

## Building Living Lab for Acquiring Behavioral Data for Early Screening of Developmental Disorders

Jung-Jun Kim\*, Yong-Seop Kwon\*, Min-Gyu Kim\*, Eun-Soo Kim\*, Kyung-Ho Kim\*, Dong-Seop Sohn\*

\*Assistant Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

\*Senior Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

\*Principal Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

\*Assistant Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

\*Senior Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

\*Principal Researcher, Korea Institute of Robotics&Technology Convergence, Pohang, Korea

### [Abstract]

Developmental disorders are impairments of brain and/or central nervous system and refer to a disorder of brain function that affects languages, communication skills, perception, sociality and so on. In diagnosis of developmental disorders, behavioral response such as expressing emotions in proper situation is one of observable indicators that tells whether or not individual has the disorders. However, diagnosis by observation can allow subjective evaluation that leads erroneous conclusion. This research presents the technological environment and data acquisition system for AI based screening of autism disorder. The environment was built considering activities for two screening protocols, namely Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS) and Behavior Development Screening for Toddler (BeDevel). The activities between therapist and baby during the screening are fully recorded. The proposed software in this research was designed to support recording, monitoring and data tagging for learning AI algorithms.

▶ **Key words:** Artificial Intelligence, Autism Spectrum Disorder, Living lab, Behavioral Response, Cognitive Response

### [요 약]

발달장애는 영유아 기부터 시작하는 뇌 신경계 발달장애들의 집합으로 언어 및 의사소통, 인지력, 사회성 등의 측면에서 이루어져야 할 발달이 심하게 지체되거나 성취되지 않은 장애를 의미한다. 이러한 발달장애 진단에는 아동의 얼굴 표정과 같은 감정표현의 의미와 맥락 등 비언어적 반응에 대한 관찰로 이루어진다. 이를 사람이 측정기에는 상당히 주관적인 판단이 개입하게 되어 객관적인 기술이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 영유아/아동의 언어, 비언어적 행동 반응을 관찰하는 ADOS(Autism Diagnostic Observation Schedule)와 BeDevel(Behavior Development Screening for Toddler) 검사에서 검사자와 피검사자간의 상호작용이 녹화된 영상을 리빙랩 환경에서 획득하여 인공지능 기반의 비정상적/상동적 행동 인지 기술 개발에 필요한 영상 및 음성 데이터 확보를 목표로 한다.

▶ **주제어:** 인공지능, 발달장애, 리빙랩 구축, 행동반응 인지, 감정인식

• First Author: Jung-Jun Kim, Corresponding Author: Yong-Seop Kwon, Min-Gyu Kim, Eun-soo Kim, Kyung-Ho Kim, Dong-Seop Sohn

\*Jung-Jun Kim (jjkim@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

\*Yong-Seop Kwon (ys.kwon@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

\*Min-Gyu Kim (ys.kwon@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

\*Eun-Soo Kim (kimeunsoo@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

\*Kyung-Ho Kim (robodr@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

\*Dong-Seop Sohn (sdsubi@kiro.re.kr), Korea Institute of Robotics&Technology Convergence

• Received: 2020. 06. 25, Revised: 2020. 07. 28, Accepted: 2020. 07. 28.

## I. Introduction

발달장애(Developmental Disability)는 영유아 기부터 시작하는 뇌 신경계 발달 장애들의 집합으로 언어 및 의사소통, 인지력, 사회성 등의 측면에서 이루어져야 할 발달이 심하게 지체되거나 성취되지 않은 장애를 의미한다. 발달 장애인은 지적 장애인과 자폐성 장애인으로 규정되어 지는데, 국내의 경우 전체 장애인 수는 매년 감소하는 추세이나, 발달 장애로 진단 받은 사람의 일부만 장애로 등록하는 것으로 추정되므로 실제 발달 장애인은 등록된 숫자보다 훨씬 더 많을 것으로 추정되고 있다.

자폐스펙트럼장애(ASD: Autism Spectrum Disorders)는 2세 전후에 진단이 가능하며, 이후 평생 지속되며 발달의 가장 기본적인 영역의 많은 부분에 이상을 초래하여, 아동의 독립적인 발달, 교육, 가족 삶의 질에 미치는 영향이 큰 장애라 할 수 있다[1]. ASD에 대한 임상과 연구 측면 모두에서 조기 발견과 조기 개입은 매우 중요한 문제인데, 영유아기는 뇌의 가소성이 높은 시기여서 정상적인 형태에 가깝게 변화 할 수 있는 기회를 제공할 뿐 아니라 이차적인 신경학적 손상과 이에 따른 이차적인 심각한 행동 문제가 점차 축적 되는 것을 미리 방지 할 수 있다[2].

ASD진단에는 직접적인 관찰, 양육자와 교사가 제공하는 정보, 성장 과정에 대한 상세한 과거력, 인지능력이나 다른 심리적인 기능에 대한 객관적/정량적 평가, 감별진단을 위한 검사, 신경학적 평가, 뇌기능 검사 등을 필요로 한다. 기존의 ASD 선별 도구들은 사용을 위한 훈련과정이 매우 오래 걸리고, 개별 전문가들의 경험과 능력에 따라 진단의 비밀관성이 존재하며, 한명의 아동을 진단 하는데 최소 6~7시간의 검사 시간과 투입되는 자원이 매우 방대하다. 또한, 유아/아동의 경우 진단 검사를 어디에서 누구와 시행했는지에 따라 일반적으로 일상생활에서 보이는 행동들과는 많이 상이 할 수 있다. 따라서, 인공 지능 기술의 융·복합을 위한 영유아/아동의 ASD 발견 선별검사 도구의 개발과 이를 적용한 콘텐츠 및 인지능력이나 심리적 변화에 대한 객관적이고 정량적 평가를 효율적으로 할 수 있는 AI기반 해결방안이 필요하다. 즉, 새로운 선별 검사 도구에 기반한 영유아/아동의 다중감각 데이터 수집 및 이의 자동분석을 통한 비언어적 의사소통 인지, 비정상/상동 증적 표적행동 인지, 복합정보 기반 심리예측 등 ASD조기 선별 시스템을 통한 문제 해결이 필요하다.

본 논문에서는 영유아/아동의 발달 장애 조기 선별을 위한 리빙랩 구축 및 행동, 반응 데이터 획득 방법을 제안 한다.

## II. Preliminaries

### 1. Medical Technology for the Diagnosis of Autism Spectrum Disorder

자폐스펙트럼장애(ASD)를 진단하기 위한 도구들은 비영어권 국가에서도 자체적으로 개발하고 있으나 그것이 세계화되는 경우는 많지 않으며, 진단 도구를 새로 개발하는데 소요되는 많은 노력과 비용에 대한 이해가 필요하다. 주로 미국과 유럽에서 개발된 진단 도구들이 전 세계적으로 사용되고 있으며, 국내에서 사용되는 대표적 ASD 진단/선별 도구들은 다음과 같다.

ADOS-2(Autism Diagnostic Observation Schedule)는 자폐스펙트럼장애 관련 행동의 직접 관찰 및 평가를 하는 도구로서 대상자에게 자연스러운 사회적 상황을 제시함으로써 의사소통과 상호작용의 양상을 직접 관찰 할 수 있고, 표준화된 기준에 의해 채점하고 진단을 내리는 등의 구체적 가이드라인을 제시한다[3]. 발화 능력이 없는 대상(module 1)로부터 유창한 언어 능력을 가진 성인(module 4)까지 연령과 언어 수준, 지능에 관계없이 알맞은 모듈을 선택해 사용할 수 있으며, 국제적으로 인정받는 평가의 기준으로 널리 사용되고 있다.

ADI-R(Autism Diagnostic Interview-Revised)는 ADOS와 상호 보완적인 도구로 활용되는데, 피검자의 일차 양육자와의 면담을 통해 다른 유형의 발달 장애를 감별하는데 필요한 특징적 행동들을 자세히 묘사한 정보를 수집할 수 있는 도구이다.[4] 사회적 상호작용, 언어와 의사소통, 행동의 제한적, 반복적, 상동적 패턴 발생시점 평가 등으로 구성된다.

K-CARS(Korean version Childhood Autism Rating Scale)은 CARS-2(Childhood Autism Rating Scale, Second Edition)의 한국판 아동기 자폐평정척도이다. ASD를 지닌사람을 판별하고 이들을 다른 장애로부터 구별하도록 돕기 위해 개발된 평가 체계로, 국내에서 자폐진단 영역을 선도하는 가장 폭넓게 사용되고 있는 도구로 알려져 있다[5,6]. 자폐진단과 관련된 주요 영역에 대해 그 강도, 특이함, 지속시간을 근거로 1점부터 4점까지 평정하게 되어 있는 15개 항목으로 구성되어 있다.

SRS-2(Social Responsive Scale Second Edition)는 사회적 반응성 척도검사로 ASD를 선별하기 위한 검사로 4점 리커트 척도로 되어 있으며 대상자의 선생님이나 부모가 평가하도록 되어있다[7]. 사회적 통찰, 인지, 의사소통, 동기, 자폐적 기행증 등 5개의 영역으로 나뉘어져 있다.

국내에도 많은 자폐 선별검사 도구가 사용되고 있지만 자체적으로 개발된 선별검사 도구는 소수에 국한되어 있다. 현재는 미국에서 개발된 진단과 선별도구들이 가장 널리 사용되고 있으며, 국내를 비롯한 비영어권 국가들에서는 영어판 도구들을 그대로 번역하거나 번역한 뒤 일부 언어와 예시들을 문화에 맞게 수정해서 사용하는 것이 보편적이다. 그러나, 복잡한 저작권 계약과정, 저작권료, 문화적 타당성 검토 과정의 한계, 보급과 검사자 훈련과정에서 원저작권자 혹은 저자의 통제하에 있어야 하는 문제 등 해결이 어려운 이슈들이 발생하는 경우가 많다.

국내에서는 서울대학교병원 유희정 교수 연구팀에서 국내 실정에 적합한 선별도구인 BeDevel을 개발하여 622명의 영유아를 대상으로 데이터를 수집하고 검증하였다[8]. 또한, 한국과학기술연구원과 함께 로봇 시스템을 이용한 ASD 아동 대상 사회적 증진 프로그램을 연구하여 사람 치료자가 진행한 동등한 수준의 치료 효과를 나타내었다.

## 2. Artificial Intelligence Based Behavioral response and Psychological Cognitive Technology

영상으로부터 사람에 대한 개인 식별 정보를 인식하는 기술은 DeepLearning의 적용으로 상당한 수준에 이르렀으나, 외형특징 정보나 행동특징 정보에 대한 인식기술은 초기 연구가 진행 되는 단계이다[9]. 대화 정보를 이용하여 로봇이 사람과의 대화를 이해하고 반응할 방법은 일부 연구가 되었으나, 범용 대인관계 지능을 기반으로 사용자의 교류 상황을 이해하고 맥락에 적합한 반응을 생성하는 기술은 거의 연구가 진행되지 않고 있다.

주로 연구되어 지고 있는 기술 분야는 표정인식, 음성인식, 행동인식, 동공 크기 인식, 시선패턴 인식, 생체 신호 인식 등이 있다[10,11]. 표정 인식의 경우 정지 영상에서 얼굴 구성요소 변화에 따른 감정을 인식하는 연구부터 영상 기반의 표정변화, 눈동자 움직임 등 여러 생체 신호 정보를 융합한 표정인식 등의 기술로 발전해 가고 있다. 음성 인식의 경우 음성의 피치나 톤 변화에 따른 감정 인식 기술에서 앞, 뒤 문맥을 반영한 감정인식 등 현재 상황 정보를 반영한 인식 기술로 나아가고 있다. 또한, 사람마다 같은 감정에 대해서 다른 표정을 보이듯이 개인 특성을 반영한 인식 기술이 연구되어 지고 있다.

## 3. Artificial Intelligence Based Therapy of Children with Autism

인공지능 기반의 사람의 감정, 행동 인식 기술이 발전하면서 이를 활용한 ASD 치료에 관한 연구가 진행되고 있

다. 로봇을 활용한 ASD 치료는 아동과 로봇간의 상호작용에서 아동의 표정 변화, 포즈 및 제스처 등에 대한 데이터를 획득 하고, 이를 인공지능 기술로 분석 하였다[12]. 로봇 위에 Kinect V2 카메라 한 대만을 사용하여 아동이 자리를 벗어나거나 카메라에 보이지 않을 경우 데이터 획득이 어렵다는 단점이 있다.

ASD 아동에 대한 치료과정을 녹화한 Dataset으로 DE-ENIGMA가 있는데, 이는 5~12세 유럽 아동을 대상으로 이루어져 있어 4세 미만의 영유아/아동을 조기 판별로 사용이 불가능하고, 음성 데이터에 대한 분석 역시 국내 아동들과의 대화 패턴이 달라 불가능하다[13]. ASD 진단에는 아동과 치료사, 부모와의 사회적, 감정적 교감이 매우 중요한데, 이러한 데이터를 확보한 Dataset이 우리나라에 아직까지 없는 상황이다. 따라서 다수의 카메라로 치료사와 영유아/아동간의 상호작용을 녹화 및 녹음하여 향후 인공지능을 활용하여 ASD를 조기 선별하는 Dataset을 구축하는데 의의가 있다.

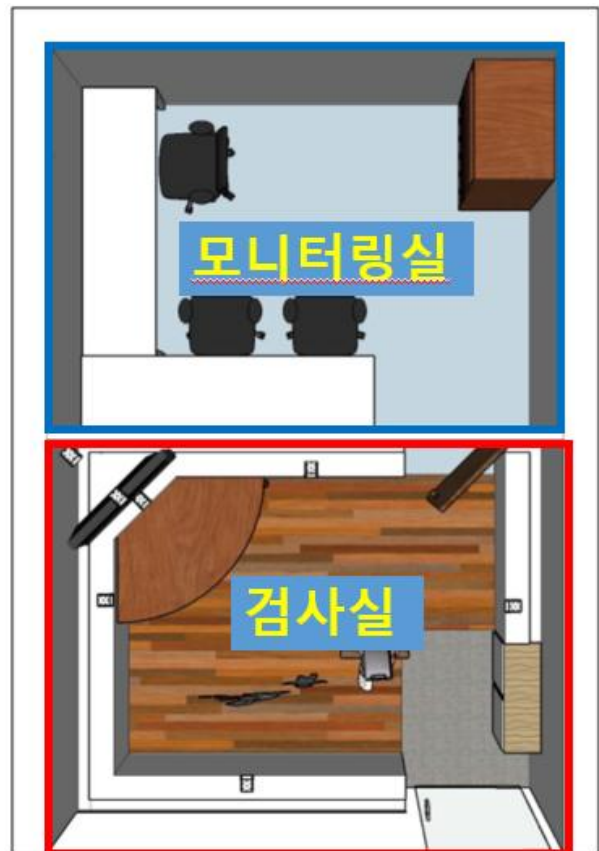


Fig. 1. Living Lab Structure

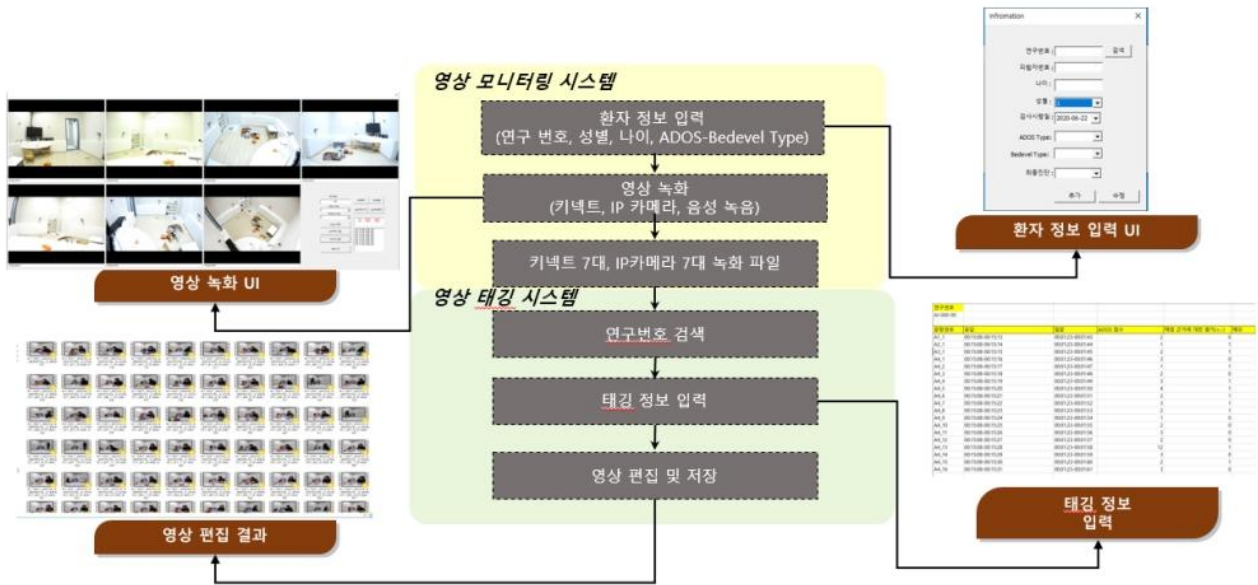


Fig. 2. System Software Structure

### III. Implementation

본 절에서는 영유아/아동의 ASD 판별을 위한 ADOS, BeDevel 검사 공간인 리빙랩 구축 방법과 행동, 반응 데이터 획득을 위한 소프트웨어 설계에 대해 설명 한다.

#### 1. Living Lab Design

리빙랩 전체 공간은 가로 약 4m, 세로 약 6m 정도의 크기로, 실제 영유아/아동을 대상으로 ADOS, BeDevel 검사를 실시하는 검사실과 검사실을 다수의 카메라로 모니터링하고 영상을 녹화하는 사무실로 구성된다. Fig. 1과 같이 검사실을 통해 사무실로 들어가는 구조로 공간을 설계 했다.



Fig. 3. Living Lab Appearance

검사실에는 모니터TV와 마이크로소프트에서 출시한 RGB-D카메라인 Azure Kinect 7대, Axis ip카메라 7대를 설치하였다. 카메라들의 화각을 고려하여 검사실 전체 영

역에 대해 치료사와 영유아/아동의 행동반응을 녹화할 수 있도록 배치하였다.

Fig. 3은 실제 검사공간의 모습으로 벽면과 천장, 선반에 카메라를 고정시킨 모습이다. Kinect 카메라와 ip카메라를 한 쌍으로 거의 동일한 위치에 고정하여 영상을 획득하도록 구성했다.

#### 2. System for Data Acquisition

Fig. 2는 전체적인 시스템에 대한 구조도를 나타내며, 영유아/아동의 ADOS, BeDevel 검사가 진행될 때 치료사들과 아동간의 감정 및 행동 교류에 대한 정보를 추출하기 위해 검사 전체 과정을 녹화하는 모니터링 시스템과 녹화된 영상을 바탕으로 인공지능 학습을 위한 검사 구간별 아동의 반응을 편집하는 태깅 시스템으로 나누어 구현 했다.

##### 2.1 Monitoring System

모니터링 시스템은 먼저 피검사자인 영유아/아동의 식별번호, 나이, 성별, ADOS, BeDevel Type 등에 대한 정보를 데이터 베이스에 저장했다. 개인을 식별 할 수 있는 이름을 제외하고 연구번호를 각각 부여하여 이들을 식별 할 수 있도록 구현했다. Kinect 7대의 영상 녹화는 SDK를 사용하여 칼라 영상의 경우 MJPG 포맷으로 1536P의 해상도, 30FPS로 설정하였다. Kinect 한 대 당 SSD하나 씩 할당하여 영상을 저장하게 구현 하였다. 이 동영상에는 Kinect에서 들어오는 RGB 칼라 영상과, Depth, IR 영상을 포함하고 있으며 약 1시간 녹화에 200GB 형태의 MKV(Matroska Multimedia Container)동영상 포맷으로 저장이 된다.

ip카메라의 경우 FHD급 해상도에 30FPS, H264 인코딩을 거쳐 asf 파일 형태로 저장되며, NVR 시스템을 갖추고 있어서 혹시 모를 데이터 손실에 대비하였다.

음성의 경우 Kinect에 내장된 마이크를 사용하여 녹음 기능을 구현하였다. 검사실 중앙에 있는 마이크에서 음성을 녹음하여 wav 파일 형태로 출력하고, 이를 Kinect 영상 결과물인 mkv 동영상 파일에 병합하여 저장하였다.

저장된 결과물인 ip, Kinect, 음성 파일은 피검사자의 연구 번호에 의해 관리된다. 영상을 태깅하는 태깅 시스템에서 용이하게 접근하고, 이를 다시 편집 할 수 있도록 만들기 위해 연구번호의 폴더가 자동으로 생성되어 각각 폴더 안에 다시 연구번호에 해당하는 ip카메라1부터 7, Kinect1부터7과 음성 파일로 총 15개의 파일이 저장된다.

**2.2 Tagging System**

인공지능의 학습을 위한 데이터를 만들기 위해서는 각각의 데이터에 대해 결과가 무엇인지 표시하는 Labeling 작업이 필요하다. ADOS, BeDevel 검사에 소요되는 1시간 남짓의 영유아/아동의 행동을 분석하고, 각각의 행동에 대한 눈 맞춤, 호명반응 등의 사회적, 비언어적 반응을 하나씩 추출해 내는 영상 태깅 기능이 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 엑셀을 활용한 타임라인 기반의 영상 태깅 시스템을 구현 하였다.

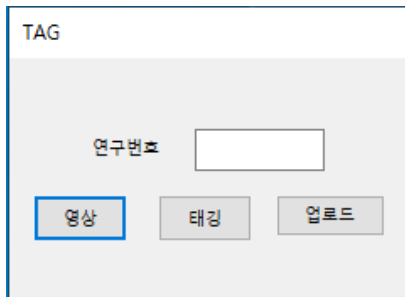


Fig. 4. Video Tagging System UI

먼저 환자 정보를 입력 할 때 기입한 연구번호를 바탕으로 녹화된 영상 폴더를 찾도록 Fig 4. 같이 UI를 구성하였다. 데이터베이스에 저장되어 있는 피검사자의 ADOS, BeDevel Type을 불러와 미리 만들어 놓은 샘플 엑셀 파일을 복사하고, 이를 수정하는 방식으로 구현하였다.

Table 1. Labeling Video Example

Question Number	Time Line	Score	Evidence
A1_1	00:01:30-00:01:55	3	eye contact
A1_2	00:02:35-00:03:00	2	Hand Gesture
B1_1	00:05:10-00:05:40	1	Call Reaction

엑셀파일은 Table 1.과 같은 형태로 ADOS, BeDevel 검사 2가지 방식으로 나누어져 있으며, 검사를 진행했던 치료사들이 녹화된 영상을 재생하면서 검사지에 채점했던 문항들에 대한 영상의 타임라인을 시작-끝 시간 으로 입력 하도록 하였다. 이 파일들을 태깅 시스템에서 불러와서 MKVToolNix를 사용하여 Kinect1부터 7번에 해당하는 영상을 타임라인에 맞게 편집되어 저장하였다[14]. 저장된 영상들에 대한 정보는 엑셀파일과 텍스트 파일 형태로 저장하여 향후 학습에 사용 할 때 어떤 정보가 들어 있는지 쉽게 확인 할 수 있도록 구현 하였다.

ADOS, BeDevel 검사를 진행은 검사 대상의 나이, 언어적 수준을 고려하여 시나리오가 결정 된다. 이 시나리오에는 Table 1에서 보이듯이 A1\_1, B1\_1 등의 문항으로 구분되어 있다. 예를 들면 A1\_1이 치료사가 검사 대상의 이름을 호명하였을 때 반응의 유무를 판단하게 된다. Table 1의 Evidence는 눈 맞춤, 호명 반응에 대한 반응, 물건 등에 대한 제스처나 동작 등이 포함되며 반응에 따라 이를 점수로 수치화 하여 기록한다. 이러한 검사 전체를 치료사들이 녹화된 영상을 보면서 태깅 과정을 거치고 최종적으로 눈맞춤, 호명반응, 제스처 등의 행동반응에 대한 Dataset을 구축 할 수 있다.

**2.3 Kinect Depth Sensor Calibration**

본 연구에서의 결과물은 총 15개의 영상 음성 파일로 구성된다. 7대의 Kinect 영상파일은 각각 하나씩 나오게 되지만 내부의 파일에는 Color, Depth, IR 총 3개의 영상을 포함하고 있다. Depth 영상의 경우 밀폐된 공간에서의 7대 Kinect 카메라가 동작하기 때문에 서로 다른 카메라에 대해 간섭이 생기는 현상이 발생 할 수 있다.



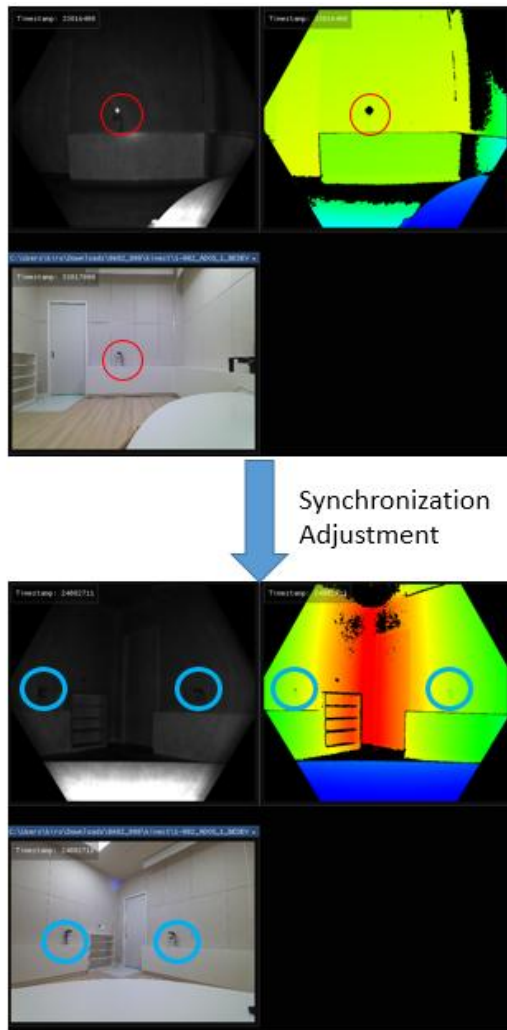


Fig. 5. Synchronization of multiple Azure Kinect. In the image above, the red circle indicates that interference is occurring between Kinects.

Fig 4. 의 위쪽 이미지는 간섭이 생기는 현상으로 빨간색으로 표시되어 있는 다른 Kinect 카메라에서 IR 빛이 새어 나오는 문제가 있다. 이러한 IR 패턴 간섭을 최대한 줄이기 위해 Azure Kienct에서 하드웨어 적으로 제공하는 3.5mm 싱크 포트에 케이블을 연결 하여 Master-Slave 카메라를 설정하고 카메라당 약160 (microsecond,  $\mu$ s)의 지연시간을 두어 Fig 4.의 아래쪽 그림과 같이 파란색으로 표시한 Kinect 2대에서 빛이 더 이상 새어나오지 않게 지연 시간을 조정해 주었다.

칼라 영상의 경우 프레임 단위로 끊어서 볼 때 초기 셋팅의 Exposure Time이 길게 되어 있어 블러링되는 현상이 발생하였다. 이를 해결 하기 위해 이 시간을 더 빠르게 조정해 주면 카메라에서 빛을 모으는 시간이 줄어들어 영상이 다소 어둡게 출력되는 것을 확인하였다. 따라서 Gain 값을 높여 주어 영상의 밝기를 조정하였다.

## IV. Results

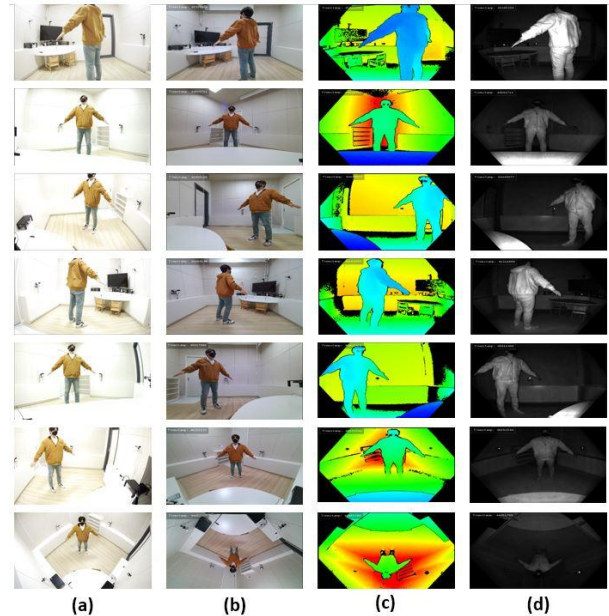


Fig. 6. Monitoring System Recording Results. (a) ip cameras, (b) RGB Kinect Image, (c) Depth Kinect Image, (d) IR Kinect Image.

모니터링 시스템의 결과물로는 Fig 6에서 보이듯이, ip 카메라 영상 7개와 7개의 Kinect 이미지 영상으로 이루어진다. 각 Kinect에서는 RGB영상과 Depth, IR 등 3개의 영상을 획득 하였다. 음성의 경우 Kinect 하드웨어에 포함되어 있는 마이크를 사용하여 녹음을 하였다.

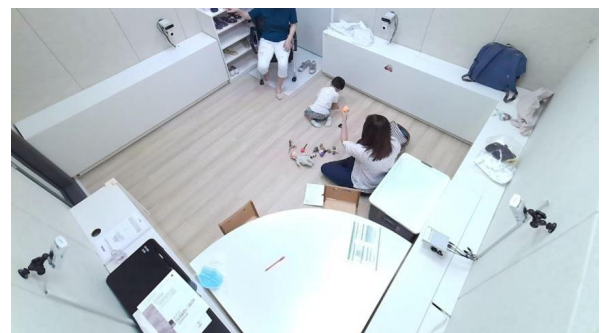


Fig. 7. Example of Autism Screening Test

Fig 7은 실제 ASD 조기선별 검사에 대한 영상이다. ASD 의심 아동의 경우 행동패턴이 매우 다양하여 검사실 내 전체 공간을 녹화 할 수 있도록 하였다. 이러한 영상을 바탕으로 검사별 시나리오에 따른 문항별로 태깅 하는 작업을 수행했다.

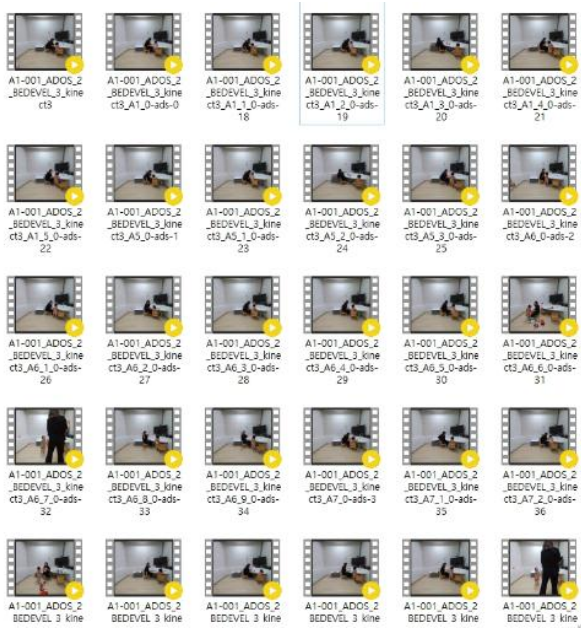


Fig. 8. Results of Tagging System

태깅에 대한 결과는 ADOS, BeDevel 각각에 대한 엑셀 파일을 Table 1과 같은 형식으로 치료사들이 만들고, 이 엑셀 파일을 태깅 시스템에서 Import하여 해당하는 타임라인에 맞게 편집되어 Fig 8과 같이 영상파일들로 결과가 출력된다. 본 연구에 참여하는 치료사들에 따라 데이터의 Bias를 줄이기 위해 정성적 항목들은 배제하고, 정량적으로 구분이 가능하고, 기술적으로 구현이 가능한 표정변화 인식, 치료사들과의 눈 맞춤, 호명반응, 행동반응 등의 항목들로 태깅을 하였다.

## V. Conclusions

본 논문에서는 영유아/아동의 발달 장애 조기 선별을 위한 리빙랩 구축 및 행동, 반응 데이터 획득 방법을 제안한다. 실제 영유아/아동의 검사를 진행할 리빙랩을 구축하는 방법과 인공지능 기반 학습 데이터를 확보하기 위한 데이터 획득 방법을 제시 하였다. 국내에서 아직 확보 되지 못한 영유아/아동의 ASD 조기선별에 대한 Dataset을 구축하고, ASD를 판별 하는데 필요한 행동반응에 대한 정보를 본 연구를 통해 획득 할 수 있다. 향후, 확보된 Dataset은 영유아/아동들의 음성, 행동, 표정 반응을 분석하는 인공지능 기술의 학습 데이터로 사용될 예정이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2019-0-00330, Development of AI Technology for Early Screening of Infant/Child Autism Spectrum Disorders based on Cognition of the Psychological Behavior and Response)

## REFERENCES

- [1] Zeanah, Charles H, et al. "Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescents with reactive attachment disorder and disinhibited social engagement disorder." *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, Vol.55, No.11, pp.990-1003, 2016.
- [2] Wong, Connie, et al. "Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism spectrum disorder: A comprehensive review." *Journal of autism and developmental disorders*, Vol.45, No.7, pp.1951-1966, 2015.
- [3] Lord, C., et al. "ADOS-2." *Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo-2. Manual* (T. Luque, adaptadora). Madrid: TEA Ediciones, 2015.
- [4] Lord, Catherine, Michael Rutter, and Ann Le Couteur. "Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders." *Journal of autism and developmental disorders*, Vol.24, No.5, (1994): pp.659-685.
- [5] Schopler, Eric, Robert Jay Reichler, and Barbara Rothen Renner. *The childhood autism rating scale (CARS)*. Los Angeles: WPS, 2010.
- [6] Kim, T. R., and R. G. Park. "Korean version of childhood autism rating scale." Seoul: Special Education (1995).
- [7] Constantino, John N., and Christian P. Gruber. *Social responsiveness scale: SRS-2*. Torrance, CA: Western Psychological Services, 2012.
- [8] Bong, Guiyoung, et al. "The Feasibility and Validity of Autism Spectrum Disorder Screening Instrument: Behavior Development Screening for Toddlers (BeDevel)—A Pilot Study." *Autism Research* Vol.12, No.7, pp.1112-1128 2019.
- [9] LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. "Deep learning." *nature* 521.7553 (2015): 436-444.
- [10] Kossaifi, J., Tzimiropoulos, G., Todorovic, S., & Pantic, M. AFEW-VA database for valence and arousal estimation

- in-the-wild. *Image and Vision Computing*, 65, 23-36 2017.
- [11] KE, Qihong, et al. A new representation of skeleton sequences for 3d action recognition. In: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. pp. 3288-3297 2017.
- [12] MARINOIU, Elisabeta, et al. "3d human sensing, action and emotion recognition in robot assisted therapy of children with autism." In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 2158-2167 2018.
- [13] SHEN, J., et al. Autism data goes big: A publicly- accessible multi-modal database of child interactions for behavioural and machine learning research. In: *International Society for Autism Research Annual Meeting*. 2018.
- [14] Nick Veitch (February 2011). "Video tools. MKVToolNix" (PDF). *Linux Format*. Future plc (141): 77. ISSN 1470-4234.



Min-Gyu Kim received the B.E. in Electronics Engineering and M.E. in Mechanical Engineering from Korea Aerospace University, South Korea in 2003 and 2005 respectively. He holds his PhD

degree in Intelligent Interaction Technologies from University of Tsukuba, Japan in 2012. His research mainly focuses on User-centered Engineering, in particular, System and User modeling in Human-Robot Interaction and Human Factors in Social Robotics.



Eun-Soo Kim received the B.S. degrees in Department of Electrical Engineering and M.S. degrees in Department of Mechatronics Engineering from Kyungnam University, Korea, in 2016 and 2018 respectively.

Eun-Soo Kim joined the researcher of Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Pohang, Korea in 2019. He is currently an Assistant Researcher in Interactive Research Center. He is interested in Motor Control and Motion Control.



Kyung-Ho Kim received the B.S. degree in Information and Communication Engineering from Dongseo University in 2004 and M.S. degree in Electronic Engineering from Kyungpook University, Korea, in 2006,

respectively. Kyung-Ho Kim joined Korea Institute of Robotics & Technology Convergence, Pohang, Korea in 2018. He is currently a Senior Researcher in Interactive Robotics R&D Division. He is interested in Professional Service Robot, Autonomous Mobile Robot and Robot Control System.



Dong-Seop Sohn received the B.S., M.S. degree in Electrical Engineering from Dong-A University in 2002, 2004 respectively and Ph.D. degree in Management & Technology from SungKyunKwan University, Korea, in

2017, respectively. Dr. Sohn joined the Director of Korea Institute of Robotics & Technology Convergence(KIRO), Pohang, Korea in 2015. He is currently a Principal Researcher in Planning & Coordination Department, KIRO. He is interested in Robotics, Artificial Intelligent, Management & Technology.

## Authors



Jung-Jun Kim received the B.E., and M.E. degrees in Computer Engineering from KyungHee University, Korea, in 2015, 2017 respectively. Jung-Jun Kim joined the researcher of Korea Institute of Robotics &

Technology Convergence, Pohang, Korea in 2017. He is currently an Assistant Researcher in Smart Mobility Research Center. He is interested in Computer Vision, Artificial Intelligent.



Yong-Seop Kwon received the B.S., and M.S. degrees in Electronic Engineering from KyungPook National University, Korea, in 2011, 2013 respectively. Yong-Seop Kwon joined the researcher of Korea Institute of

Robotics & Technology Convergence, Pohang, Korea in 2017. He is currently a Senior Researcher in Autonomous systems Research Center. He is interested in HRI(Human-Robot Interaction), Embedded System and Artificial Intelligent.