 일반사항(general)

-로봇사용자는 화상, 동상, 스트레스, 불편함 또는 모든 종류의 유사한 장애를 일으킬 수 있는 로봇 또는 부품의 과도한 온도 (고온 또는 저온)로부터 보호되어야 한다. 이를 위해 개인지원로봇은 ISO 13732 1~3을 준수해야 한다.

-접촉이 있을 수 있는 부품의 표면온도는 ISO 13732 part 1-3에 제시된 10도에서 43도 사이에 머물러야 한다.

5.7.4.2 본질적으로 안전설계 (inherently safe design)

- a) 로봇 내에서 극심한 열원을 제거 또는 방지
- b) 적절한 열전도성을 가진 소재 선택

5.7.4.3 보호장치와 상호보완적인 보호조치

- a) 적절한 냉각 또는 난방 시스템을 사용하여 표면온도를 감소 또는 증가
- b) 적절한 방호벽의 적용 또는 절연(ISO 14119)

5.7.4.4 사용자 정보(information for use)

사용자정보는 부품이 과도한 온도를 가지는 부분에 대한 경고와 표시를 ISO 3864-1에 부합하도록 반드시 포함해야 한다. 필요하다면 로봇의 사용, 조작, 보수와 분해 중에 예방조치를 하도록 하는 지침이 반드시 주어져야 한다.

5.7.4.5 검증 및 확인 (Verification and validation)

측정, 작업 중 관측

5.8 전자파 장애(Electromagnetic interference)에 의한 위해요소

5.8.1 일반사항(general)

- 합리적으로 예측 가능한 모든 전자파 장애, 전자파 장애로 교란된 안전기능 장애로 인한 위험한 로봇 움직임 및 안전하지 않은 시스템 상태는 방지되어야 한다.

- 개인 보조 로봇은 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4 그리고 IEC 60204-1과 같은 전자파적합성 시험의 모든 관련 표준을 준수해야 한다.

- IEC/TS 61000-1-2는 전자파 현상에 관한 장비를 포함한 전기 및 전자 시스템의 기능 안전 달성을 위한 방법론을 제공하는데 유용할 수 있다.

5.8.2 본질적으로 안전설계 (inherently safe design)

- 6.1에 언급된 제어시스템 기능은 IEC 62061의 6.4.3절의 전자파 내성 요구사항을 충족하도록 설계되어야 한다.

- 로봇 시스템의 다른 기능은 의도한 작동 환경에 따라 IEC 61000-6-1 또는 IEC 61000-6-2를 충족해야 한다

5.8.3 보호장치와 상호보완적인 보호조치

- 입사되는 방사에 대한 전자파 차폐물에 의해 위험도가 수용할 수 있는 수준으로 감소되어야 한다.

5.8.4 사용자 정보(information for use)

사용정보는 잠재적으로 장애를 야기할 수 있는 전자파의 성질 뿐만 아니라 방사되는 전자파의 속성에 대해 필요한 정보를 제공해야 한다.

5.8.5 검증 및 확인 (Verification and validation)

실증적 시험, 측정, 작동 중 관찰

5.10 Hazards due to robot motion

5.10.2 기계적 불안정성 (Mechanical instability)

5.10.2.1 General (안전요건)

- a) 개인 보조 로봇은 명시된 사용 조건에서 사용이 가능하기에 충분한 안정성을 가지도록 설계되어야 한다.
- b) 특정 상황에서의 특정 로봇 형태의 세부 안전 요구 사항은 5.10.6~5.10.7에 명시 되어 있다
- c) 개인 지원 로봇은 **고장 또는 합리적인 예측 가능한 오용으로 인한** 기계적 불안정(운동 중 전복, 쓰러짐 또는 과도한 기울어짐과 같은)이 최소화되도록 설계되어야 한다.
- d) 개인 보조 로봇은 **로봇의 기계적 안전성을 유지하기 위해 사용자에게 특별한 조치나 절차가 요구되지 않도록** 설계되어야 한다.
- e) 기계적 안정성은 취급, 운송, 설치, 사용, 폐기, 해체를 포함한 로봇의 **수명 주기의 어떤 단계에서도 영향을 받아서는 안 된다.**
- f) 로봇은 사용 목적에 적합한 기계적 안정성 표준을 준수해야 한다(보기를 들면, 이동형 개인지원로봇에 대해서는 ISO 7176-1, 휠체어에 대한 정적 및 동적 안정성은 ISO 7176-2 참조).
- g) 모든 움직이는 부품과 로봇의 하중으로부터 발생하는 정적 및 동적 힘에 대해 안정성이 유지되어야 한다(ex. 늘어날 수 있는 머니플레이터).

5.10.2.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

다음의 조치를 적절히 적용하여야 한다.

- a) 실제로 가능한 최대로 지면 지지 공간을 크게 설계;
- b) 로봇의 **무게 중심**을 실제로 가능한 가장 낮게 설계;
- c) 기계적 **공진**의 영향에 의해 불안정을 초래하지 않도록 로봇을 설계
- d) 움직이는 부품의 질량, 특히 메니플레이터의 질량을 최대한 작게 설계

5.10 Hazards due to robot motion

5.10.3 이동 중 불안정성 (instability during travel)

5.10.3.1 General (안전요건)

- 지정된 작업 환경하에서 가능한 모든 이동 패턴(전후진, 회전, 선회/U-turn, 가속,감가속)과 모든 의도된 속도에서, 이동 중 어떠한 위험한 전복, 폭주, 이송하는 물체나 로봇 부품의 낙하가 발생하지 않도록 설계되어야 한다
- 그 형태와 부하에 따라 의해 안정성이 변하는 개인지원로봇의 최대속도와 가속도는 각각의 의도된 상황에 맞게 결정되어야 한다
- 자율주행이 가능한 로봇의 제어시스템은 예측 가능한 조건(상황)에 대해 반드시 주행 안정성을 확보하도록 설계되어야 한다
- 로봇의 쓰러짐이나 전복에 대해 로봇 가까이 있는 사람이 보호되어야 한다
- 위험도 평가는 로봇의 탑승자의 잘못된 위치에 따른 잠재적 위험을 고려해야 한다. 만약 필요하다면, 로봇은 이동 중 탑승자가 올바른 위치에 있는지를 감지해야 한다

5.10.3.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

- a) 의도된 작업환경 내의 최악의 경사 표면에서 최대 속도로 회전할 때 또는 최대 가/감속으로 이동할 때도 낙하, 전복되지 않도록 질량분포설계
- b) 미끄러운 표면을 포함한 모든 표면 조건에서 충분한 접지력이 유지되도록 주행구동기(바퀴, 다리, 발 등) 를 설계하여야 한다
- c) 의도된 작업환경내의 최악의 불균일한 표면에서 주행할 때도 넘어지지 않도록 로봇 안정성을 설계하여야 한다

5.10.3 이동 중 불안정성 (instability during travel)

5.10.3.3 보호수단 및 보완보호조치 (safeguarding and complementary protective measures)

- a) 6.5.3(이동 표면 감지)에 따른 주행 표면 형상 감지
- b) 로봇은 환경 감지 기술을 이용하여 안전한 이동 경로를 계획할 수 있는 능력이 있어야 한다
- c) 계단, 구멍 등에 의한 높이 차에 의해 넘어지는 것을 방지할 수 있는 대책 제공
- c) 의도된 작업환경 내의 최악의 경사 표면에서 최대 속도로 회전할 때도 전복되지 않도록 하는 최대 속도의 제한
- d) 탑승로봇에서 안전벨트 이용가능성
- e) 탑승 로봇에서 안전한 이동을 위한 탑승자의 위치를 지속적으로 감지하고 만약 올바르지 않은 위치가 감지되면 적절한 반응(보기를 들면, 보호정지)
- f) 경고 신호의 사용. 예 음성, 시각, 진동 또는 이들의 조합.

위의 기능을 수행하는 모든 제어 시스템은 로봇 위험도 평가에 따라 6.1을 준수해야 한다

5.10.3.4 사용 정보 (Information for use)

- a) 개인지원로봇이 작동할 수 있는 환경 조건에 대한 정보 명시
- b) 로봇이 임무 수행할 때 발생 가능한 상황 중 위험한 상황을 유발할 수 있는 경우에 대한 경고
- c) Personal carrier robot의 경우 안전벨트, 헬멧과 같은 보호장구를 착용하도록 유도하는 지시와 경고
- d) 비정상적이거나 갑작스러운 동작, 예를 들어 급선회, 가속/감속을 하지 않도록 적당한 훈련이 제공되어야 한다.

5.10.3.5 Verification and validation

주행 안정성 성능은 다양한 표면 마찰 계수(카펫, 금속타일, 플라스틱 합판, 잔디 등)에 대해 평가되어야 한다.

실증적 시험, 작동중 관찰, 소프트웨어 검사

5.10.4 적재물 운송 중 불안정성 (instability while carrying loads)

5.10.4.1 General (안전요건)

- 하중(탑승자를 포함한)에 의한 운동학적 특성의 변화가 어떠한 위험도 발생시키지 않아야 한다.
- 개인 보조 로봇에 근접해 있는 모든 개인은 최대 적재물을 운송할 때 뿐만 아니라 로봇이 임무를 수행할 때 **물체의 낙하로부터 보호되어야** 한다. 이것은 불규칙적인 또는 움직일 수 있는 하중도 포함해야 한다(ex, 저장기의 유체 슬로싱)
- 비상 작동 시, 최대 감가속도율은 적재물을 안정하게 유지하는 데 필요한 요구조건을 포함하는 비상정지 동적 기준에 상응해야 한다.

5.10.4.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

- 개인지원로봇의 적재물 홀더, 배치 영역, 선반, 특히 그리퍼 또는 로봇 팔과 같은 말단장치는 손실된 적재물(하중)에 의한 사고의 가능성을 피할 수 있도록 설계해야 한다.
- 하중을 고정하는 수동적 수단 사용(나사, 탄성 타이, 스프링 압축된 클램프 등).
- 최대 적재량을 초과하는 하중을 피할 수 있는 제한 장치

5.10.4.3 방호벽 및 보조보호조치 (safeguarding and complementary protective measures)

- 적재물은 볼트 조임 또는 잠김 장치 또는 물림장비에 의한 고정에 의해 구속되거나 고정될 수 있다.
 - 최대 가속도는 정상 작동 시 적재물 안정성에 대한 요구사항에 상응해야** 한다.
 - 정상 작동에** 대해 제어된 정지 또는 비상 정지를 **포함한 감속도는 적재물 안정성에 대한 요구사항에 부합**해야 한다.
- 위의 기능을 수행하는 모든 제어 시스템은 로봇의 위험 평가에 따라 6.1항을 준수해야 한다.

5.10.4.4 사용 정보 (Information for use)

사용 정보는 운반될 적재물의 최대 크기 그리고/또는 중량, (필요하다면) 하중의 종류 그리고 운송할 하중의 한계에 대한 정보를 포함해야 한다. 적재물 고정(묶는)이 필요한 경우, 지침을 제공해야 한다

5.10.4.5 Verification and validation

로봇 손, 그리퍼 및 피팅의 성능은 이동형 개인 보조 로봇의 가속, 정지, 그리고 유턴과 빠른 매니퓰레이터 움직임과 같은 극단적 움직임이 연속되는 상태를 기준으로 결정되어야 한다. 모든 시험은 최대 적재물과 최대 속도에서 수행되어야 한다.

5.10.5 충돌 시 불안정성

5.10.5.1 General (안전요건)

- 사용자와 다른 사물 (사람 포함)은 충돌에 의한 위험한 동작으로부터 반드시 보호되어야 한다.
- 개인 보조로봇과 다른 장애물과의 충돌로 개인지원로봇이 불안정해져서는 안 된다
- a) 전 작동영역에 대해 접촉에 의한 위험도를 판정하는 적절한 변수(예, 접촉력)의 최대 허용값을 위험도 평가를 통해 반드시 결정하여야 한다
- b) 의도된 동작에 대해 명시된 한계 값까지 충돌력이나 장애물 감지 신호를 받았을 때도 어떠한 위험한 전복, 폭주, 로봇 부품의 탈락이 발생되지 않도록 설계되어야 한다

5.10.5.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

- a) 예상된 최대 한계 내에서의 의도하지 않은 충돌로 로봇이 뒤집히지 않도록 질량분포와 형상을 설계하여야 한다
- b) 위험한 불안정성을 유발하는 힘을 흡수하는 부드러운 재료의 사용

5.10.5.3 보호수단 및 보완보호조치

- a) 로봇 전복발생시 상해 방지용 에어백 이나 안전벨트의 사용
- b) 예상된 최대 힘으로 충돌 시에도 통제되지 않은 폭주를 방지할 수 있는 이동식 플랫폼의 제동성능설계(6.2.3 (제동성능)참조)
- c) 충돌력을 최소화하도록 로봇의 거동 설계(6.6 (안정성 제어)참조)
- d) 충돌시의 높은 충격력과 불안정성을 최소화 하도록 속도제한(6.7 (안전관련 힘제어) 참조) 사용

5.10.5.4 사용 정보 (Information for use)

허용할 수 있는 힘과 충돌 시나리오의 수준을 판정할 수 있는 모든 파라미터에 대한 자세한 정보를 포함해야 한다.

5.10.5.5 Verification and validation

실증적 시험, 작동 중 관찰, 소프트웨어 검토, 임무기반 위험도 분석의 검토

5.13 움직이는 요소와의 접촉에 의한 위해 요소

5.13.1 General (일반적 요구사항)

- 개인지원로봇은 모터 샤프트, 기어, 구동 벨트, 바퀴, 트랙 이나 링크 같은 요소에 노출됨으로써 발생하는 위해 요소의 위험도가 수용할 수 있는 수준이 되도록 설계되어야 한다.
- 개인지원로봇은 위험 부위가 신체에 닿는 것을 방지하기 위해 ISO 13857을 준수하여 설계되어야 한다

5.13.2 본질적 안전 설계(inherently safe design)

- a. 접촉 가능한 움직이는 부품의 수가 최소가 되도록 설계되어야 한다.
- b. 로봇은 모터, 샤프트, 기어, 드라이브 벨트, 바퀴, 선로 또는 연결장치와 같은 움직이는 부품이 노출되지 않도록 설계되어야 한다.

5.13.3 보호수단 및 보완보호조치

- 움직이는 부품에 의한 위해 요소는 예상되는 접근 빈도에 따라, 고정된 방호장치나 이동 가능한 방호장치에 의해 예방되어야 한다(ISO 14120 참조).
 - a. 고정 방호장치 사용되는 경우, 다음 요구사항이 적용되어야 한다:
 1. 고정된 방호장치는 **도구로만 열리거나 또는 제거될 수 있게** 설치되어야 한다.
 2. 방호장치 고정장치는 방호장치가 제거되어도, 방호장치 또는 로봇에 부착되어 남아있어야 한다. 가능하다면 방호장치는 고정장치 없이 남아있을 수 없어야 한다.
 - b. 이동 가능한 방호장치가 사용될 때는, 다음 요구사항이 적용되어야
 1. 이동 가능한 방호장치는 쉽게 제거되지 않도록 설계되어야 한다. 그리고 한번 열리면 로봇에 부착된 상태로 남아있어야 한다.
 2. 이동가능한 방호장치는 (방호장치의 제거 시) 움직임이 정지할 수 있도록 위험한 움직임과 연동(interlock) 되어야 한다. 방호장치는 ISO 14119에 따라, 방호장치에 의해 덮힌 위험한 기계기능에 기인한 위험도가 사라질 때까지 닫히고 잠겨있는 상태를 유지해야 한다.
 - c. 울타리는 회전부품에 대한 보호를 제공할 수 있도록 사용되어야 한다.

5.3.1.4 사용 정보 (Information for use)

- 고정 또는 이동 가능한 방호 장치가 로봇설계에 포함된 경우, 문서는 그것의 올바른 설치, 조정 및 제거에 **필요**한 모든 지침을 포함해야 한다.

6. Safety-related control system requirements

안전 관련 제어 시스템 요건

▪ 6.1 general

- 위험도 저감을 위한 3단계 대책 중 **보호 조치를 제어시스템으로 구현할 경우에 대한 추가 요구사항: 반드시 충족**
- 각 제어시스템 기능 (전기,유공압, SW)에 대해 요구되는 **PL(성능수준) / SIL(안전무결성 수준)**은
 - 반드시 **위험도 평가를 통해 결정되어야 함**
 - ISO 13849-1 또는 IEC 62061에 부합해야 하고 검증 및 확인 되어야 함
- 위험도 저감 위해 다음 제어 시스템 기능 사용될 경우 **→ 각 항목의 PL/SIL 반드시 정의되어야 함**
 - a) 비상정지 emergency stop
 - b) 보호정지 protective stop
 - c) 작업공간 제한 limits to workspace
 - d) 안전관련 속도 제한 safety-related speed control
 - e) 안전관련 힘 제한 safety-related force control
 - f) 위대한 충돌 회피 hazardous collision avoidance
 - g) 안정성 제어 stability control (including overload protection)

What if protective measures selected depend on a *control system*?

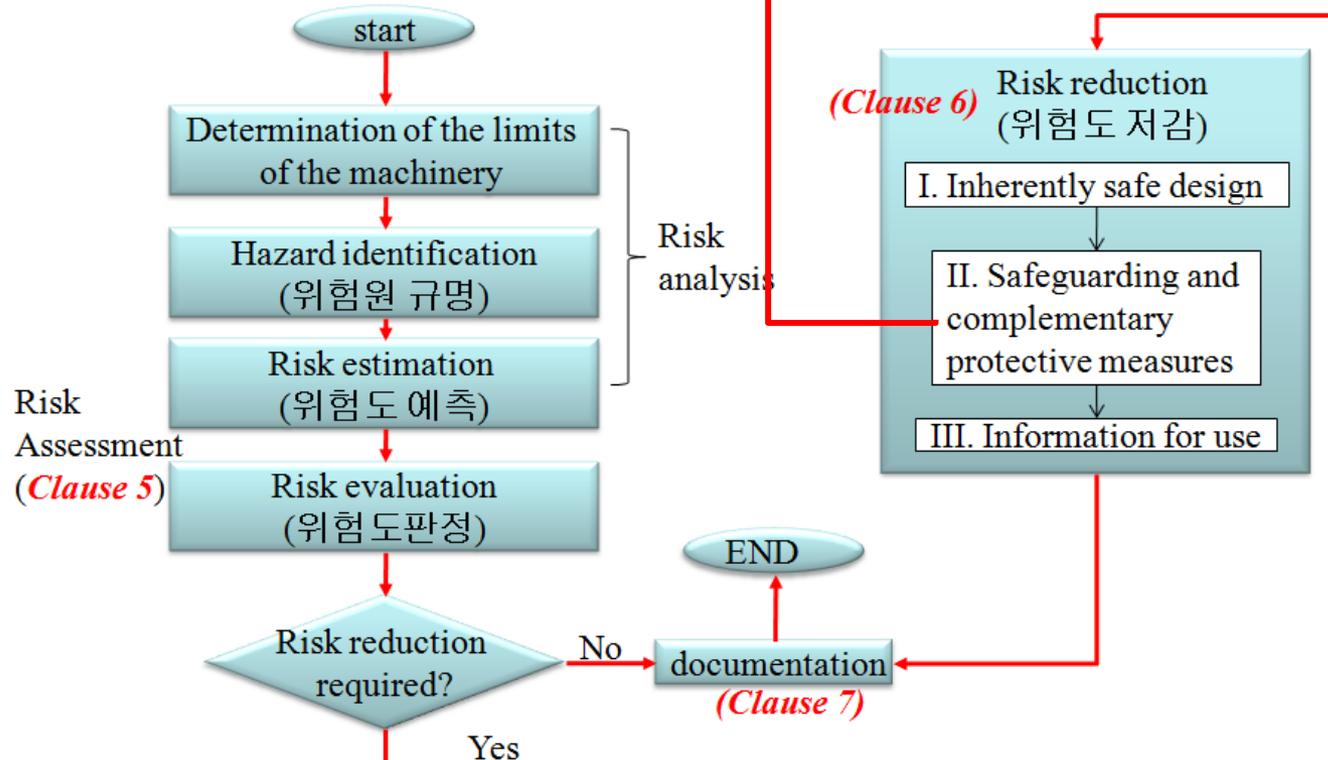
Iterative design process of safety-related parts of the control system(SRP/CS)
(i.e. *determine PLr and verify achieved PL*)

Key concept of ISO 13849

ISO 13849

Protective measure selected depend on a *control system*?

Sensors & feedback



ISO 13482
ISO 12100

- Mobile servant robot, physical assistant robot, person carrier robot 모두 risk level에 따라 2 type으로 분류 → **제조자가 결정**

A. 이동형 도우미 로봇 Mobile servant robot

Type 1.1: small AND light weight AND slow AND no manipulator

Type 1.2: large OR not light weight OR fast OR with manipulator

B. 신체 보조 로봇

B.1속박 유형 (Restrained type)

형태 2.1 : 작은 동력의 신체 신체보조(사용자가 개인지원로봇을 압도 할 수 있다.)

형태 2.2 : 높은 동력의 신체보조(사용자가 개인지원로봇을 압도 할 수 없다.)

B.2속박 없는 유형(Restrained-free type)

형태 2.3 : 낮은 동력 사용 AND 자율 모드 없음 AND 정적으로 안정 AND 경량 AND 느림

형태 2.4 : 낮지 않은 동력 OR 자율 모드 OR 정적으로 안정되지 않음 OR 무거움 OR 빠름

C. 탑승 로봇

형태 3.1 : 기립한 탑승자가 한명 AND 평평한 실내 표면 AND 느리고 AND 가볍고 AND 반 자율

형태 3.2 : 다수 탑승자 OR 탑승자는 일어서지 않은 상태 OR 외부 OR 빠름 OR 고르지 않은 표면 OR 자율

6.1.3 Required performance level for selected personal care robot types

- 대부분의 응용에서 충분한 위험도 저감을 제공할 것으로 기대되는 PL
- 반드시 충족되어야 함**

Safety functions of personal care robots	Type of robot							
	Mobile servant robot		Physical assistant robot				Person carrier robot	
	Type 1.1	Type 1.2	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	Type 2.4	Type 3.1	Type 3.2
6.2.2.2 Emergency stop	d (no low risk option)		c	d	c	d	d	d
6.2.2.3 Protective stop	b	d	b	d	b	c	c	e
6.3 Limits to workspace (incl. forbidden area avoidance 6.5.3)	b ¹	d	b	d	a	d	N/A	e
6.4 Safety-related speed control	b	d	b	b	b	d	c	e
6.7 Safety-related force control	b	d	b ³	e ⁴	a	b ⁵	N/A	N/A
6.5.2.1 , 6.5.2.2 Hazardous collision avoidance	b	d	N/A	N/A	b	d	N/A	e ⁶
6.6 , 6.7 Stability control (incl. overload protection)	b	d ²	N/A	c	b	d ²	b ⁷	d ²
<p>1 Avoiding forbidden areas shall have PL d.</p> <p>2 If the personal care robot is inherently unstable, PL e is required.</p> <p>3 If the risk assessment shows that the user might not be able to overpower the personal care robot due to any particular situation (e.g. being unconscious), the Type 2.2 requirement shall apply unless the robot has an inherent limitation that prevents harm being caused.</p> <p>4 If other limiting functions (e.g. workspace or speed limitation) also provide protection against the same risk, PL d is allowed, provided that all the relevant functions are designed to this level.</p> <p>5 If force control is used for collision avoidance or actively holding the person, PL d is required.</p> <p>6 The control system shall achieve PL e, but this might not be achievable for sensing mechanisms. In this case, the risks caused by systematic failure of sensors shall be reduced as low as reasonably practicable.</p> <p>7 If the personal care robot is inherently unstable, PL c is required.</p>								

6.2 로봇 정지

6.2.2 로봇 정지 기능 (비상정지, 보호 정지(protective stop))

6.2.3 제동 성능 (braking performance)

6.3 작업 영역 제한

6.4 안전 관련 속도 제어

6.5 안전관련 주위환경 감지

6.5.2.1 비접촉 감지

6.5.2.2 접촉 감지

6.5.3 주행표면 감지

6.6 안정성 제어 (stability control)

6.7 안전관련 힘 제어

6.8 특이점 보호 (singularity protection)

6.9 사용자 인터페이스 설계

6.9.2 상태 표시

6.9.3 연결 및 해제

6.9.4 다중 로봇에 대한 단일 명령 장치

6.9.5 다중 명령 장치

6.9.6 무선 또는 착탈식 명령 장치

6.9.7 허가되지 않은 사용에 대한 보호

6.10 작동 모드

6.10.2 자율 모드 (autonomous mode)

6.10.3 수동 모드 (manual mode)

6.10.4 준 자율 모드 (semi-autonomous mode)

6.10.4 정비 모드 (maintenance mode)

6.11 수동 제어 장치

What is in ch.6?

▪ 6.2 로봇 정지

- **의도된 제동 시**에는 **모든 속도에서** 위대한 전복, 폭주, 적재물이나 로봇 부품의 낙하 없이 **안전한 정지**를 할 수 있도록 설계되어야 한다
- 정지 상태는 PC로봇의 종류에 따라 다르므로, 로봇 제조자에 의해 정지상태가 정의되어야 한다.
- 독립적인 정지 기능에 의해 정지할 때는 반드시 제동 기구에 의해서만 정지되어야 하며, 이 때 제동기구는 다음 요건이 반드시 적용되어야 한다
 - a) 필요 시 동력 공급을 중단한 후 작동해야 한다
 - b) 적재 중량, 속도, 주행 표면 마찰, 경사도 및 마모를 고려하여, 제공된 물체 감지 장치의 작동 범위 내에 로봇을 정지시켜야 한다
 - c) 생산자에 의해 제시된 **이동 표면의 최대 경사에서도** 로봇과 최대 허용 중량이 **움직이지 않게** 유지해야 한다.
 - d) **중요한 제어 기능의 손상 시에도 반드시 작동해야** 한다

6.2.2 로봇 정지 기능 (Robot stopping function)

-6.2.2.1 일반

- 개인지원 로봇은 **반드시 보호 정지(protective stop) 기능을 가져야** 한다
- 위험도 평가에 의해 독립적인 **비상정지 기능이 요구되면 반드시 설치**되어야 한다

- 6.2.2.2 비상정지 (Emergency stop)

- 로봇 동작을 기동하거나 다른 위대한 상황을 유발할 수 있는 각 명령장치는 반드시 **수동으로 기동되는 비상정지 기능**을 가져야 한다
- 이때 **비상정지 기능**은
 - a) IEC 60204-1의 요건과 부합해야 하며 다른 모든 로봇 제어에 우선한다
 - b) 모든 통제 가능한 위험요소를 멈추게 해야 한다
 - c) 만약 로봇이 안전한 멈춤 상태(safe stand-still)에 있다면 로봇 구동기로부터 **구동력 제거**
 - d) 로봇 시스템에 의해 제어되는 위험요소를 통제 할 수 있는 능력을 제공할 수 있어야 함
 - e) 리셋 될 때까지 계속 작동해야 한다
 - f) 리셋 이후에는 **재시동을 일으키지 않는 수동 조치에 의해서만 리셋 되어야 하며**, 재출발만 허용하여야 한다
- IEC 60204-1에 부합한 위험도 분석을 통해 비상정지 기능의 **category (0 또는 1)**를 선택하여야 한다
- 비상정지 장치는 반드시 IEC 60204-1과 ISO 13850에 부합해야 한다
- 다음 PL을 반드시 준수해야 함

Safety functions of personal care robots	Type of robot							
	Mobile servant robot		Physical assistant robot				Person carrier robot	
	Type 1.1	Type 1.2	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	Type 2.4	Type 3.1	Type 3.2
Emergency stop	d (no low risk option)		c	d	c	d	d	d

6.2.2.3 보호 정지 (protective stop)

- 안전관련 제어 기능의 사용에 의해 위험도가 저감될 경우, 개인지원 로봇은 반드시 하나 또는 복수의 보호 정지(protective stop) 기능을 가져야 한다
- IEC 60204-1 에 규정된 정지기능의 category는 위험도 평가(risk assessment)를 통해 결정하여야 한다
- 보호정지 기능은 위해요소를 다음을 통해 통제하여야 한다
 - 모든 위해한 로봇 동작을 멈추게 함
 - 로봇 구동기 동력을 제거 또는 제어
 - 로봇 시스템에 의해 제어되는 다른 위험요소를 제어
- 통제된 정지기능은 6.1절의 요건에 부합해야 한다
- 개인지원로봇은 구동 동력을 제거하지는 않지만 로봇 정지 후 stand-still 상태의 모니터링은 요구되는 IEC 60204-1 에 규정된 stop category 2의 보호 정지기능을 가질 수 있다
- 안정된 정지상태(stand-still) 에서의 모든 의도하지 않은 운동이나 보호정지기능의 고장 시 IEC 60204-1 에 의거 반드시 stop category 0의 정지를 하여야 한다.
- Performance levels for protective stop of personal care robots

Safety functions of personal care robots	Type of robot							
	Mobile servant robot		Physical assistant robot				Person carrier robot	
	Type 1.1	Type 1.2	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	Type 2.4	Type 3.1	Type 3.2
Protective stop	b	d	b	d	b	c	c	e

6.2.3 제동 성능 (Braking performance)

- 로봇 이동 플랫폼의 보호 정지(protective stop) 기능을 시행하는 제어시스템 기능의 설계에는 반드시 플랫폼의 제동 성능, 즉 **모든 예측가능한 이동 표면 조건에서 개인지원로봇이 정지하는 데 필요한 거리를 반드시 고려해야** 한다
- 제동성능이 개인지원 로봇이 명시된 이동표면 조건에서 정격속도와 정격 하중상태로 이동 할 때 어떤 장애물과도 위험한 충돌을 피할 수 있도록 제동성능은 충분 해야 한다
- 위험도 평가에 의해 결정된 최악의 이동표면상태에서도 가능한 한 최대수준으로 정지하여야 한다.
- 실질적으로 가능하다면 개인지원로봇은 표면 조건을 미리 예측하여 위험한 표면 조건을 회피할 수 있어야 한다

6.4 안전 관련 속력 제어

- 초과 시 상해를 유발할 수 있는 개인지원로봇의 **안전관련 제한 속도는 반드시 위험도 평가를 통해서 결정**돼야 함
- 접근이 가능한 로봇 운동부에 위치한 대표점들의 속도 계산을 통해 결정
- **허용 최대 속도는 인가 받은 관계자만 조정**할 수 있다
- 개인지원 로봇에 의해 수행되는 임무에 따라 다른 제한 속도 가능하고 한 상황에 한 개의 제한속도만 유효
- 이동부의 속도가 안전관련 제한 속도를 초과하지 않도록 개인지원 로봇의 속도가 반드시 제어되어야 함
- 안전속도(safety-rated speed) 제어는 **고장 시에도** 머니플레이터 말단장치(end-effector)나 로봇 다른 부분의 **속도가 안전관련 제한 속도 넘지않고, 고장 시 안전상태(safe state)가** 발효되도록 설계 및 제작 되어야 한다

Safety functions of personal care robots	Type of robot							
	Mobile servant robot		Physical assistant robot				Person carrier robot	
	Type 1.1	Type 1.2	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	Type 2.4	Type 3.1	Type 3.2
Safety-related speed control	b	d	b	b	b	d	c	e

6.5 Safety-related environment sensing

6.5.1 일반

- 의도된 용도에 대한 적합한 위험도 평가에 따라 적절한 물체 감지 기능이 반드시 내장되어야 한다
- 감지될 수 있는 물체에는 인간, 동물, 그리고 환경내의 다른 안전관련 물체들이 있다
- 안전관련 장애물과 로봇 사이에 허용가능한 접촉력이나 거리를 확보하기 위해 물체 감지 장치가 반드시 적용되어야 한다
- 이동 표면의 특성 및 이동 표면 형상을 감지하고, 불안정성에 관련된 위험요소를 피하기 위해 이동표면 감지 기능이 사용되어야 한다

6.5.2 비접촉 감지

- ESPE 또는 비 접촉 감지 장비는 요구된 안전 수준을 유지하기 위한 최소 작동거리와 상대 접근속도의 감소를 보장하기 위해 사용되어야 한다
- 사람의 감지가 필요할 경우, IEC 61496의 관련 부분에 따라 ESPE는 사용되어야 한다.
- 사람 외에 안전관련 물체를 감지해야 할 경우, ESPE외의 비접촉 감지장치가 사용가능하며, 감지장치의 감지성능 및 신뢰성은 위험도 분석에 의한 요건에 적합해야 한다.
- 최소 거리 내의 한개 또는 이상의 안전관련 대상물의 감지는 다음 방법에 의해 개인지원이 안전한 상태가 되게 해야 한다.

- 6.2.2.3에 의한 보호정지의 개시
- 6.4에 따른 안전관련 속도제어를 이용한 안전속도 감소의 개시
- 안전관련 대상물까지의 이격거리의 유지

6.5 Safety-related environment sensing

6.5.2 비접촉 감지

-ESPE 또는 비 접촉 감지 장비는 요구된 안전 수준을 유지하기 위한 최소 작동거리와 상대 접근속도의 감소를 보장하기 위해 사용되어야 한다

-인간의 감지가 요구될 때, 최소 거리는 ISO 13855에 의해 결정되어야 한다.

-인간외에 다른 안전관련 대상물(가축, 벽, 가구, 최대 공간 경계)에 대한 감지가 필요한 경우, 이격거리는 ISO 13855의 공식에 의해 결정되어야 한다. 단, 침입거리 파라메타 C는 제외한다.

로봇의 형태	이동형 도우미 로봇		신체 보조 로봇				탑승로봇	
	형태 1. 1	형태 1. 2	형태 2.1	형태 2.2	형태 2. 3	형태 2. 4	형태 3. 1	형태 3. 2
개인지원로봇의 안전기능	b	d	N/A	N/A	b	d	N/A	e ¹
안전관련 속도 제어	b	d	N/A	N/A	b	d	N/A	e ¹
¹ 제어시스템은 PLe를 달성해야 한다. 그러나 감지 기구에 대해서는 PLe를 만족하지 못할 수 있다. 이 경우, 시스템 고장에 의해 유발되는 위험도는 합리적으로 구현 가능한 최대한 낮은 수준으로 저감되어야 한다.								

개인지원로봇의 위험한 충돌 회피제어에 대한 성능 수준

6.5.3 접촉 감지 (Contact sensing)

-접촉감지는 다음 능력을 갖춰야 한다

a) 로봇 구조(관절 수준에서) 전체에 걸쳐 접촉이 감지되어야 한다

b) 접촉력은 위험도 평가에 의해 제한되어야 한다. 다른 기술 표준과 과학 논문에 명시된한계 값을 이용하는 것이 바람직하다(참고문헌 참조).

-사람감지에 사용되는 접촉감지는 ISO 13856의 관련 부분의 요구 사항을 준수해야 한다.

-압력감응 보호장치(PSPE)가 위험한 충돌을 방지하기 위해 안전관련 감응 장치로 사용된다면, 6.1을 준수해야 하고 ISO13856에 규정된 방식대로 설치되어야 한다

6.5.3 이동 표면 감지

- 자율주행이 가능한 모든 개인지원로봇은 안전 관련 표면 형상이나 조건(불균일 지면, 계단, 미끄러운 지역 등)을 감지할 수 있는 능력을 가져야 한다
- 감지된 경로나 지역을 주행할 수 있는지 여부를 판단할 수 있어야 한다
- **표면 조건 감지 성능은 의도한 주행 경로 방향으로의 제동 가능성을 로봇이 판단하기에 충분한 수준이어야 한다**
- 로봇에 의해서 확실하게 탐지 가능한 표식, 태그, 마그네틱 테이프가 갖추어진 환경이라면, 그것들은 충분히 많은 개수와 장소에 설치되어서 로봇이 사각지대(blind spot)를 갖지 않도록 해야 한다.
- 이동표면감지 성능을 평가하기 위해서는, 틈, 턱, 계단과 같이 다양한 표면의 장애물이 로봇과 목적지 사이에 놓여있는 것이 좋다. 그렇게 하여 로봇이 해로운 표면 상태를 안전하게 회피하거나 걸려 움직일 수 없는 상태 없이 안전하게 정지할 수 있는지에 대한 로봇 성능을 평가할 수 있다

6.10 작동 모드

- 개인지원로봇은 한번에 한 개의 정의된 모드에서만 동작하도록 설계되어야 한다
- 위험도 평가 결과 두 모드간 전환에 잠재적 위험요소가 있을 경우 로봇은 모든 전환 직전에 반드시 보호정지를 수행해야 한다
- 모드의 선택은 명확하게 표시되어야 하며, 모드 선택이 다른 로봇 운동 또는 다른 위험요소를 스스로 개시시키지 않아야 한다
- 모든 작동모드에서 어떤 안전기능이 동작 중이고, 어떤 안전기능이 불활성화 되어 있는지 명확해야 한다
- 모드 전환 시에는 중지되었던 모든 안전 기능이 완전한 수준으로 회복되어야 한다

Characteristic	Operational mode			
	Autonomous mode	Semi-autonomous mode	Manual mode	Maintenance mode
Initiation of action	By the robot or the user	By the user	By the user	By an authorized person
Frequency of human intervention	once/rare	frequently	constantly	constantly
Degree of supervision by the human	none/very low	low to high	high	high
Task example	Fetch and carry task for mobile servant robot	Person carrier robot with autonomous navigation capability. Human can override speed and direction	Teaching, tele-operation, programming and program verification	Maintenance
User restriction	none	none	none	Key lock or password protection required.

6.10.2 자율모드(Autonomous mode)

- 자율모드에서 개인지원로봇은 자동 또는 자율적으로 움직일 수 있다
- 위험도 평가에 의해 정의된 자율모드에 요구되는 안전 기능이 반드시 활성화되어 있어야 한다

6.10.3 수동 모드(Manual mode)

- 수동모드에서는 로봇이 인간 개입에 의해 작동되는 것을 허용한다
- 수동모드는 로봇의 교시(teaching), 원격작업(tele-operation), 프로그래밍 및 프로그램 검증에 사용될 수 있다
- 수동 운항(navigation)/유도(guidance)에 의한 작업이 수행되고 있다고 알리는 적절한 지시 사항과 경고가 사용자 정보에 반드시 포함되어야 한다
- 수동모드에 대한 특정 위험요소를 경감하기 위해 어떤 안전장치와 보호대책이 필요한지 결정하기 위한 위험도 평가(risk assessment)가 반드시 수행되어야 한다

6.11 수동 제어 장치 (Manual control devices)

6.11.4 의도되지 않은 작동에 대한 보호

- 수동 제어 장치는 의도되지 않은 작업을 방지하도록 다음 방법을 이용하여 설계 및 제작되어야 한다

- a) 개인지원로봇이 수동 제어 또는 원격 제어 상태에 있을 경우, 로봇 동작의 개시 또는 부분제어 선택의 변경은 반드시 하나의 소스로부터 독점적으로 수행되어야 한다
- b) 적절하게 설계된 수동 제어 장치의 사용 예) 보호된 누름 버튼, 터치패널의 순차동작, key 선택 스위치
- c) 우발적인 접촉이 일어나지 않도록 수동명령장치의 적절한 위치 배치
- d) 필요한 경우 의도하지 않은 행동이나 셋팅(setting)의 변화를 방지하기 위해 여러 단계의 접근권한(access)이 반드시 사용되어야 한다

Remarks on ISO 13482

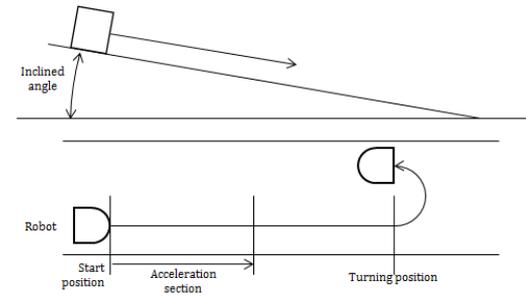
- ❖ **ISO 13482**
 - ✓ 비의료용 개인지원로봇의 안전표준을 규정
 - ✓ 유일한 개인지원로봇 안전 국제표준
 - ✓ 유일한 인증 근거문서
- ❖ **인증을 위해 ISO 13482 부합성 검증 필요**
- ❖ **총론 성격의 문서 → 시험 방법 구체성 결여**
- ❖ **세부적인 시험방법(시행 세칙) 필요**
 - ✓ ISO 23482-1 개발

ISO TR 234821-1

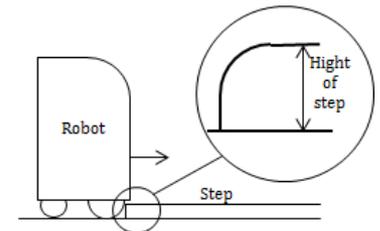
- **ISO TR 23482-1, Robotics - Safety-related test methods for ISO 13482**
 - ✓ ISO 13482 안전인증(안전요구조건 부합성 검증)을 위한 시행세칙 필요
 - ✓ 일본 내 여러 제조사들이 ISO 13482 적용 대상 제품을 지속적으로 출시함에 따라 인증 및 인증시험에 필요한 기준이 필요하게 되어 시험평가 표준을 강력하게 요청
 - ✓ 2016.03 NWIP 승인 후 일본 주도로 개발 시작
 - ✓ ISO TR (Technical report)로 2020년 02월 공표
- 안전성 검증 시험 방법을 규정하고 있어 인증 시행 시 매우 영향력 큰 표준

ISO TR 23482-1 시험 방법 항목

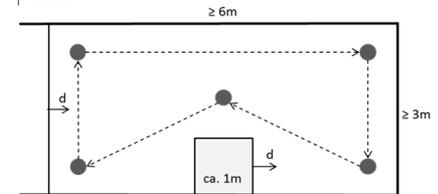
- 신체 접촉부 전압
- 소음
- 표면온도
- 인간-로봇 충돌 시 상해 지표
- 착용로봇(Exoskeleton) 체결부에서의 피부상해
- 내구성 (온도, 습도, 진동, locomotion, 충돌)
- 동적 안정성 (경사면에서 moving part에 의한 주행 안정성)
- 동적 안정성 (다양한 표면 조건에서 제동 및 가속 시 안정성 평가)
- 동적 안정성 (경사면에서 up/down slope 제동 및 가속 시 안정성)
- 턱(step), 틈(gap)에 대한 안정성
- 안전 관련 광학 센서 기능 (실내외 저조도 반응성, 실내 조명 간섭)
- 미끄러운 환경에서의 동작
- 전자기파 간섭
- 안전관련 장애물 대응성 (볼록/오목 장애물에 대한 정지거리 & 정지 속도)
- 위치결정(localization) 및 주행 (navigation)
- 자율 의사 결정 신뢰성
- 명령장치(command device)의 연결, 단락, 재연결 시 작동 안전성
- 다중 명령장치 또는 의도되지 않은 명령장치에 대한 반응성
- 무선 또는 착탈식 명령장치의 통신 단절 시의 작업 안전성
- 의도된 또는 의도되지 않은 로봇과의 접촉 시의 힘제어 측정 (ISO/TS 15066 관련)



Down slope full turn test



Stability test for steps and gaps



Localization and Navigation test

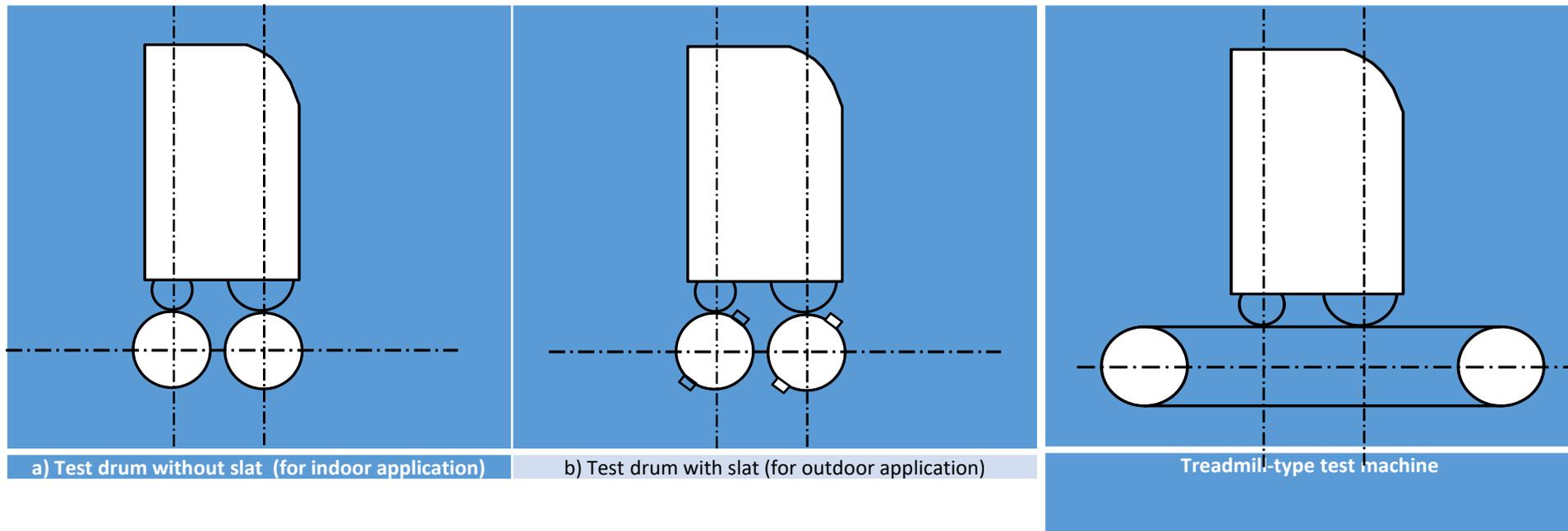
9.2 Durability in locomotion (mobile robot)

- ISO 13482:2014 Clause 5.11.1의 durability throughout its design life에 대한 부합성 평가
- 지속적인 로봇 주행으로부터의 **visible damage** (e.g. fracture, deformation, or disengagement of parts)와 functional damage (e.g. abnormality of control system) 검사

➤ 실험장치

a) Test road: Drum or treadmill

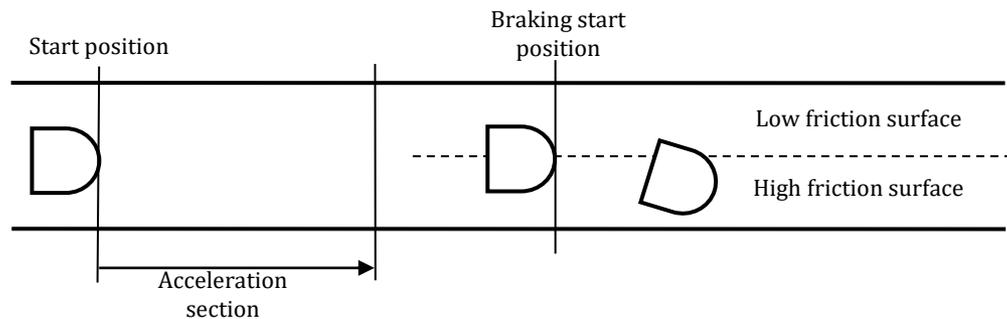
- Drum: 로봇이 지면과 작은 면적으로 접촉하는 경우에 적용(Drum 구조: ISO 7176-8:1998)
- Treadmill: 고중량 로봇과 거친환경용 로봇을 제외한 모든 로봇에 적용



13.2 Stability test on a flat surface

13.2.1 Braking test on **split** surface

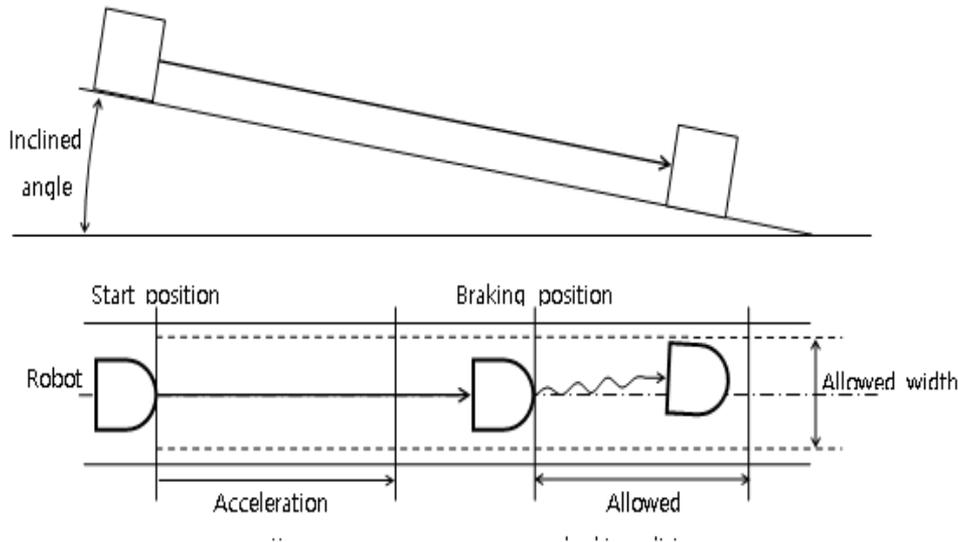
- 시험 표면 우측 마찰계수 최소 0.75 이상으로 유지
- 좌측 마찰 계수 0.30 이하로 유지
- 시작점에서 Centerline 따라 가속구간에서 최대속도까지 가속
- 제동 시작 점에서 최대 제동력으로 제동
- 다양한 제동법 보유 시 모든 방법에 대해 시험
- 로봇의 **전복이나 탑승자/적재물 낙하 기록**



Braking from maximum speed

13.3.3 Down slope acceleration and braking test

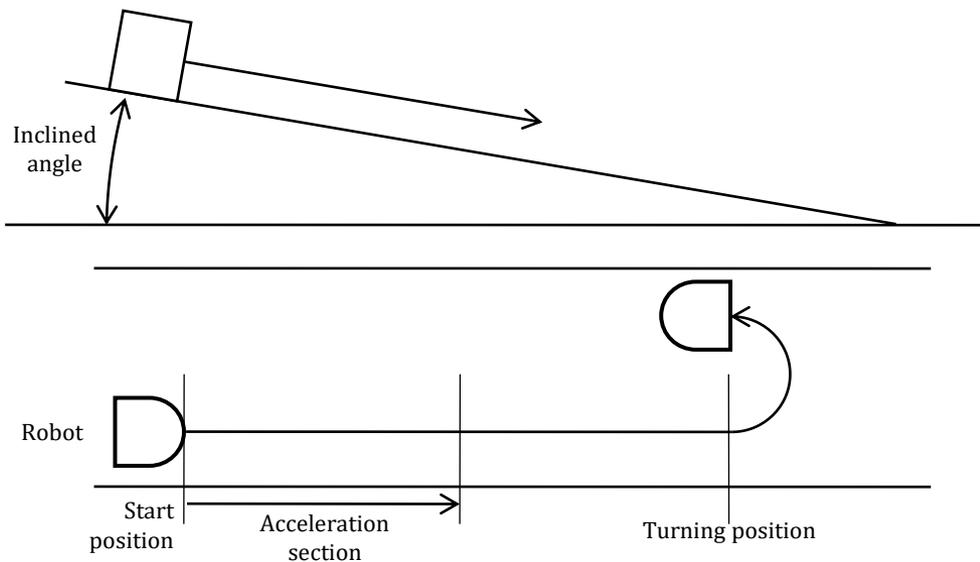
- 최대 가속도로 내리막 경사로를 따라 가속구간에서 가속
- braking start position 에서 최대 제동력으로 제동하여 정지
- 다양한 제동법(정상 동작 대상 제동, 보호정지 위한 제동, 비상 정지위한 제동) 보유 시 모든 방법에 대해 시험
- 로봇 사양에 제시된 정지 거리에서 로봇의 일부분이 벗어났는지 기록
- 제동 시작부터 정지까지 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록
- 제동거리 측정이 시험의 목적이 아니고, 허용된 정지거리나 정지 폭 초과 여부를 확인하고 제동시의 로봇의 안정성을 확인하는 것이 목표



Down Slope Acceleration and Braking Test

13.3.5 Down slope full turn test

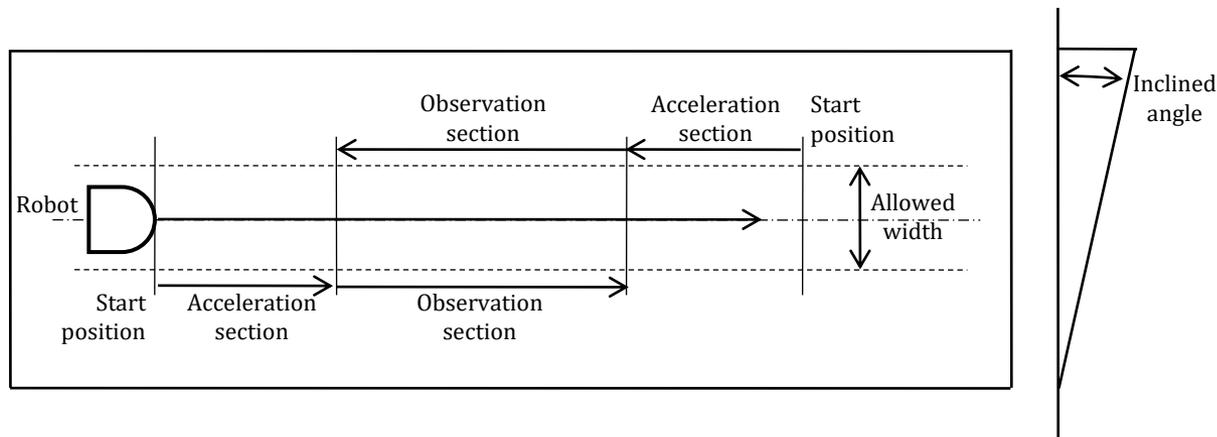
- 내리막 경사로를 따라 가속구간에서 최대 속도까지 가속
- 최대속도 유지한 채 turning position에서 **최소 회전반경으로 180°회전**
- 로봇이 pivot turn이 가능한 경우 정지 후 360° 이상의 pivot turn 수행
- 회전 시작 시 제시 속도 달성 여부 확인
- 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록
- 시계방향/반시계방향 회전 시험 수행



Down Slope Full Turn Test

13.3.6 Inclined surface crossing test

- 관측 구간 통과 후 정지
- 로봇의 일부분이 허용 폭을 벗어났는지 여부 기록
- 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록
- 반대방향으로 시험 재 수행



13.3.7 Pivot turn on inclined surface test

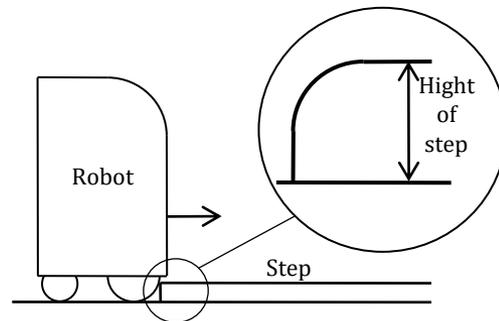
- 경사면에서 정지상태에서 pivot turn을 10회 또는 균형상실(instability) 발생 시까지 수행
- 반대방향 회전 시험 수행
- 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록

13.4 Stability test for steps and gaps

- 로봇 사용 환경에서 계단과 틈이 예상될 경우 시험
- 계단높낮이는 로봇 사양 상 **동작 가능한 최대 높이**로 설정
- 사양제시 없는 경우 실외용 로봇은 50mm, 실내용 로봇은 20mm로 시험
- 틈의 폭과 깊이는 로봇 사양에 제시된 로봇이 작동 가능한 최대 값으로 설정

13.4.2 Moving up from stop position

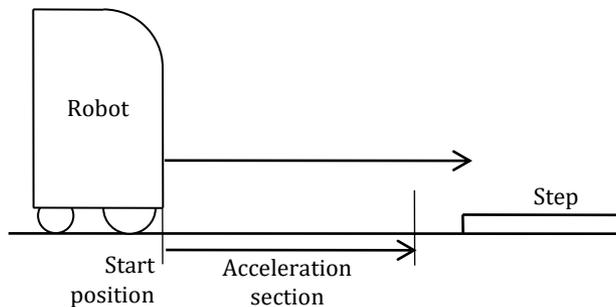
- 앞바퀴가 계단에 접촉하도록 로봇 배치
- 로봇 주행 방향에서의 로봇과 계단의 각도
 - 안정성에 최대 영향을 미치도록 설정
 - 사양 미제시 경우 $90^\circ \pm 5^\circ$ 로 설정
- **최대 출력으로 계단을 오른 후 정지**
- 계단 통과 시 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록



Moving up from stop position

13.4.3 Moving up at maximum speed

- 가속구간에서 최대 속도로 가속
- **최대 출력으로 계단을 오른** 후 정지
- 로봇의 계단 충돌 각도
 - 안정성에 최대 영향을 미치도록 설정
 - 사양 미제시 경우 $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 로 설정
- 제시된 속도 도달 여부 확인
- 계단 통과 시 로봇 전복, 탑승자/적재물 낙하 여부 기록

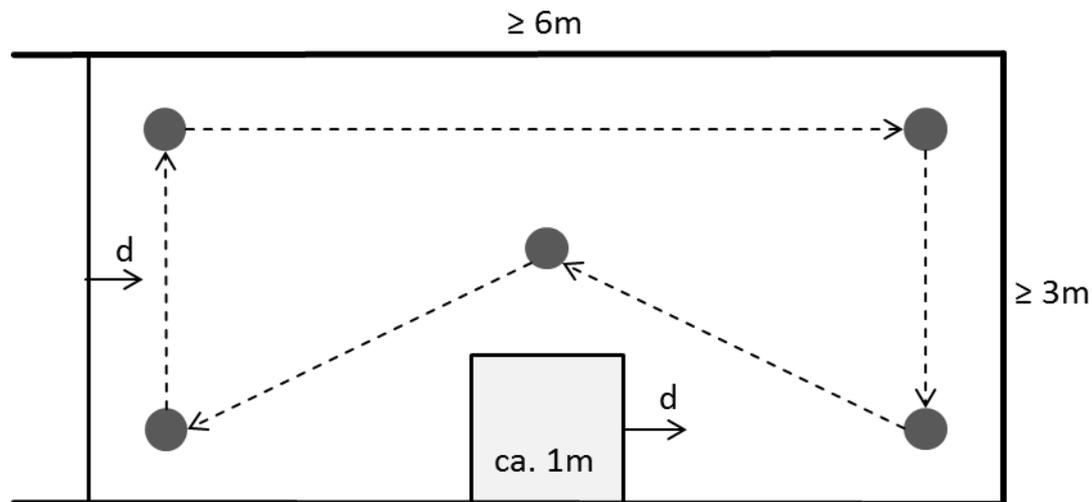


Moving up at maximum speed

15.2 Test of safety related localization and Navigation

- 로봇이 map data, features(특징물)/marker를 이용하여 위치를 결정하며 주행
- Internal map에 저장된 geometry와 다르게 geometry 변형
- **변경된 geometry에 대해 로봇이 위대한 방식으로 반응하는지 여부 검토**
- 위치결정을 위해 Internal map과 marker/feature를 사용하는 모든 이동로봇에 적용

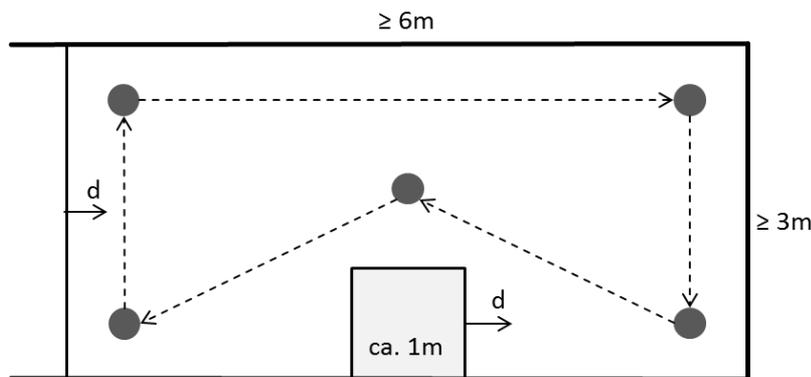
- 각 변의 길이가 6m, 3m 이상(로봇의 크기 고려)되는 직사각형 공간
- 긴 변의 중앙에 1m 크기 직사각형 장애물 배치
- **한쪽 짧은 벽 이동 가능**
- 벽과 장애물에 충분한 개수의 marker 부착
- 벽과 장애물은 로봇 localization에 사용되는 센서가 감지할 수 있을 만큼 커야하며 외부 센서의 시야를 가릴만큼 커야함



➤ 시험 절차

- 1) 초기 벽 및 장애물 배치 상태의 지도를 수동(직접 지도 제공)으로 생성하거나 로봇이 직접 (ex. slam이용) 생성
- 2) 벽 및 장애물 이동
- 3) 로봇은 한쪽 구석에 배치.
- 4) 그림의 경로에 따라 이동하도록 로봇 프로그래밍
- 5) 벽과 장애물까지의 최소 거리가 로봇이 보호정지를 수행하게 하는 거리의 150%가 되도록 경유점 선택
- 6) $d=5\text{cm}$, $d=10\text{cm}$, $d=20\text{cm}$ and $d=50\text{cm}$ 에 대해 3)~5) 수행
- 7) 시계방향/반시계방향, 각각의 d 에 대해 최소 4회 수행

로봇의 갑작스런 움직임, 예기치 못한 갑작스런 정지 또는 잠재적으로 위해한 움직임을 생성하는지 여부를 기록



ISO TR 23482-1 관련 이슈

- ❖ 안전요구조건 부합 여부 판단을 위한 명시적인 정량적 기준 부재인 경우 다수
- ❖ 초기 version → 정량적 기준 제시 미비하고 정성적 평가 위주의 시험법
- ❖ **제조사 자체 risk assessment에 의한 정량적 기준 및 시험평가 방법 요구됨**
 - Risk assessment의 정당성 검증 필요
 - **전문기관의 자문/협업 필요**
- ❖ 정량 평가 기준 관련 연구 진행 중, 정량 기준 확보 이후 표준에 반영 예정
- ❖ 현재 로봇 종류별 안전요구조건을 규정한 표준 제정하려는 논의 시작
- ❖ 추후 엄격하고 제한적인 안전기준 등재 가능
- ❖ 조기에 인증 받는 것이 유리

ISO 13482 안전인증 필요성

- 국제 안전규격은 시장 형성 및 무역량 증가에 따라 통관(CE, UL, etc.) 시 각 **국가의 강제인증 기준**으로 활용
- 일본은 '09년 부터 '생활 지원로봇 실용화 프로젝트'를 추진하여 안전인증 관련 시험 인프라인 생활지원로봇 안전검증센터(Robot Safety Center)를 구축하고 개인지원로봇 안전성 검증기술을 개발
- 일본에서는 이미 JQA에서 ISO 13482 근거로 제품 인증(certificate) 시행 중 (Cyberdyne 사의 HAL series 3종, Panasonic Resyone, RT works Robot Assist walker)
- 유럽은 ISO 13482:2014를 기계류 안전(Machinery Safety) EU지침 MD2006/42/EC에 조화규격으로 등재, 최근 통관에서는 **개인지원로봇 제품에 CE Marking을 요구하기 시작함**
- 미국 또한 최근 Self balancing robot (세그웨이 등)와 같은 탑승형 로봇에 대해 UL 안전인증을 시작하며 **규제 강화 중**



<한국>



<미국>



<유럽>

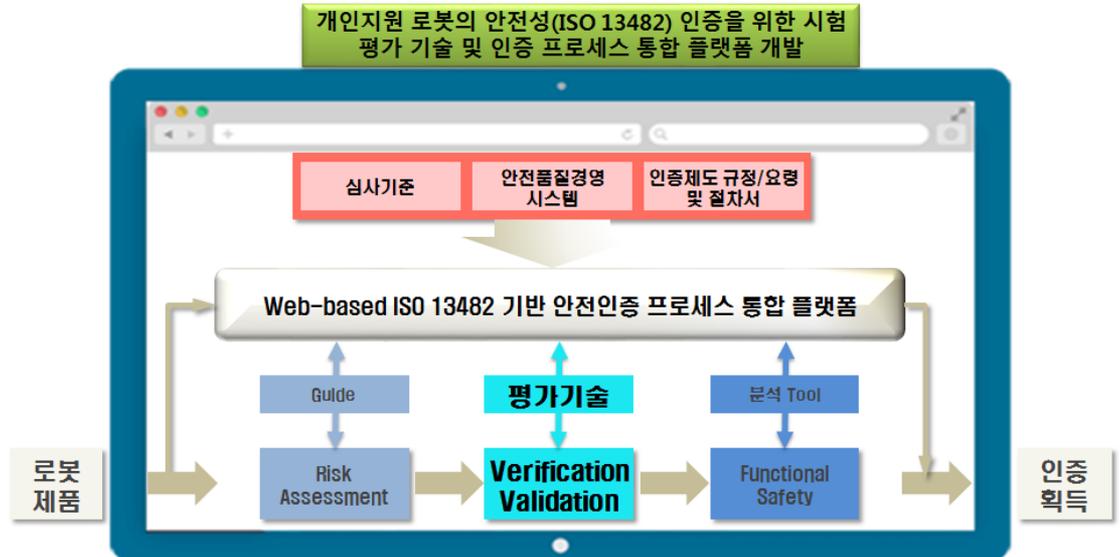


<중국>

서비스로봇 국내 안전인증 현황

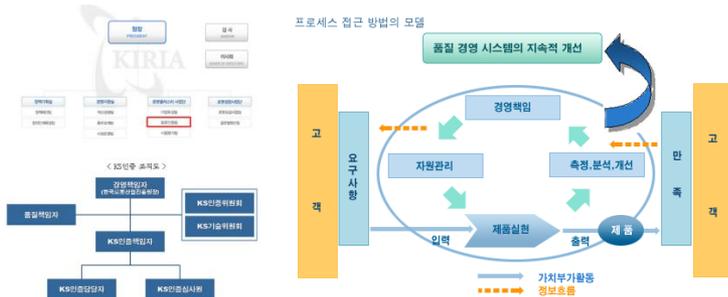
- 국내 개인지원 로봇 시장확산에도 불구하고 안전성 인증 기반 전무
- Y사 제품 해외 진출 성사 직전 ISO 13482 미인증 문제로 계약 무산
- N사 일본에서 ISO 13482 인증 진행 고려 → 기술 유출 문제 발생
- 향후 매우 큰 시장 형성이 전망되는 개인지원 로봇 분야에서 ISO 13482 기반 인증은 국내기업의 무역활동에 큰 장벽으로 작용 예상
- 인증의 핵심 요소인 위험성평가, 안전요구조건 부합성 v&v, 기능안전성 분석을 포괄하는 체계적인 안전인증 시스템 국내 구축 필요

ISO 13482 기반 안전인증 프로세스 통합 플랫폼 개발

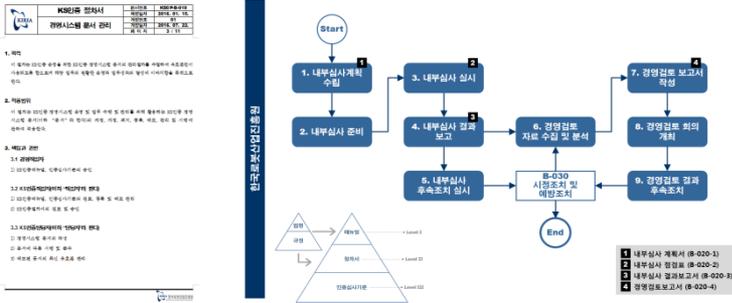


안전인증 체계 구축

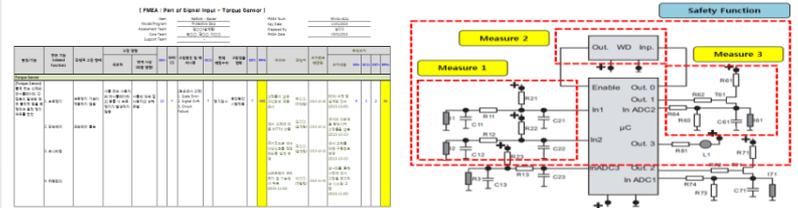
- 로봇 안전인증제도의 기본 체계를 구성하기 위한 '안전인증 Scheme' 개발



- 안전인증시스템 운영요령, 공장심사 지침, 인증심사 기준 등의 인증 운영을 위한 기초 문서 체계화



- 위험성 평가(Risk Assessment) 및 기능안전성 검증을 포함한 공장/제품 심사기준 제정 및 공표



- 13482 기반 안전인증 프로세스 정립 및 시스템 문서 표준(KOROS) 제정



인간-로봇 충돌 안전성 평가 시스템

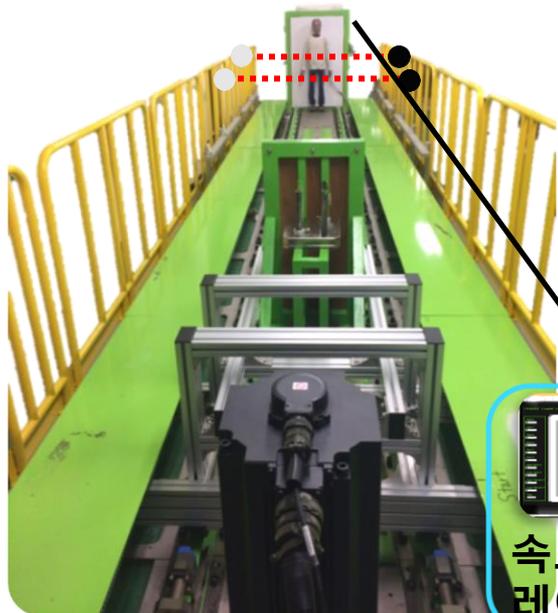


15kW, 87A
→ **고출력**

AC 3상 220V
→ **산업용**

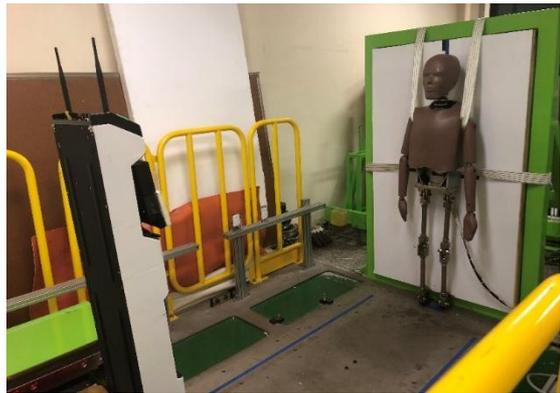
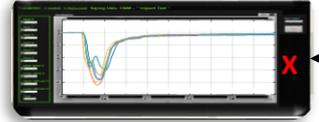
고성능 필터
장착

(최대 5m/s, 100kg)




1.5 m/s

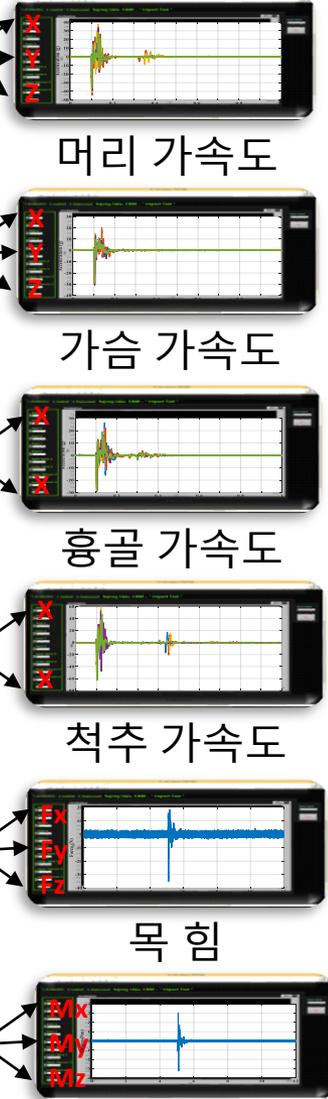
속도 계측용
레이저 센서

흉부 변위

노이즈
방지용
Lemo
커넥터

16개
신호
획득



머리 가속도

가슴 가속도

흉골 가속도

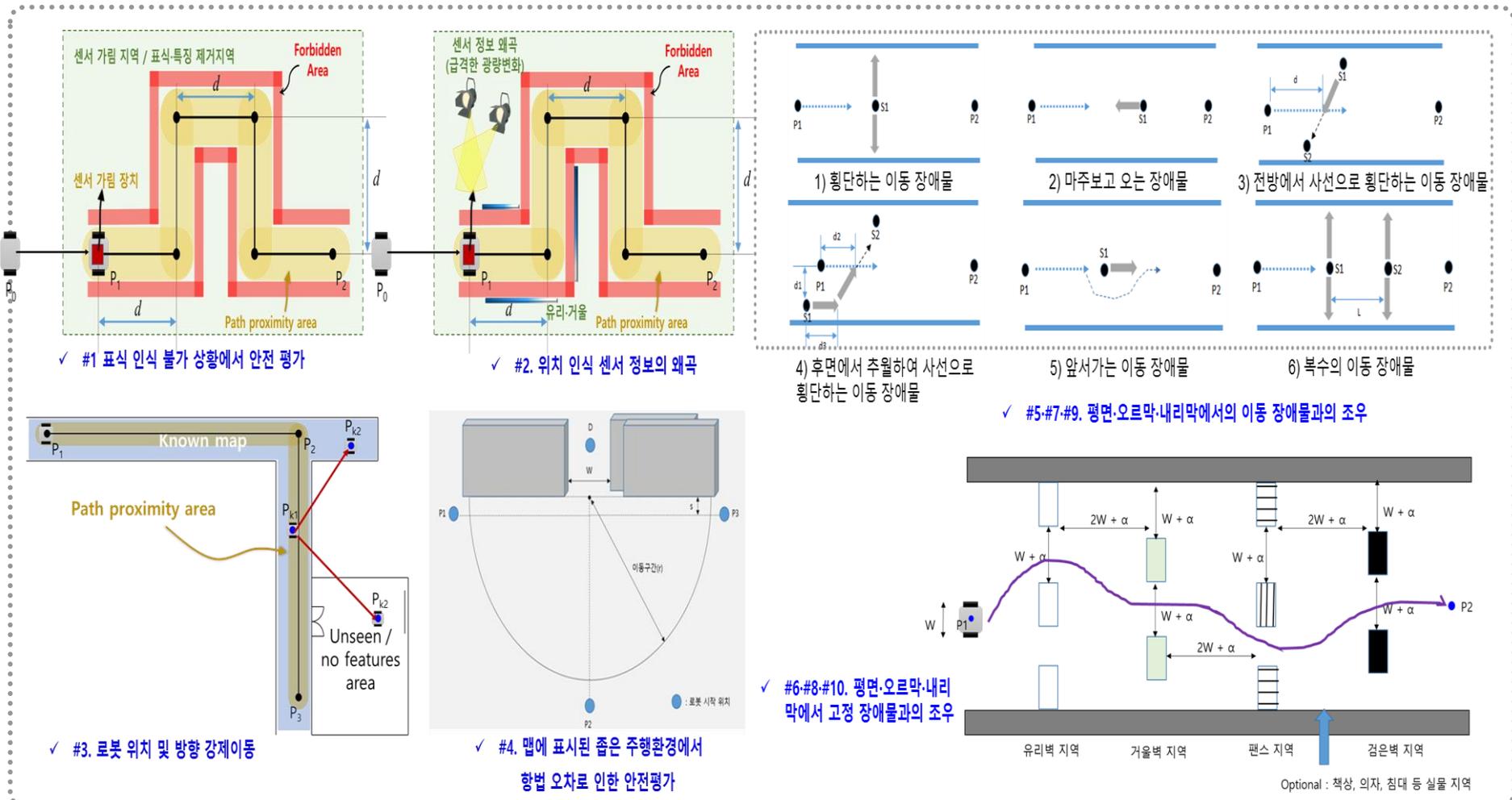
척추 가속도

목 힘

목 토크

이동형 도우미 로봇 안전성 평가 기술 개발

- 이동형 도우미 로봇의 주행안전 위해 리스트 및 평가항목 도출
- 이동형 도우미 로봇의 주행안전 시험 시나리오 도출



위치 추정 및 항법 오차에 의한 안전평가 시험시나리오 4종 도출

대상물 인식 및 회피에 대한 안전평가 시험시나리오 9종 도출

이동형 도우미 로봇 안전성 평가 기술 개발

● 주행 안전평가 테스트베드



모션 캡처 카메라



테스트베드 및 위치추적 장치



고정 장애물 5종



이동 장애물 3종



충돌 감지용 센서

고정 및 이동식 장애물



고카트 미니



파이오니어

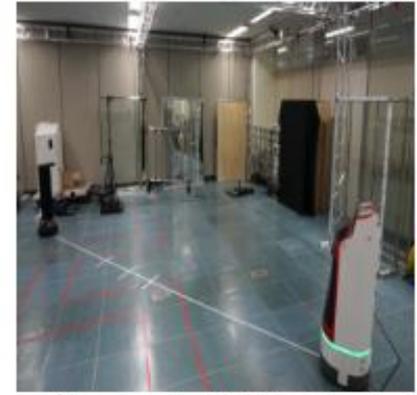
검증용 시험 로봇

● 주행 안전 평가 시험

✓ 대표 예시 동영상 : #5. 평면에서의 이동 장애물과의 조우



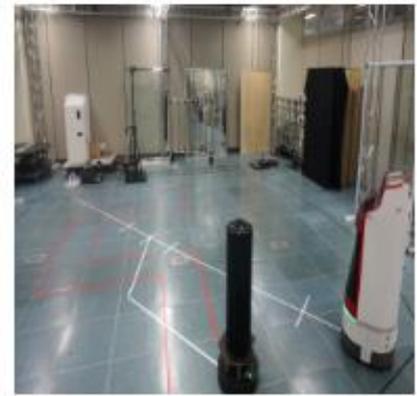
[횡단하는 이동 장애물과의 조우]



[마주보고 오는 장애물과의 조우]



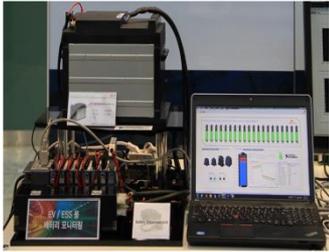
[전방에서 사선으로 횡단하는 이동 장애물]



[후면에서 추월하여 사선으로 횡단하는 이동 장애물]

ISO 13482 인증 시행을 위한 공통 시험 방법

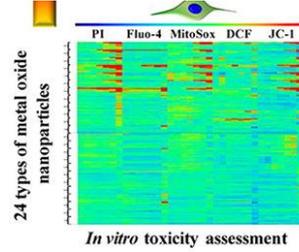
- 국제 표준규격에 의거한 기계·전기·화학·광학 분야 안전성 평가방법 및 기준 정립



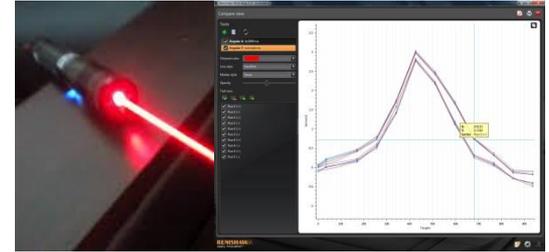
<전기안전규격 시험>



<기계적 위험 분석>

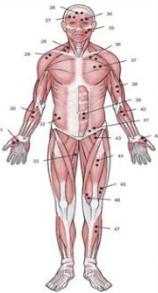


<재료 독성 평가기준>



<광학적 안전성 평가기준 개발>

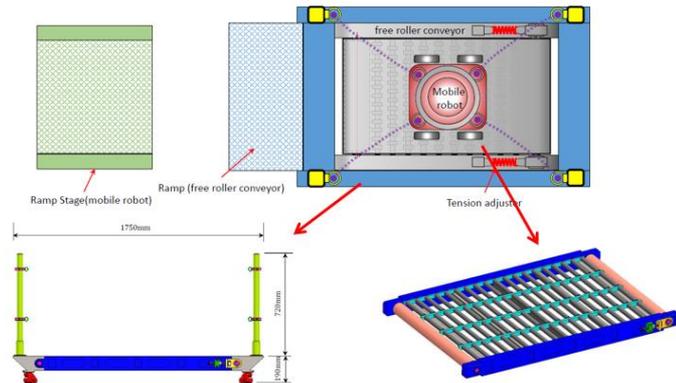
- 안전설계를 고려한 인체공학 설계에 따른 육체적/정신적 스트레스 평가기준 확보



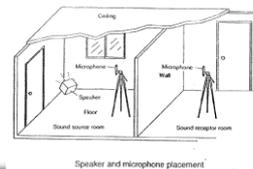
독립변인	종속변인	B	β	L	RE	ΔRE	F	Sobell's test
배우자회전계	회향	-1.80	-272	-6352**	074	164	45.333**	-0.27**
배우자회전계	공정적 복귀	-2.07	-498	-13.681**	238	164	197.196**	
배우자회전계	회향	-2.07	-398	-11.207**	416	178	222.096**	-1.40**
배우자회전계	공정적 복귀	-4.65	-438	-13.476**	348	200	193.283**	
자녀회전계	회향	-0.02	-351	-2.484**	000	000	6.172**	-0.98**
자녀회전계	공정적 복귀	-1.95	-259	-7.604**	088	028	52.922**	
자녀회전계	회향	-1.86	-345	-7.386**	000	000	38.724**	-0.98**
자녀회전계	공정적 복귀	-2.07	-440	-12.072**	136	136	145.726**	
사어머니회전계	회향	-1.30	-246	-6.224**	000	000	38.724**	-0.98**
사어머니회전계	공정적 복귀	-1.70	-328	-9.007**	000	000	106.220**	
사어머니회전계	회향	-4.71	-402	-14.018**	207	201	106.220**	-0.75**
사어머니회전계	공정적 복귀	-0.92	-139	-2.943**	003	000	8.184**	
경제관련 요인	회향	-0.04	-223	-6.948**	074	000	48.273**	-0.75**
경제관련 요인	공정적 복귀	-1.39	-212	-6.390**	000	000	15.271**	
경제관련 요인	회향	-0.92	-139	-2.943**	003	000	8.184**	

<인체공학적 사용성 평가 및 스트레스 분석>

- 이동형 로봇의 전자기 적합성(EMC) 평가를 위한 시험방법 개발 및 장치 설계

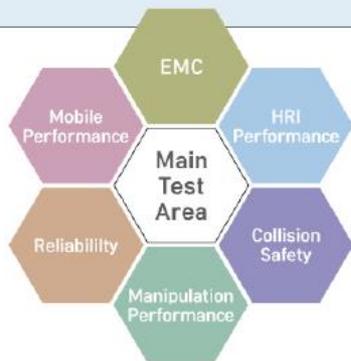


- 개인지원로봇의 안전성 관련 내환경/신뢰성 평가방법 개발



ISO 13482 인증 시행을 위한 표준시험인증센터 구축

표준시험인증센터



3F



2F



1F



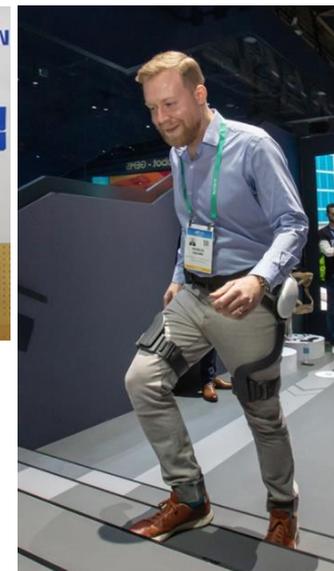
B1



Solar simulation test

❖ 국내 ISO 13482 인증 체계 구축 (2019)

➔ 국내 최초 ISO 13482 공식 인증 시행 (2020.09)



WG 4 표준화 현황

- ❖ 성능평가 기준 및 시험방법에 대한 표준 개발 중
- ❖ 제품 인증을 위한 성능항목, 성능기준 및 성능 평가 방법 제시

- ❖ **ISO 18646-1:2016 Robots and robotic devices -- Performance criteria and related test methods for service robot -- Part 1: Locomotion for wheeled robots**
Rated speed, Stopping characteristics, Maximum slope angle, Maximum speed on the slope, Mobility over the sill, Turning width

- ❖ **ISO 18646-2: 2019 Robots and robotic devices -- Performance criteria and related test methods for service robot -- Part 2: Navigation**
Pose accuracy/repeatability, Path accuracy/repeatability, Obstacle detection, Obstacle avoidance

- ❖ **ISO/DIS 18646-3 Robots and robotic devices -- Performance criteria and related test methods for service robot -- Part 3: Manipulation**
Finger strength, Grasp strength, Slip resistance, Touch sensitivity, Finger force tracking, Finger manipulation

- ❖ **ISO/DIS 18646-4 Robotics — Performance criteria and related test methods for service robots — Part 4: Lower back support robots**

18646-1 Locomotion for wheeled robots

➤ Contents

1. Scope

Indoor environment(실내환경)에만 적용

2. Normative references

3. Terms and definitions

정격속도, 정지거리, Turn, pivot turn, spin turn, turning width

4. Test conditions

외기온도(섭씨 10-30도), 상대습도(0-80%), 주행표면 마찰계수 0.75~1.0 (ISO 7176-13 측정방법기준)을 갖는 단단하고 평평한 표면, 정격하중 상태의 정격속도로 측정

5. Rated speed

6. Stopping characteristics

7. Maximum slope angle

8. Maximum speed on the slope

9. Mobility over the sill

10. Turning width

성능의 최대/최저 값을 도출하는 것이 아닌 제조자가 선언한 성능 수치에 대한 검증

18646-2 Navigation

➤ Contents

1. Scope

Indoor environment(실내환경)에만 적용, mobile platform 형태 로봇에만 적용

2. Normative references

3. Terms and definitions

Navigation, cluster, barycenter

4. Test conditions

외기온도(섭씨 10-30도), 상대습도(0-80%), 조명 (100-300 lux), 주행표면 마찰계수 0.75~1.0 (ISO 7176-13 측정방법기준)을 갖는 단단하고 평평한 표면, 정격하중 상태의 정격속도로 측정

5. Pose characteristics

6. Path characteristics

7. Obstacle detection

8. Obstacle avoidance



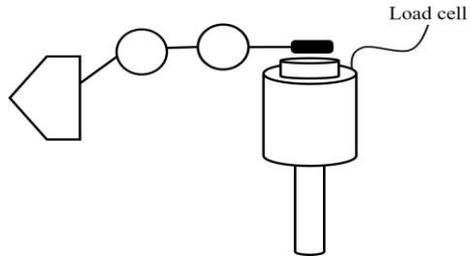
18646-3 Manipulation

➤ Contents

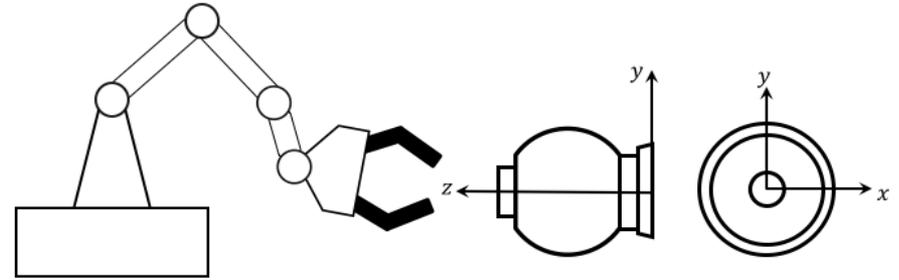
1. Scope
서비스 로봇의 manipulation 성능 평가
2. Normative references
3. Terms and definitions
4. Test conditions
5. Finger strength
6. Grasp strength
7. Slip resistance
8. Touch sensitivity
9. Finger force tracking
10. Finger manipulation

ISO/WD 18646-3

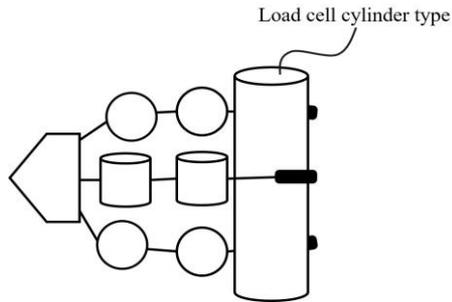
Test setup for finger strength



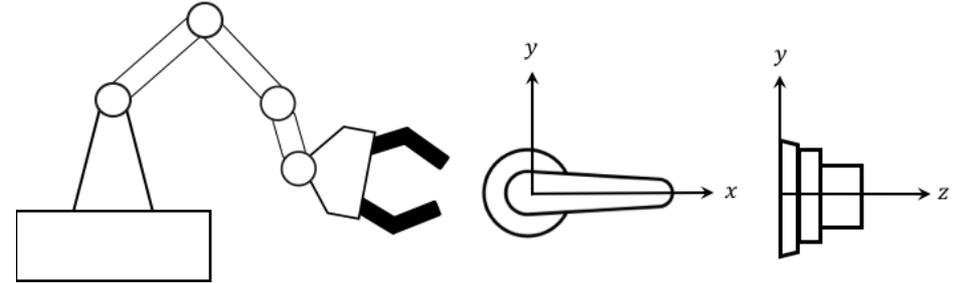
Test setup for turning doorknob (Round type)



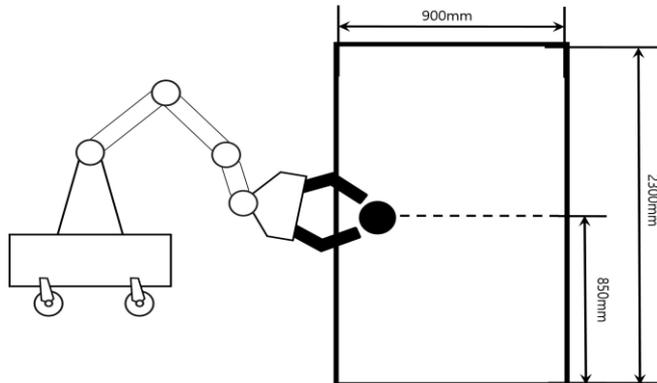
Test setup for grasp strength



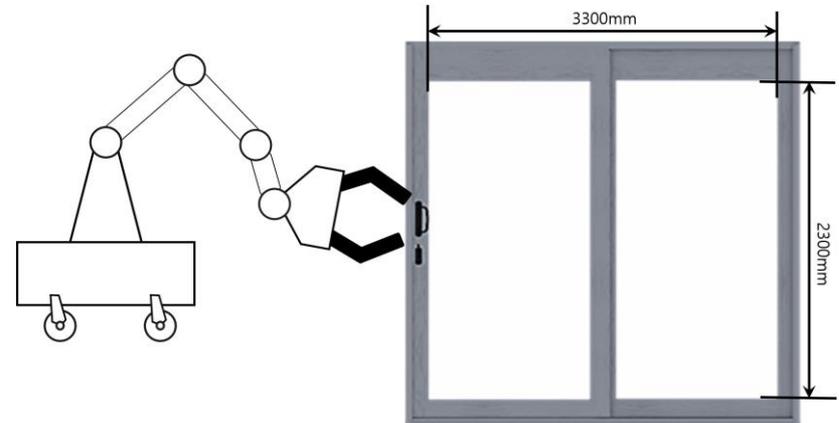
Test setup for turning doorknob (Lever type)



Test setup for opening a hinged door



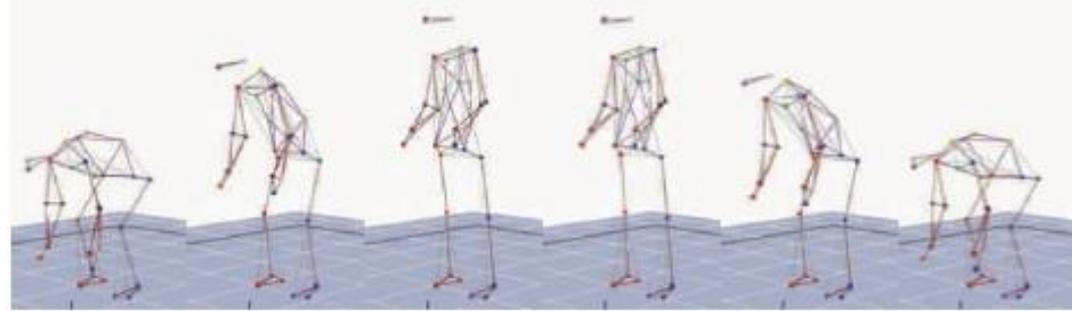
Test setup for opening a sliding door



ISO/CD 18646-4 Lower back support robot

❖ Lower back support robot

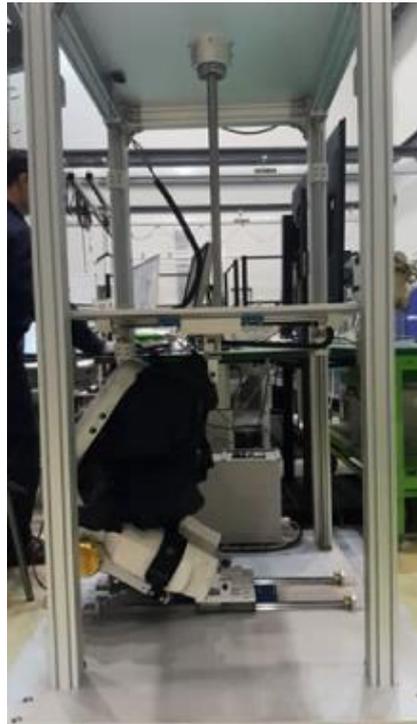
■ 거중 기준 동작



로봇분야 첫 표준 특허 사례
유상 특허권 주장

❖ Korea vs. Japan

무상



vs.



$$LCR_{t_2-t_1} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \psi(\hat{F}^{ref}(t), \hat{F}(t)) dt$$

Concluding remarks

- 서비스/필드 로봇 시장 구축 가속화
- 안전인증 수요 증대
- 일본 인증 통한 시장 선점 진행 중 / 유럽, 미국 인증 준비 박차
- 개별 로봇별 안전요구조건 및 평가 방법 표준 제정(ISO 13482 개정) 진행 중
 - ✓ 강화된 안전 규정 및 엄격하고 정량적인 평가방법 예상
- 국내 인증 기반 구축 작업 및 국내 ISO 13482 인증 진행 중
- 조기 인증을 통한 제품 신뢰성 제고 및 시장 진입 노력 필요
- **표준 특허 현실화**
- 인증 관련 타분야와의 협력 (안전요건, 시험기준, 시험평가 시스템, 운영 경험 공유 등) 기대

Thank You!

