남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발

Research and Development of Remote Collaboration Protocol Based on Extended Reality (XR) for Medical Emergency and Crisis Response at the Polar Station

KOPRI
극지연구소

2024

연세대학교 의과대학 성형외과학교실

(연구책임자: 홍 종 원)

KOPRI
극지연구소

최종보고서

남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발

Research and Development of Remote Collaboration Protocol Based on Extended Reality (XR) for Medical Emergency and Crisis Response at the Polar Station

본 보고서는 논문 출판 및 특허출원 예정으로 전체 혹은 일부를 허가없이 전달, 복제, 외부 공개를 금합니다. 특히 메타버스, AI와 관련되어 연관 산업에서 원격의료 플랫폼 개발이 많이 진행되고 있으므로, 자료 이용 시 보안에 각별히 신경 써 주시기 바랍니다.

2024

연세대학교 의과대학 성형외과학교실

(연구책임자: 홍 종 원)

KOPRI
극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “국내 학 · 연 극지연구진흥프로그램(PAP사업)”에 관한 연구 “남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발” 과제의 최종보고서(보고서명: 남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발)로 제출합니다.

KOPRI 극지연구소

2024. 2. 19.

연구기관명 : 연세대학교 의과대학 (성형외과학교실)

연구책임자 : 홍 종 원 (연세대학교 의과대학)

참여연구원 : 이 어 진 (서울과학종합대학원대학교)

“ : 김 선 화 (서지컬마인드)

“ : 박 현 호 (에버트라이)

KOPRI
극지연구소

요 약 문

Ⅰ. 제 목

남북극기지 의료 응급상황 및 위기대응 관리를 위한 확장현실(XR) 기반 원격협업 프로토콜 연구개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 남북극 극지환경의 독특한 어려움을 극복하기 위한 원격협진 체계와 확장현실 기반의 원격의료 서비스 개발을 목적으로 한다. 이는 극한 환경에서 발생하는 응급 및 의료 위기 상황에 신속하고 효과적으로 대응하기 위한 것으로, 향후 극지 및 극한 환경에서의 의료 지원체계 품질 및 안전성 향상에 기여하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

연구는 크게 확장현실 기술과 이를 극지에 적용하기 위한 통신환경 극복 기술로 구분된다. 확장현실 기반 주요 질환 원격협진 시스템, 응급상황 대응 모의 프로토콜 개발, 일대일부터 다대다 협업에 필요한 확장현실 소프트웨어 연구개발, 그리고 나아가 극지 의료 현장 적용 및 교육, 원격협진 시나리오 개발, 네트워크 최적화, 3D 홀로그램 모델링 활용 등을 포함한다.

Ⅳ. 연구개발결과

1차년도 연구는 극지환경 의료 위기에 대응하기 위한 확장현실 기초 기술 개발과 원격협진 시스템 제안을 포함하였다. 가상환자 홀로그램 모델 개발과 한국-뉴질랜드 간 통신 테스트를 수행하여 의료기기 원격교육 프로토콜 개선 방향을 모색하였다.

2차년도 연구는 극지 주요 질환에 대한 기술 적용 시나리오, 프로토콜 설계 및 일대일, 일대다 협업 확장현실 기술개발에 초점을 맞췄다. 홀로그램 더미 제작과 서울-남극-시카고 연결 등 국내외 현장 적용 실험을 통해 적용 범위를 확장하였다.

3차년도는 응급상황 대응 프로토콜 구축, 다대다 협업 확장현실 기술 개발을 수행하였다. 스타링크 활용 등 극지 현장연구 및 국내외 원격협진 시뮬레이션을 통해 본 연구의 확장 가능성을 확인하고, 의료진 역량과 질환 난이도를 고려한 원격협진 프로토콜 개발에 기여하고자 하였다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

확장현실 기술 기반의 실시간 협진체계 도입을 목표로 한 본 연구를 기반으로, 궁극적으로는 향후 극지실용화센터 및 극지의료지원센터와 연계하여 극지 파견의사 1인 진료의 한계를 보완하고자 한다. 나아가 극지의료 정책 수립 및 디지털헬스 발전은 물론, 관련 법적 문제 대비, 극지적응훈련, 의료기기 관리, 재난의학 교육에도 본 연구결과가 추가 활용될 수 있다. 극지의학을 넘어 우주항공, 군진의학 및 해양의학 분야에도 의미있는 활용이 기대된다.

KOPRI
극지연구소

ABSTRACT

This research develops a remote medical consultation and mentoring system based on Extended Reality (XR) technology to address unique challenges in the polar environments of the Arctic and Antarctic. We examine to improve the quality and safety of medical support systems in extreme environments by providing rapid and effective responses to emergency and medical crises.

The study scopes to XR technology and strategies to overcome communication barriers for medical application in polar regions. It includes the development of an XR-based remote consultation system for major diseases, emergency response protocols, XR software development for one-to-one and many-to-many collaborations, and further application in polar medical fields, including remote consultation scenario development, network optimization, and utilization of 3D hologram patient modeling.

In its first year, the project focused on developing initial XR technologies for polar medical emergencies and proposing a remote consultation system. This included developing a virtual patient hologram model and conducting communication tests between Korea and New Zealand to explore improvements in remote medical protocols.

The second year concentrated on developing technology application scenarios and protocols for major polar diseases, focusing on XR technology development for one-to-one and many-to-many collaborations. This involved creating hologram dummies and extending application scopes through domestic and international field experiments, including connections among Seoul, Antarctica, and Chicago.

The third year further progressed with the establishment of emergency response protocols and the development of XR technologies for many-to-many collaborations. In particular, utilizing Starlink and conducting field research in Antarctic regions and remote consultation simulations both domestically and internationally, the project explored the expansion possibilities of the research. It summarized to the development of remote consultation protocols considering medical personnel capabilities and disease complexity.

Further plan of this research and technological development outcomes ultimately aims to introduce a real-time consultation system based on XR technology, collaborating with the Polar Utilization Center and related Polar Medical Support Center (planned) to overcome the limitations of single-physician problem in polar expeditions. Furthermore, the results are expected to contribute to the formulation of polar medical policies, the advancement of digital health, and preparations for legal issues related to medical application in extreme conditions.

Beyond polar medicine, the research outcomes imply progressive potential for application including in aerospace, military medicine, and marine medicine fields. Moreover, it could enhance interdisciplinary research and extend the impact of polar medical advancements to address global health challenges in remote and extreme environments.

KOPRI 극지연구소

TABLE OF CONTENTS

Chapter 1. INTRODUCTION

1. Background ····· 5
2. Research Objectives ····· 8
3. Overview and Structure ····· 9

Chapter 2. TRENDS IN RELATED FIELDS

1. Research Trends ····· 11
2. Technology Development Trends ····· 13
3. Differentiation of This Study ····· 17

Chapter 3. RESULTS

1. Method and Systemic Approach ····· 21
2. Research Scope ····· 26
3. Results ····· 30

Chapter 4. ACHIEVEMENT AND CONTRIBUTION

1. Major Achievements ····· 67
2. Excellence of This Study ····· 75
3. Contribution to Related Fields ····· 77

Chapter 5. CONCLUSION

1. Conclusion and Implication ····· 79
2. Further Research Related to Other Projects ····· 80
3. Technology Commercialization Plans ····· 81

Chapter 6. REFERENCE ····· 83

KOPRI 극지연구소

목 차

제출문

요약문

제 1 장 서론

1. 연구배경 및 필요성 ····· 5
2. 연구개발 목적 ····· 8
3. 과제개요 ····· 9

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 연구 동향 ····· 11
2. 국내외 기술개발 동향 ····· 13
3. 본 과제의 위치와 차별성 ····· 17

제 3 장 연구개발 내용 및 결과

1. 연구 추진체계 및 방법 ····· 21
2. 연구내용과 범위 ····· 26
3. 연구결과 ····· 30

제 4 장 목표 달성 및 대외기여도

1. 목표 달성도 ····· 67
2. 연구성과의 우수성 ····· 75
3. 관련분야에의 기여 및 성과확산 ····· 77

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 결론 및 함의 ····· 79
2. 타 연구과제 연계 활용 방안 ····· 80
3. 후속연구의 필요성 및 기술사업화 방안 ····· 81

제 6 장 참고문헌 ····· 83

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

제 1 장 서론

1. 연구배경 및 필요성 ····· 5
2. 연구개발 목적 ····· 8
3. 과제개요 ····· 9

1. 연구배경 및 필요성

남북극의 극지환경은 이동의 제한과 전문인력의 부족이라는 독특한 제약사항들을 안고 있다. 특히 위기 및 응급상황에서 이러한 제한들은 더욱 심각한 이슈로 부각된다. 극한 환경의 특성상, 의료 서비스의 제공에 있어서 별도의 특별한 고려와 노력이 필요하다는 점은 수십 년 이상의 극지 인프라 운영 경험을 통해 충분히 알려져 있다. 의료분야는 더더욱 사람의 생명을 다루고 시급한 대응이 필요하다는 점에서 다른 어떤 분야보다도 이러한 문제를 극복하기 위한 노력이 절실하다. 극지에서 펼쳐지는 의료행위는 생명을 다루는 중대한 활동이며, 극한 환경에서의 안전 측면에서도 그 중요성이 크다.

대한극지의학회를 비롯하여 극지 활동을 하는 주요 국가들에서 발표된 상병통계에 따르면, 극지 활동이 증가함에 따라 전체 유병 및 발병 인구의 증가는 물론, 응급환자를 포함한 환자의 종류 또한 다양하게 발생한다. 특히 동계기간에 발생하는 의료 후송과 관련된 어려움은 대부분 국가에서 공통으로 나타난다. 극지방에서의 한계를 극복하려는 각국의 노력에도 불구하고, 매년 전체 남극 지역에서는 질병, 사고, 재난으로 인한 사망 사례가 드물지 않게 보고되곤 한다.

이러한 어려움은 가혹한 기후, 고립 상태, 통신환경 제약, 의료자원의 한계로 인해 가중된다. 극지 활동자가 적절한 치료를 받지 못하는 경우, 작게는 개인의 고통이나 일부 업무의 제한부터 크게는 전체 팀 과업 수행의 실패, 나아가서는 개인이나 조직의 대체 불가한 손실로 이어진다. 더욱이, 2020년 COVID-19 판데믹으로 인한 의료 후송 수단의 제한은 이러한 위험성을 더욱 가중시킴을 보았다. 근미래 우리나라가 목표로 하는 남극 연구 5위권 진입, 북극해 개척, 우주 진출 경쟁 시대를 맞이하여 향후 극한 환경에서의 의료 서비스는 이렇게 다양한 도전을 극복하면서, 보다 혁신적이고 효과적인 해결책을 모색해야 할 필요성이 크다.

가. 극지환경에서 제공되는 의료 서비스

극지환경에서 의료 서비스를 제공하는 것은 여러 면에서 도전적이다. 의료자원의 제한, 통신 및 접근성 문제, 극단적인 기후 조건, 극지 활동자들의 정신심리적 어려움 등이 의료 서비스 제공에 영향을 미친다.

현재 남북극과 같은 극지환경에서 이루어지고 있는 의료행위는 프로토콜에 의한 표준화 진료보다는 주로 파견 의사 개인 및 기지 대장의 의사결정과 제한된 단일 자문체계에 기반한 임기응변식에 가까운 대응에 의존하고 있다. 이러한 접근 방식은 순간의 긴급 상황에 대처하는 데에는 유용하고 빠르게 느껴질지 모르지만, 관련 당사자들에게 과도한 판단과 책임을 의존하게 되고, 경험과 노하우가 다음 극지 활동자에게 전달되기 어려워 중장기적인 리스크 관리와 책임의 분산 면에서 구조적인 한계를 가진다.

무엇보다 가장 큰 한계는 극지환경에서는 단 한 명의 의사가(또는 현장의 의사 없이) 수행할 수 있는 수술이나 술기 치료의 범위가 제한적이라는 점이다. 즉, 복잡하거나 전문적인 의료 처치가 필요한 경우, 적절한 대응이 어렵거나 아예 불가능할 수 있다. 이러한 상황에서는 단일 의료인으로 구성된 극지 현장의 의료체계를 보완해 줄 실질적이고 구체적인 대안 마련이 절실하다. 예를 들어, 원격의료 지원 시스템의 도입, 전문 의료팀의 구성, 의료 장비와 자원의 효율적인 배치와 활용 등이 고려될 수 있을 것이다.

이러한 대안들은 극지환경에서 의료 서비스의 질을 높이고, 의료행위의 범위를 확장하는 데 기여할 수 있다. 또한, 이러한 노력은 극한 환경에서 발생할 수 있는 다양한 의료적 도전에 대처하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 따라서, 이러한 한계를 극복하고 보다 효과적인 의료 서비스를 제공하기 위한 새로운 접근 방식과 대안 마련이 필요하다.

나. 그간의 극복 노력

한편, 이러한 어려움이 있다고 하여 극지역에 많은 숫자의 의료자원을 파견하거나 고비용의 의료 인프라를 구축하는 것은 비용이나 효율성 문제로 현실성이 떨어진다. 혁신적인 접근 방식과 지속적인 기술개발이 요구되는 이유이다. 극한 환경에서의 의료는 전통적인 의료 환경과는 다른 도전을 제시하며, 이에 따라 특별한 의료 기법, 장비, 훈련 및 지원 시스템이 필요한 것이다. 즉, 극지 의료 서비스를 위해서는 고도의 전문성, 창의성, 그리고 협력적 접근 방식을 요구한다.

우선 연구와 학술적인 측면에서, 과거 대한극지의학회와 같은 극지 경험 의사 및 의료 전문가가 포함된 단체에서 수행한 연구나 발표들은 극지환경에서 의료 서비스의 중요성을 안전과 극지 미션 달성의 두 가지 차원에서 강조하고 있다. 극지의 도전을 극복하는 연구

개발은 극지 현장의 의료진에게 요구하는 특수한 스킬(기술)과 지식을 정의하는 데 도움을 주며, 이는 다시 극지환경에서의 의료 서비스 품질향상에 기여함으로써 선순환된다는 것이다. 또한, 개별 사례 분석과 극지의료 표준화 및 극지의료 지원 체계에 대한 연구들은 극한 환경에서 의료 서비스를 제공하는 데 필요한 새로운 프로토콜과 지침을 개발하는 데 중요한 기반을 제공한다.

이러한 학술연구 노력과 함께 극지연구소를 중심으로 문제해결을 위한 실질적인 노력 또한 있어 왔다. 첫째, 남북극 극지 기지와 쇄빙연구선을 중심으로 한 극지 현장 안전 매뉴얼, 남극 내륙 응급의료 매뉴얼, 남극기지 응급 후송 사례 분석 및 대응 지침과 같은 기초조사 및 가이드 마련이다. 둘째, 극지 파견자 건강적합성 판정 체계 마련, 월동대 사전 정밀건강검진, 극지 적응 및 안전 훈련과 같은 사전 예방 노력이다. 셋째, 남극 현장 주변 기지들과의 의료 협력, 각 남북극 진출입 도시의 병원 인프라 확보와 같은 극지 현장의 의료 네트워크 구성이다. 넷째, 극지연구소가 위치한 인근 대학병원 응급의료센터와 남극 기지 간 24시간 의료 자문체계 구축이다. 다섯째, 재능기부 형태의 극지의료 자문, 개별적인 교육이나 남북극 현장에서의 대원 교육, 모의 시뮬레이션, 정책 제안 등의 개별 극지 의사들의 노력이다.

다. 가용한 원격협진 시스템 구축 필요성

이 가운데 응급 및 비응급 의료 자문 분야는 극지의료 지원체계의 핵심이자 그 중요성 때문에도 그동안 한계와 문제점들이 꾸준히 제기되어 왔다. 특히, 현장 이해 부족과 제도적 미비점에서 비롯된 의사결정의 어려움, 통신 지연에 따른 실시간 대응의 한계는 상당히 극복하기 어려운 장애물로 여겨져 왔다. 또한 설상가상으로 앞에서 열거한 극지의료 지원 및 문제해결의 실제 노력들은 현재 중단되거나 여러 가지 이유로 그 기능을 완벽하게 수행하고 있지 못한 현실이다. 극지 파견 의사 교육 중단이나 일부 원격의료 장비가 야심차게 도입되었음에도 현장의 불편함 등의 이유로 실제 사용되지 못하고 있는 것이 대표적인 예이다.

한편 최근의 첨단기술 발전은 남북극 지역의 통신 및 교통 환경을 극적으로 개선하면서 원격의료 서비스, 실시간 데이터 공유, 원격 진단 및 치료 지원과 같은 새로운 가능성을 열고 있다. 이러한 발전된 기술들을 극지의료 지원체계와 통합해 활용할 수 있도록 한발 앞선 준비가 필요하며, 당장 극지환경에서 의료진이 직면하는 문제 극복에도 획기적인 도움이 될 것으로 보인다.

요약하면, 극지환경에서의 의료 서비스 제공은 극지만의 고유한 어려움과 도전을 제시한다. 이러한 제약에 효과적으로 대응하기 위해서는 지속적인 연구, 혁신 기술 도입, 극지 현장에 맞게 특화된 활용 아이디어, 그리고 전문인력의 활용과 신규 인력에 대한 지속적인 교육과 훈련이 필수적이다.

극지환경에서의 의료 서비스 개선은 단순히 남북극 현장에서의 건강 문제를 해결하는 것을 넘어, 극한 환경에서의 생존과 탐사 안전성을 높이고, 극지역에 대한 이해를 깊게 하며, 더 넓은 의료분야에 대한 통찰을 제공한다. 비단 극지환경뿐만 아니라 다른 극한 환경, 우주나 고산지역, 가깝게는 북극권 원주민이나 달과 심우주의 유인 우주 탐사와 같은 분야에서도 중요한 연계 활용 지점을 찾을 수 있으며, 노인 대상 활용이나 저개발국가 취약 인구의 건강과 안전을 지키는 데에도 기여할 수 있다.

2. 연구개발 목적

본 연구는 남북극 극지환경에서 발생하는 응급환자 및 의학적 위기 상황에 대한 신속하고 효과적인 대응이 가능하게 하는 원격협진 체계 연구개발을 목적으로 한다. 이를 위해 극지 각 기지와 원거리에 있는 의료진 및 전문가들이 '확장현실(Extended Reality, XR)'을 기반으로 한 원격 협업체계를 고안하고 개발하고자 하였다.

연구는 극지의료 지원 시스템의 개발과 그 중요성에 대해서도 고찰하며, 연차별로 설정된 세부 목표에 맞추어 대표 질환에 대한 시나리오 개발, 국내 모의훈련과 현장 테스트를 통한 원격협진 프로토콜을 단계적으로 발전시키고자 하였다. 이를 통해 극지환경에서 발생할 수 있는 다양한 의료 위기 상황에 대응하는 데 중요한 역할을 할 것을 기대한다.

전술하였듯이, 남북극과 같은 극단적 환경에서 발생하는 의료 위기 상황은 국내와는 다른 특별한 대응 방식을 요구하며, 응급상황에서의 원격협진은 생명을 구하는 데에 결정적인 역할을 할 수 있다. 확장현실 기술을 통한 원격협진은 위기 상황에서 극지 현장에서 대처하는 의료인과 팀의 실효적 협업 효과를 배가시키고, 의료진과 전문가들이 실시간으로 정보를 교환하여 실제 도움이 되는 의료 서비스를 제공하는 새로운 방법을 제시한다.

또한 본 연구는 남북극 기지에서의 외상 응급상황을 시뮬레이션하여, 원격협진 프로토콜의 작동과 실효성을 평가하고 분류하고자 한다. 개발된 프로토콜은 실제 상황에 효과적으로 적용될 수 있으며, 잠재적인 위기 상황에 대비하는 데 중요한 길잡이 역할을 할 것으로 기대된다. 또한, 이 연구는 비단 극지나 우주와 같은 극한 지역에 활용되는 원격의료적 측면뿐 아니라, 확장현실 기술이 병원 내 수술이나 마이너한 처치 등의 의료분야에도 어떻게 통합될 수 있는지에 대한 이해를 넓힐 수 있다.

3. 과제개요

가. 연구 분야

분류	극지 의·약학 (극지의학)

나. 연구개발 개요

연구개발 목표	남북극 극지 환경에서 발생한 응급 환자 및 위기상황에 빠르고 효과적으로 대응하기 위하여 극지기지와 원거리에 있는 의사 등 전문가들이 확장현실(XR) 기반에서 원격 협업할 수 있도록 시스템을 연구·개발하고, 연차별 목표에 맞는 모의훈련을 통해 효과성 검증 및 원격협진 프로토콜을 단계적 발전시킴.
연구개발 내용	○ 1년차 - 극지기지와 원거리(한국) 간 XR을 이용한 남북극기지의 의료 응급상황 교육과 모의수술 프로토콜 마련 - 극지기지와 원거리(한국) 간의 XR 협업을 위한 무선 네트워크 환경 테스트 및 기술 전략 수립 - AR 글래스를 이용한 XR용 원격협업 환경 체계화 - 일대일 상황을 고려한 XR 기반 수술 및 응급 환자 발생 상황 원격협업 프로토콜 연구개발 ○ 2년차 - 멀티 사용자용 XR 협업을 위한 S/W 업그레이드 - 1년 차 모의 훈련 결과를 바탕으로 원격협업의 효과 상승을 위한 추가 기능 및 UX 연구개발(이미지, 동영상, 3D 모델링 데이터 공유 기능) - 일대 다수의 전문가/전문의들의 상황을 고려한 XR 기반 응급 환자 발생 및 수술 등의 원격협업 프로토콜 연구개발 ○ 3년차 - 1, 2년차 결과물을 활용하여 다양한 의료 및 기지의 유지보수 관리와 위기대응 상황에 적용할 수 있는 응용 분야 조사 - 위기대응용 UI 추가 및 S/W 시스템 개선 - XR 기반 위기대응 상황용 협업 프로토콜 확장 연구 개발
연구개발 방법	○ 극지 대원 및 파견 의료진과의 인터뷰를 통한 현장 사례와 문제발굴 ○ 프로토콜 맞춤형 AR/VR 글래스용 S/W 기능 요소 도출 및 프로토타입 구현 ○ 더미(dummy: 환자모형) 및 모의 환자 대상 XR 원격협업 모의훈련 실시 ○ 훈련 결과를 바탕으로 효과 검증 및 개선 사항 도출 ○ 분기별 1회 이상 프로세스 반복을 통한 점진적 개선 수행 ○ 외부 자문 그룹과 연 1회 연차 회의를 통한 개선 사항 도출

최종 성과목표	○ SCI급 학술 논문(연차별 1건) 및 연구보고서 (과제종료 후 기간 포함) ○ XR 기반 원격협업 프로토콜 (연차별 업그레이드) ○ AR글래스 기반 XR 원격 협업 S/W 프로토타입 (연차별 업그레이드) ○ XR 기반 원격의료 협업 특허 극지연구소와 공동출원 1건 [그림] 일대다수 원격협진 훈련 상황 예시(이미지: 서지컬마인드 제공)

다. 연구기간 및 자원

총 연구기간	소요인력(명)	극지인프라 활용
3년 (2년 8개월)	*10명 (핵심참여인원)*	*세종기지, 장보고기지, 쇄빙연구선(아라온), K루트(내륙)*

다. 기대효과 및 특이사항

○ 남북극 기지 내 감염병이 발생했을 경우, 비대면 치료를 위한 솔루션으로 활용 가능
○ 극지 활동 현장에서 위기상황 발생 시 응급환자의 대처 및 생존 가능성을 높임
○ 무선 네트워크 여건이 상대적으로 열악한 환경을 고려한 실시간 원격의료 협업 프로토콜을 확립하고 관련 노하우를 확보 가능(다른 극지 기지운영 및 연구 환경의 응용 기초자료)
○ XR 협업 환경은 위기 상황 외에도 다양한 협업 및 원격교육 수행 용도로 타 연구 분야에 활용 가능
○ 극지환경으로 분리된 상황에서 새로운 기술을 XR 체험을 통해 학습할 수 있게 되어 새로운 장비나 기기를 극지 현장에서 원격교육으로 대체 가능(시간, 비용 절약)
○ 극지연구소, 극지의학회와 개발사 등의 공동 특허 등록을 통하여 산-학 연계 연구 성과 및 추가 기술사업화 도모
○ 향후 우주와 해양 등의 다양한 원격지 의료협업, 기지 유지관리 및 과학연구로의 확대 적용 및 추가연구 확장이 가능

※ *기존의 극지 연구는 극지(연)의 과제 내에서 이루어지는 극지 현장에서의 기초과학 연구 중심이었으며, 인간을 대상으로 한 의료 및 바이오 연구 분야는 거의 없는 상태임. 본 연구와 같은 극한의 원격지와의 실시간 협업을 통한 미디어와 산학연을 포함한 융합 연구는 없었음.*

- *향후 극지연구소의 과학연구·실험체계와 극지의학회의 의료 전문가들, 연구주관 대학의 의학 실증연구 및 의료산업 기반의 미디어를 종합한 융합 연구가 이루어진다면 학연, 나아가 산학연, 산학연+병의 협력체계를 확립하고 다학제 극지의료 연구의 초석이 될 수 있음.*

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 연구 동향 ····· 11
2. 국내외 기술개발 동향 ····· 13
3. 본 과제의 위치와 차별성 ····· 17

1. 국내외 연구 동향

가. 국내 관련 연구동향

홍종원(2006)은 세종기지 제18차 월동보고서에서 하지골절 환자의 응급 의료 후송 사례의 전체 과정을 상세히 기술하였으며, 타국 기지 월동대원의 크레바스 조난으로 인한 사망 사례에 대해서도 논의하였다.

이민구 등(2014)은 극지 의료지원센터 구축 및 극지 의료지원 계획 수립을 위한 연구에서 극지 후송 지침 마련, 파견 의료진 교육, 원격 진료 자문 시스템 구축 등의 구체적 방안을 제시하였다. 계속하여 이민구 등(2015)은 세종기지 26년 동안의 의무기록을 분석하여 외상 및 응급질환을 포함한 남극기지 의료 소비 양상을 분석하고, 증가하는 남극 활동 및 의료수요에 대응하기 위한 적절한 의료 공급 방향을 제시하였다.

이어진(2011, 2017)은 남극 세종기지 의료네트워크 개념을 제시하고, 세종기지에서 발생한 의료 후송 사례를 바탕으로 남극 월동 중 의료 후송의 어려움에 대해 심도 있는 고찰을 진행하였다. 이후 이어진(2018)에서는 세종기지에서 30년 동안 발생한 의료 후송 사례들을 정리하고 타국 남극 기지와 비교 고찰을 수행하였다. 이어진(2017)은 또한 세종기지에서 2010년에 시행된 원격 심리검사 및 화상상담 사례를 국제 남극 운영 관리자 협의회(COMNAP)에 소개하였다. 이와 관련하여 윤기범(2017)과 강재명 등(2022)은 월동대 대상으로 심리검사 및 원격상담을 시행하여 그 결과를 발표하였다.

채병도(2019)는 남극 장보고기지에서 2년 동안에 걸쳐 비의료 인력을 포함한 월동대원들과 함께 수행한 모의 수술 준비 및 시행 과정을 대한극지의학회에 소개하였다. 이상의 연구들은 극지 경험을 가진 의사 연구자에 의해 수행된 특징을 가지고 있으며, 극지환경에서 발생할 수 있는 의료적 도전과 위험 상황에 대한 실질적이고 구체적인 사례 또는 이에 대한 정리를 통해 의료 응급상황 대응책 마련에도 중요한 단초를 제공하였다.

한편, 박형석 등(2007)이 국내 원격 해상선박의료지도 체계 초기 구축 단계에서 응급의

료정보센터를 통해 이루어진 선원 대상 원격 의료지도 경험을 해양의학 및 응급의학 관점에서 고찰하였다. 이어 김성권 등(2014)은 구급센터에서 수행된 해상원격의료의 상담 수단에 따라 질병군과 외상군을 비교한 연구를 응급의학회지에 소개하였으며, 윤대홍 등(2008)은 원격화상 진료가 수행된 무의도에서의 경험을 바탕으로 원격진료의 장단점, 위험성, 문제점 및 개선점에 대해 기술하였다.

추가로 박철웅(2015), 정진기 등(2016)은 선박화재 대응 훈련용 가상 선원 훈련 플랫폼을 제안하였으며, 이협우(2018) 등은 가상현실을 기반으로 선박 퇴선 훈련 시나리오를 구현하기도 하였다. 확장현실 관련 기술을 이용한 원격의료 연구는 국내의 경우 COVID-19를 거치며 비대면 의료 중심으로, 최근에는 메타버스 및 AI를 접목 또는 연계하여 클라우드 의료 서비스와 접목이 시도되는 등으로 발전하고 있으며, 많은 연구에서 모두 공통되게 통신 수단의 발전에 따른 향후 원격의료 체계의 고도화를 기대하고 있다.

나. 국외 관련 연구동향

Otani 등(2004)과 Ikeda 등(2019)은 각각 일본 남극연구소(JARE)의 46년 및 61년 동안의 상병통계를 보고하였다. 이들은 외상 및 근골격 질환의 높은 유병률을 관찰하였으며, 1건의 사망 사례와 2건의 충수돌기 절제술, 그리고 4건의 남극에서의 의료 후송 사례를 보고하였다.

2016년 인도 Goa에서 개최된 국제 남극 운영 관리자 협의회(COMNAP) 심포지움에서는 동계기간의 주요 도전 과제에 대해 논의되었다. Bhatia & Malhotra(2013) 및 Malhotra & Bhatia(2017)은 인도 남극 상병통계와 주요 사고 사례를, Pattyn 등(2017)은 남극에서 제한되는 디지털 통신 장비의 한계를, Ohno 등(2017)은 일본 남극기지 사고 및 후송 사례를, Barbarito & Naveira (2017)는 월동 중 e-커뮤니케이션 장비의 효과를, Kohlberg 등(2016)은 월동 중 의료 안전에 디지털 장비가 실질적으로 기여할 수 있는 점에 대해 소개하였다.

Mills & Mills(2008)는 남극에서의 응급 의료 후송 과정에서 발생하는 어려움에 대해 상세히 기술한 바 있다. Hyer(1999)는 일찍이 호주 기지에서의 원격의료 이용 진료 경험을, Otto 등(2012)는 남극 맥머도기지에서 심낭염 및 심낭삼출 진단을 위한 원격 초음파 적용 사례를 보고한 바 있다. 원격으로 개최된 2020년 SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research)의 Open Science Conference에서는 일본기지에서 발생한 급성 시력 저하로 인한 응급 의료 후송 사례와 영국기지의 대동맥 파열로 인한 의료후송 사례가 보고되기도 하였다.

Lugg(1998, 1999)은 이러한 남극에서의 원격의료의 가치에 대해 역사와 함께 정리하였으며, 남극기지 차원의 원격의료 체계의 적용에 대하여는 Siderfin 등(1995),

Grant(2004), Lowe & Warner(2023)가 영국 BASMU의 경험을, Ohno 등(2012)이 남극 일본기지의 경험을 정리하여 보고하였다. 각 해외 사례들은 남극에서 발생할 수 있는 다양한 의료적 도전들과 이에 대응하기 위한 국제적 노력의 중요성을 강조함과 동시에, 극한 환경에서의 의료 서비스 제공에 있어 고려되어야 하는 공통된 사항들을 제시하고 있다. 이상의 선행연구들은 남극에서의 의료 후송 및 응급 대응 프로토콜 개선을 위한 중요한 기반을 마련한다.

2. 국내외 기술개발 동향

가. 응급의료 및 협진 프로토콜 기술개발 동향

소방방재청(2011)은 119 구급 서비스에 대해 일반 상황의 표준화 절차와 지침을 제시하고, 이를 구급 서비스 운용 단계에 따라 표준화하였다. 구급 서비스의 각 단계는 시민 신고와 출동 단계, 도착 전 단계, 현장 또는 이송 단계로 구분되며, 상황별 표준 응급처치 지침을 바탕으로 간접 의료 지도가 가능하다. 이러한 접근 방식은 김재민(2015)의 연구를 통해 경기도에서 적용되었으며, 업무 수행의 확대와 함께 긍정적으로 평가되었다.

한편 김경호(2017)는 내과 전공의 부족이라는 문제에 대한 대안으로, 응급의학과 의사가 입원 결정 역할을 수행하는 새로운 진료 프로토콜을 도입하였다. 이 프로토콜을 통해 응급실 내원 내과 환자의 진료 효율성이 증진되었음을 보고하였다. 이상의 연구와 의료 현장에서 개발된 프로토콜은 의료 서비스 제공 방식의 효율성을 높이고, 인력 부족과 같은 현장의 문제에 대처하는 데 좋은 힌트를 제공한다.

나. 디지털 기술을 이용한 원격 협진 연구 및 활용 동향

한국의료보건산업진흥원(2023)에 따르면 2020년부터 원격 협진 시범 사업을 통해 의료 서비스의 질적 향상에 대한 실증 연구를 수행하고 있다. 이러한 연구는 원격협진이 전반적 의료체계 내에서 환자들에게 미치는 영향을 탐색하는 데 중요한 역할을 한다.

또한 삼성서울병원 응급의학과는 국내 가상현실 의료기기 개발사인 서지컬마인드와의 협력을 통해 HMD형 장비(홀로렌즈-II)를 사용한 응급환자 치료 및 교육을 위한 원격협진 프로토콜을 연구 중이다. 하지만 극지 의료분야의 안전성 제고와 응급상황 대처에 대한 원격협업에 의한 HMD를 이용한 원격지 실시간 대화형 기술 연구개발은 부족한 상태이다.

올림푸스 사의 '메디컬 시스템'은 COVID-19 대유행으로 인한 의료 환경의 질적 저하를 방지하기 위해 원격의료 협진 서비스 개발과 보급에 노력하고 있다. 영국의 'Imperial

College Healthcare NHS Trust' 병원에서는 홀로렌즈-II 를 이용하여 코로나 병동 환자들을 원격으로 관리하며 이로 인한 실질적인 효과를 보고하고 있다(Martin et al., 2020). 이는 최근의 원격의료 기술의 실제 의료 현장에서의 도입과 활용 사례를 보여준다.

연구 개시 시점까지의 SCAR-COMNAP '인간생물학과 의학 공동전문가그룹 (Joint Expert Group on Human Biology and Medicine, JEGHBM)' 홈페이지와 PUBMED 데이터베이스 검토 결과, 현재까지 확장현실(Extended Reality, XR) 매체나 기술을 극지의료 분야에 활용한 연구는 아직 없는 것으로 나타났다. 이는 통신 제약이 극대화되는 원격지 및 극지에 있어서의 확장현실 기술의 도입 난이도와 이들 기술의 극지의료 분야 활용에 대한 선점이 가능함을 시사한다.

다. 관련 연구개발 동향으로부터의 시사점

현재 남극 세종기지와 장보고 기지에는 매년 한 분야의 일반의 또는 전문의만 파견되며 하계 시즌에 응급구조사가 일부 진료를 돕는다. 동계 기간에 발생할 수 있는 다양한 응급상황에 한 명의 의사가 모두 대처하기는 현실적으로 어려운 상태이다. (이러한 의사가 두 명이 되더라도 쉽지 않다) 실제로, 매년 다양한 의료적 응급상황이 수 차례 발생하고 있으며, 원격의료 협진은 거의 연중 이루어진다고 볼 수 있다.

이러한 상황에서 현재 극지연구소는 가천대 길병원 응급의료센터 혹은 대한극지의학회의 극지 경험 의사들과 스마트폰 또는 원격의료 부스(현재 사용 중단)를 활용한 유선 또는 화상 전화로 원격협진을 수행하고 있다. 남극기지 내에서 응급환자가 발생할 경우, 극지 현장의 의사는 핸드폰을 활용하여 원격협진을 수행하지만, 혼자서 환자를 치료해야 하므로 양손을 모두 사용할 수 없는 제한된 상황에 놓이는 문제가 있다. 또한, 현행 시스템에는 원격 의료진들이 극지 의사에게 제공하고자 하는 정보 전달에도 한계가 있다.

이러한 문제를 개선하기 위해, 기존 모니터나 스마트폰 기반의 협진에서 가깝게는 XR 기반의 AR/VR 글래스 타입 하드웨어들이 도입되고 쓰이리라 기대된다. 현재도 여러 연구팀에서 관련 연구들이 속속 소개되어 확산되고 있다. 이에 따라, 새로운 형태의 원격협진 프로토콜 연구개발 및 관련 소프트웨어의 사용자 인터페이스(UI) 및 사용자 경험(UX)에 대한 연구개발과 사용 경험 및 노하우 축적이 필요하다.

이와 같은 원격의료 분야의 기술적 발전은 극지 통신환경 개선과 맞물려 극지환경에서의 의료 서비스 제공 방식을 혁신하고, 응급상황에 대한 효과적인 대응을 가능하게 할 것이므로, 극지 활동자 안전과 의료 서비스 제공에 만전을 기해야 하는 극지 인프라 관리나자 현장의 의료진에게는 매우 중요하고 시급한 문제로 보인다.

※ 본 과제 중요 유관 연구의 내용 및 결과

과 제 명	연구기간	연구책임자/주최	연구 내용	비고
○극지 의료지원시스템 구축 및 적용 프로그램 개발	'13.7～'14.5	이민구	○극지 의료지원센터 구축 및 극지의료지원 계획 수립	극지의료 관련연구
○대한극지의학회 학술대회 (총 11회)	'15.4～'20.6	극지의학회	○남극기지의료현황 (유사한 의료패턴) ○응급/중환자 의료후송문제 논의	극지의료 학술대회
○세종기지 제18차 월동구보고서	'04.12～'06.1	홍종원/극지연구소	○의료자원 및 지원인력의 개선안	남극월동연구
○확장현실(XR)을 이용한 응급의학 체계 연구	'20.10～	차윤철 김일	○삼성의료원 응급실 응급환자 대응 프로토콜에 XR기술을 적용	임상의학 (응급의학)
○확장현실(XR)을 이용한 가상환자 안면부 혈관접근 연구	'20.8～'20.10	김일	○안면부 가상 더미에 XR기술을 적용	기초의학 (해부학)

[선행연구 1] - 극지 의료지원시스템 구축 및 적용 프로그램 개발 (극지연구소 위탁과제)

○ 1988년 세종기지 창설 이후 26년치 의무기록 분석 및 극지 표준의료지침서 개발

○ 극지환자후송지침서 개발 및 의료자문단 구성, 원격진료자문시스템 구축(안) 개발

○ 극지파견의료진에 대한 사전교육프로그램 개발

▶ 해당 연구과제는 각 극지의료 분야 전문가(의과대학 교수, 월동의사, 선의, 항공의학전문가, 극지의학회원) 자문을 바탕으로 수행됨. 연구개발 결과물 중 의무기록 분석 결과(상병통계), 표준의료지침서, 의료후송지침, 극지파견 의료진 사전교육프로그램 개발내용을 본 연구의 모의수술 프로토콜 대상질환군 선정, 응급질환 대응 시나리오 개발, 월동대 교육프로그램 연구개발에 각각 활용 가능함.

[선행연구 2] - 2015-2020년 대한극지의학회 학술대회 (총 11회, 극지의학회)

○ 대한극지의학회는 2014년 창립되어 극지의료에 관심있는 의료인과 월동의사, 쇄빙선 선의를 중심으로 2015년부터 연 2회 대한극지의학회 학술대회를 진행함(2020년은 코로나로 인하여 1회 시행, 총 11회).

○ 학술대회 1부에서는 원격 발표를 통해 남극과학기지(세종, 장보고)와 쇄빙선에서의 의료현황을 다룸.

○ 매년 보고된 내용은 선행연구 1과 유사한 의료패턴을 보이고, 특히 장보고기지의 경우 응급환자에 대한 의료후송상의 어려움이 있음이 늘 대두됨.

▶ 학회에서 보고된 남극 기지 및 쇄빙선에서의 주요 응급질환 사례, 의료후송 사례와 애로사항, 최근 장보고기지에서의 모의수술 시범사례를 후향적 분석하여 보다 구체화하고 체계화시켜 본 연구에 적용.

[선행연구 3] - 남극세종기지 제18차 월동연구보고서 (극지연구소)

○ 2004.12-2006.1 월동기간의 남극세종기지 제18차 월동보고서(BSE 401010-25-12, pp375-460)에서 의료자원 및 지원인력의 한계를 지적함.

▶ 당시 고안 및 실시되었던 CPR(심폐소생술) 교육과 한국기지 외 환자 발생시 기지로의 후송, 후송시 처치에 대한 알고리즘과 이에 대한 훈련 내용, 아울러 일반인 월동대원을 대상으로 한 교육훈련의 어려움에 대한 평가내용을 본 연구의 응급상황 대응 프로토콜 마련과 월동대 교육훈련 부분에 적용 가능함.

[선행연구 4] - 확장현실(XR)을 이용한 응급의학체계 연구 (삼성의료원)

○ 삼성의료원 응급의학과와 협력을 통해 초음파를 이용한 중심 정맥 인젝션의 XR버전 제작 및 효과성 연구 수행, 원격 교육과 협진을 위한 XR기반 비대면 교육 솔루션 프로토타입 제작 및 효과성 연구

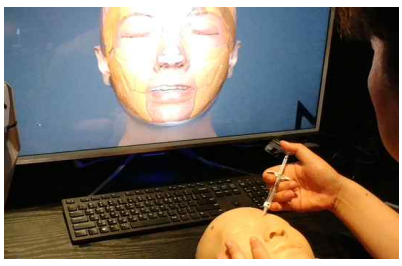
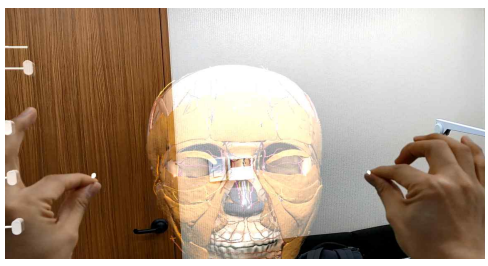
▶ 해당 연구개발 내용은 극지환경(원격 및 난접근 환경)에서의 환자치료 협업/협진에 확장될 수 있으며, 본 연구과제의 XR기술 기반 가상환자 시각화 기술개발 연구 및 의료기기 사용법 원격 교육에 적용 가능함.

[선행연구 5] - 확장현실(XR)을 이용한 가상환자 안면부 혈관접근 연구 (협력사)

○ 해당 연구과제는 Medical Injection 훈련 솔루션을 개발한 것으로, 초정밀 실-가상 정합기술을 활용하여 백내장 수술 트레이닝 및 안면부 해부학 솔루션을 제작함.

○ 임상적으로 활용되는 각 레이어(피부, 지방, 근육, 혈관, 신경, 뼈)의 얼굴 부위 해부학 데이터를 디지털 이미지로 제작하여 안구를 포함한 얼굴 부위 학습에 활용 가능

○ Microsoft의 지원을 받아서 얼굴부위 해부학 데이터를 XR버전으로 컨버팅하여 학습에 활용

▶ 해당 연구개발 내용은 극지환경(원격 및 난접근 환경)에서의 환자자문 및 교육 협업에 확장 가능하며, 본 연구과제의 XR기술 기반 가상환자 신체(더미)제작 및 가상환자 시각화 기술개발 연구에 적용 가능함.

3. 본 과제의 위치와 차별성

가. 원격협진을 통한 문제해결

(1) 해결하고자 하는 문제와 해결 지점

극한 환경에서 연구하는 대원들의 의료적 응급상황 및 위기상황은 극지 인프라와 극지 활동 인구 증가에 따라 거의 매년 발생하고 있다. 특히 동계 기간에 발생하는 의료 후송과 관련된 어려움은 모든 국가에서 공통적으로 나타나며, 이에 대응하기 위한 국제 협력과 실질적 대응책 마련을 위한 노력이 진행되고 있다.

이러한 노력에도 불구하고, 매년 남극에서는 질병, 사고, 재난으로 인한 사망 사례가 발생하고 있다. 환자 발생 시 고립된 극지 환경과 의료자원의 한계로 인해 적절한 치료를 받지 못하는 경우, 이는 개인이나 팀, 조직 내 대체 불가한 손실을 초래할 수 있다. 특히 2020년 COVID-19 판데믹으로 인한 후송 수단의 제한은 이러한 위험성을 더욱 가중시켰다.

지금까지의 남북극의 의료 응급상황에서는 정해진 프로토콜에 의한 진료보다는 책임라인에 있는 개개인의 판단에 의존도가 큰 임기응변식 대응이 주로 이루어졌다. 이는 제한된 극지환경 내에서의 문제해결을 위한 체계적 리스크 관리와 책임 분산이 필요함을 시사한다. 특히, 나아가서는 의사 한 명으로는 한계가 있는 수술적 치료에 대한 실질적이고 구체적인 대안 마련이 필요하다.

KOPRI 극지연구소

(2) 기존 원격의료 서비스와의 비교

우리나라 IT 기술은 세계적 수준이며, 디지털 트랜스폼이라는 사회적 트렌드, 의료기기 관련 시장 또한 이러한 원격의료에 호의적이므로, 이해관계자들이 해당기술 적용에 부정적인 국내와는 달리, 이를 꼭 필요한 극지 의료 현장에 활용할 수 있는 충분한 여지가 있다.

특히 극지 의료분야의 안전성 제고와 응급상황 대처에 대한 실시간 원격협진 기술의 연구개발은 과거에도 MOU 의료기관 등과의 일부 시도가 있었으나, 체계적인 연구와 본격적인 개발은 아직 이루어지지 않고 있다. 이는 극지의료 분야에서도 국제적으로 선점이 가능한 혁신 기술개발 및 적용에 대한 가능성을 시사하며, 창의적으로 도출된 연구개발 성과물을 적용함에 있어서도 극한 환경에서 발생할 수 있는 다양한 의료적 도전은 의미있는 역할을 할 것이다.

기존 현재 수준의 원격협진 체계는 판데믹으로 인한 후송 불가와 촌각을 다투는 중증 응급환자 발생 상황 등에 필연적으로 취약하다. 이러한 상황은 극지 의료 서비스의 주요 과제로 대두되고 있으며, 실질적인 대응 방안 마련이 요구된다. 본 연구에서 목표로 하는

원격 협진 체계 구축은 향후 극지 원격의료가 나아가야 할 방향을 제시한다. 이는 극한 상황에서의 마지막 의료 취약 지점을 보완하는 데 중요한 기여를 할 것이다.

또한 극지에서 실증된 원격협진 체계는 판데믹과 같은 비상 상황뿐만 아니라 일상적인 의료 상황에서도 효과적인 의료 서비스 제공을 가능하게 할 것이다. 이를 통해 극지환경에서 발생하는 다양한 의료적 도전에 대한 대응력을 향상시킬 수 있으며, 의료자원의 한계와 고립 상태에 있는 다른 분야에서도 최적의 의료 서비스를 제공하는 데 기여할 것이다.

[표] 극지에서의 협진 및 원격의료서비스의 과거, 현재, 미래

	기존 극지의료 협진 체계(서비스)	원격의료 초기 (2010년대)	미래 (2020년대)
화상연결	없음	일부/제한적(저화질)	실시간(고화질)
정보전송	이메일(텍스트, 사진), 전화	이메일, 모바일(SNS), 전화	기존매체, 앱/화상연결 가상 공간정합 홀로그램
협진과	일부 영상의학, 피부/안과	영상의학, 외상, 정신/심리	영상/내외과 전반, 중증외상
문제점	파견의사 역량한계	중환 취약성 후송 제한시 위험	통신 기술 의존성 장비숙련도(기술수용성)
해결(협력)	자체+주변기지(칠레 등)	자체+자문+주변기지+후송	본국 협업을 통한 자체해결

KOPRI 극지연구소

나. 연구의 독창성과 창의성

앞에서와 같이 기존 국내·외에서 수행되었거나 진행 중인 관련 연구들은 주로 병원 내 또는 지역사회 내에서 이루어지는 응급의료 및 협진 현장을 대상으로 한다. 이들 연구는 최소한의 필수 의료자원과 의료진이 갖추어진 일반적인 의료 환경에서의 응급상황과 협진 시스템에 집중하고 있다.

반면, 본 연구는 한국에서 약 1만 킬로미터가 넘는 거리에 위치한 극지방을 연구 대상 지역으로 정의한다. 이는 먼 거리(접근성), 열악한 네트워크 환경, 의료인력의 제한, 비의료인의 의료행위 참여 등 극강의 제한요소를 갖는 특수 의료 현장에 대한 연구이므로 차별화된다. 이러한 제약 사항들은 본 연구가 통신 기술의 한계, 가용 의료기기의 제한, 의사의 전문 인력 제한 등 인적 및 물적 제약 요소들을 고려한 극지 의료분야의 적정 의료 속성을 반영한 새로운 접근임을 시사한다.

또한, 본 연구는 'Team-approach' 가 이루어지는 의료 현장의 효율성을 극대화하는 프로토콜 연구를 목표로 하고 있다. 이는 국내의 발전된 IT 기술과 선행연구를 바탕으로 관

련기술을 선도 및 선점할 수 있는 기회를 제공한다. 이러한 연구는 극지 의학뿐만 아니라 우리나라 극지연구소의 위상을 대내외 높이는 데에도 중요한 기여를 할 것으로 예상된다.

다. 본 연구개발 기술의 차별성

현재 남극기지 의료체계상의 한계를 고려할 때, 본 연구개발 기술은 현행 극지연구소의 의료 및 안전 지침, 후송 지침과 상호보완적으로 구분되며, 기존에 수행되던 유사 과제와도 그 성격이 차별화된다.

특히, 기존 인터넷/온라인을 넘어서 가상공간을 활용하는 솔루션들은 서로 구현하는 정보 특성이나 구현 방식이 다르다. 대표적으로 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR)이 있으며, 확장현실(Extended Reality, XR)은 이들 VR, AR, MR 기술을 망라하여 단순 시청각 디스플레이를 넘어 공간 매핑, 객체 추적, 현실 연동 등 더욱 고도화된 서비스를 통해 실제와 같은 체험이 가능해지는 것이다(아래 표 참고).

[표] 극지연구소 현행 지침과의 비교

지침명	현행 의료/안전지침(극지연)	남극기지 후송지침(극지연)	본 연구과제
목표	질병/건강관리/사고예방	기지 내 해결불가 응급/준응급	수술/주요술기 필요 특정상황
주요대상	월동대/하계대	월동대	월동대(**후송제한상황**)
주요방법	파견의사/원격자문체계	항공후송	심화협진체계/모의수술
한계/극복	남극활동 일반 상황	판데믹 등 항공제한시 활용불가	ICT기술활용 및 교육훈련

[표] 기존 유사 과제와의 비교

과제명	세종기지 유헬스케어('08-'10)	극지의료지원시스템('14)	본 연구과제
목표	월동대원 건강관리	의사선발/치료/자문/후송체계	주요질환의 비후송 현장해결
주요대상	월동대	월동대/하계대	월동대(**후송제한상황**)
주요방법	파견의사/유헬스 장비(중복항목)	원격자문/의료지원센터 설립	자문단/현지포함훈련체계
한계/극복	건강모니터링에 초점/앱부재	의사 대 의사 1:1 화상연결	의사-환자정보-의사 多:多 연결

[표] 기존 HMD형 증강/가상/혼합현실 솔루션과의 비교

솔루션명	본 연구 (XR = AR + MR + VR)		
	AR	MR	VR
목표	현실세계에 정보추가	현실세계에 가상요소 결합	가상현실 구현
주요대상	일상생활 활용	일상생활, 전문영역	시각 청각 촉각
기제	투사형태 정보제공	AR+VR	현실세계와 차단
핵심기술	현실기반 작동	AR/VR 기술한계 극복	현실/인간감각 분리기술 몰입감 증대기술
주요장비	개개인 스마트폰 안경/웨어러블 장비	Hololens-II	헬멧형 (Head Mounted) Oculus / Oculus-II
역사/활용	특수정보제공, 게임, 교육	의료용, 산업용	우주비행사훈련, 게임, 드라마/영화, 관광지투어
한계	가상세계 몰입도저하 개인 수동조작필요	비싼 가격	시청각과 촉각/후각 괴리 (감각불일치), 멀미, 무게

KOPRI 극지연구소

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 연구 추진체계 및 방법 ····· 21
2. 연구내용과 범위 ····· 26
3. 연구결과
  - 1차년도 주요 연구결과 ····· 30
  - 2차년도 주요 연구결과 ····· 35
  - 3차년도 주요 연구결과 ····· 50

1. 연구 추진체계 및 방법

가. 기본 추진 전략

첫째, 내부 참여연구원과 의료분야 관련 전문가로 구성된 극지 인적 자원을 최대한 활용
둘째, 주관연구기관과 유기적인 협의로 연구개발 결과물의 현장 적용 효과를 극대화
셋째, 기존 연구과제 및 성과물을 최대한 활용하여 극지의학 연구의 연속성 추구

(1) 의료 외 XR 기술 전문성 확보 방안

- XR 솔루션 개발팀 협업
- 서지칼마인드 수석연구원 외 개발자, 네트워크전문가, 메디컬 일러스트레이션 전문가, 기획자로 구성된 협력 팀 자원을 함께 활용
- 서지칼마인드 사의 XR 솔루션 개발 레퍼런스 제공

▸ 초음파 영상 XR 시각화 솔루션 기술(일부)

KOPRI 극지연구소

▸ 얼굴부위 해부학 시각화 기술(일부)

▸ K2 흑표 분해 학습 솔루션 프로토타입(일부)

(2) 의료분과별 극지의료 전문성 확보 방안

- 대한극지의학회 및 월동의사회 각 임상분과 전문의 협력
- 외상 및 외과 분야의 대학병원급 교수자원 자문 활용
- 월동 및 남북극 파견 경험 의료진의 연구 자문 및 현장 실증 테스트 참여

※ 본 연구에서 활용한 대한극지의학회 및 월동의사회의 자문 가능한 임상분과와 전문분야 리스트

○ 외과 계열

- 외과/외상외과, 정형외과, 흉부외과, 신경외과, 성형외과, 산부인과, 응급의학과

○ 내과·정신과 계열

- 내과, 산업의학과, 신경과, 소아청소년과, 정신건강의학과

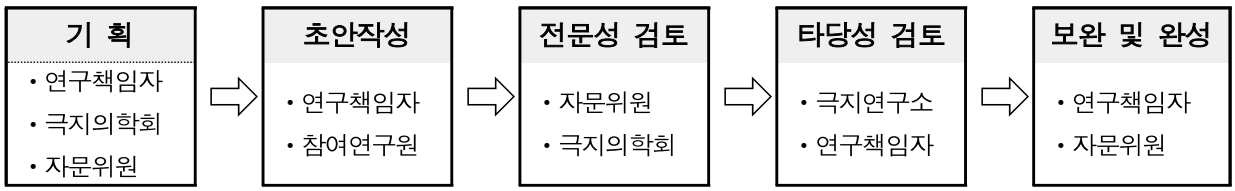
○ 기초의학 계열 및 기타

- 생리학, 병리학, 중개의학, 의공학, 공중보건

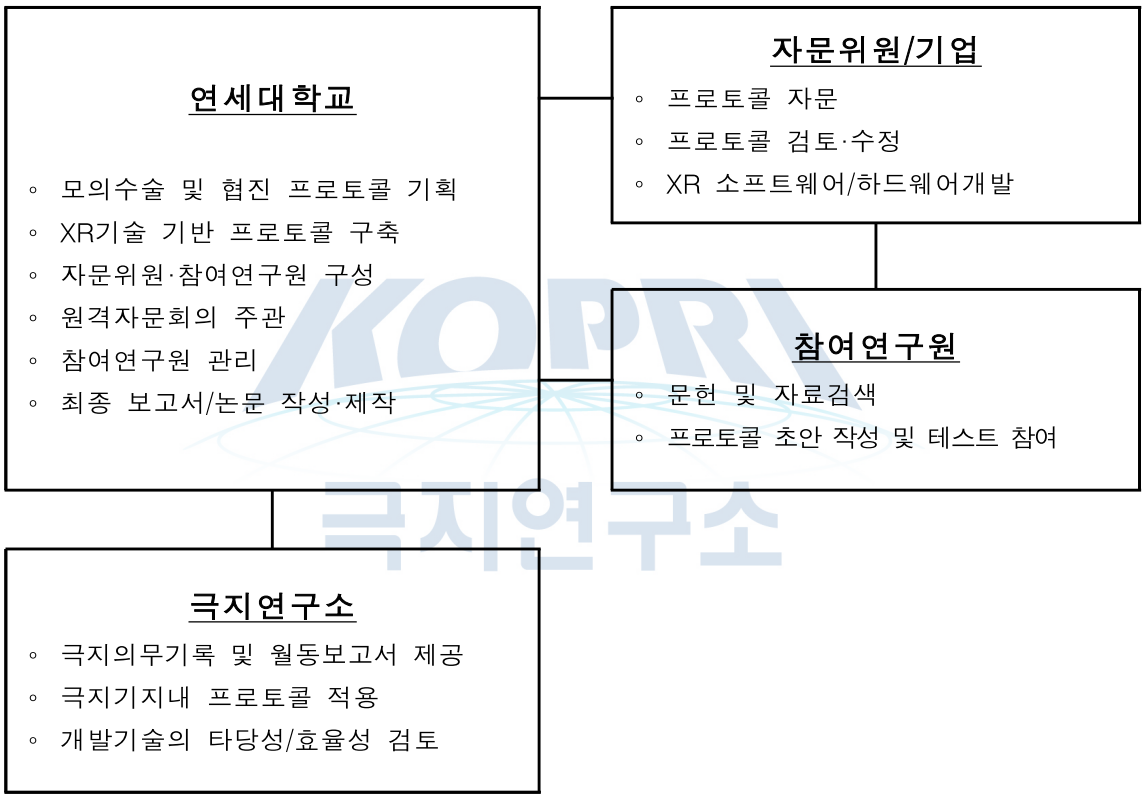
나. 연차별 연구추진체계

(1) 연구추진체계

- 세부추진계획



- 주체별 추진체계



[그림] 본 연구의 추진체계 도식

KOPRI 극지연구소

(2) 연차별 추진계획

- 1차년도

연도	주요내용	추 진 일 정								연구비 (천원)
		5	6	7	8	9	10	11	12	
2021.5~ 2021.12	극지 주요 질환군 문헌분석	■	■	■	■					100,000
	국내외 극지 의료후송 사례 문헌분석			■	■	■	■			
	극지 다빈도 응급/수술치료 해당질환군 도출					■	■	■	■	
	남극기지 모의수술 시행사례 검토분석	■	■	■	■	■				
	대표질환 모의수술 프로토콜 개발				■	■	■	■	■	
	극지 모의수술 시행의 법·윤리적 검토						■	■	■	
	극지 및 국내 1:1 협업 UI/UX 인터페이스 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	
	극지 및 국내 1:1 협진용 가상환자 신체 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	
	XR활용 극지 의료기기 사용법 원격 교육 프로토콜 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	

- 2차년도

연도	주요내용	추 진 일 정												연구비 (천원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2022.1~ 2022.12	응급질환 대응 시나리오	■	■	■	■	■	■	■						100,000
	비응급질환 대응 시나리오					■	■	■	■	■	■	■	■	
	극지 주요 증례에 대한 후향적 검토·적용							■	■	■	■	■	■	
	남극기지와 모의수술 원격협진 시스템 구축	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	XR기술을 적용한 모의수술 프로토콜 보완							■	■	■	■	■	■	
	XR기술 적용 원격협진 시뮬레이션 및 비교평가										■	■	■	
	극지 및 국내 1:多 협업 UI/UX 인터페이스 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	극지 주요 질환별 가상환자 신체 시각화 기술개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	XR활용 극지 의료기기 원격수리/관리 프로토콜 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

KOPRI 극지연구소

- 3차년도

연도	주요내용	추 진 일 정												연구비 (천원)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2023.1 ~ 2023.12	월동대 심폐소생술 교육프로그램 적용·평가			■	■			■	■			■	■	100,000
	비의료인 응급처치 교육프로그램에 적용·평가	■	■			■	■			■	■			
	월동대 재난(MCI) 대응훈련 프로그램 개발	■	■	■	■	■	■							
	XR기술 적용 응급질환 프로토콜 개발	■	■	■	■	■	■							
	XR기술 적용 비응급질환 프로토콜 개발							■	■	■	■	■	■	
	극지 대표질환 위기대응 프로토콜 적용·평가							■	■	■	■	■	■	
	극지 및 국내 多:多 협업 UI/UX 인터페이스 적용	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	극지 및 국내 多:多 협진용 네트워크 시스템 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	XR활용 극지 의료기기 정도 관리 프로토콜 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

(3) 남극기지 원격 모의훈련(시연) 계획 *[남극 입출입 상황에 따라 가변적]*

- (시기) 연간 1-3회, 남극 동계 시작 직전(4월), 월동 중반(6-7월), 차기 월동대 파견 직전(9-10월)
- (참여) 본 과제 연구팀, 극지연구소, 자문위원, 협력기관(협력병원), 남극기지(현 월동대), 차기 월동대
- (1년차) 장비 보급과 세팅과 모의훈련 1회 이상
- (2년차) 연 2회 모의 훈련 계획: 응급/비응급 질환 대응시나리오 및 모의수술 시뮬레이션 활용 및 시뮬레이션 비교/평가
- (3년차) 연 3회 이상의 심폐소생술/응급처치 교육 및 재난 대응훈련 프로그램과 프로토콜의 적용/평가

	1년차	2년차	3년차
연구팀	모의수술 프로토콜 개발/훈련(1회)	응급/비응급 시나리오 개발 모의수술 시뮬레이션(2회)	CPR/응급처치/재난훈련(3회) 최종 협업프로토콜 적용
극지연구소	모의수술 프로토콜 검토	모의수술 시뮬레이션 평가	프로토콜/훈련 참여 및 평가
자문 및 협력기관	모의수술 프로토콜 검토	시나리오 검토/시뮬레이션 참여 및 평가	프로토콜/훈련 참여 및 평가
남극기지		모의협진 시뮬레이션	CPR/응급처치/협진/재난훈련

※ 남극 극지연구소의 통신기술 해결에 대한 방안

○ 현재 극지연구소 통신 환경 및 계획

- 극지용 원격협진 통신 프로토콜 설계 시, 임의의 제약 상황을 강제적으로 설정하여 국내 한국-한국 간 협진에서 유사 환경을 구축하여 무선 통신 기술 테스트를 수행
- 이때, 극지연구소의 통신 속도를 감안하여 유사 환경을 만들어 시뮬레이션(의도적으로 통신 속도를 낮춰서 데이터를 전송할 수 있는 환경 구성)
- 이렇게 제한된 환경에서 실시간 원격통신을 이용한 원격협진을 위한 환경을 설계함.
- KT 망의 통신 속도는 보통 1-2mbps으로 알려져 있으며(최대 5mbps) 이러한 속도는 720p, 30fps로 영상 전송이 가능한 수준이므로 해당 환경을 시뮬레이션하면서 원격협진의 가능성과 한계를 체크
- 이후 남극기지 통신 속도 개선을 가정하여 1, 2, 3년차 과제를 순차적 수행하고, 관련 프로토콜은 향후 통신장비 개선 시 즉시 적용 가능한 프로토콜 상태로 준비

2. 연구내용과 범위

가. XR(확장현실) 기반 주요 질환별 원격협진 시스템 구축 및 평가 (↘<1>)

(1) (1차년도) XR 기술 적용을 위한 대상 질환군 도출

- 한국 남극기지 극지의무기록 및 월동보고서의 의료분과 질환군 문헌 분석
- 국내외 극지의료 후송 사례 문헌 분석
- 응급처치 및 수술치료가 시행된 다빈도 질환별 분류와 응급후송까지의 절차 문헌 분석
- 질병에 따른 극지파견의사의 비전문 분야 원격 협진 진료영역의 연계 확장 가능성 분석

(2) (2차년도) XR 기술 적용이 가능한 극지 주요 질환별 시나리오 개발

- 응급처치 및 수술치료가 필요한 주요 질환군 문제해결 절차 표준화
- 주요 질환군 문제해결 절차 중 XR 기술 적용이 가능한 단계 발굴
- XR 기술이 적용된 다빈도 주요 응급 질환 대응 시나리오 개발
- XR 기술이 적용된 다빈도 주요 비응급 질환 대응 시나리오 개발

(3) (3차년도) XR 기반 극지 대표 질환별 위기대응 프로토콜 구축 및 종합평가

- 극지 주요 응급처치/수술 증례에 대한 후향적 검토 및 사후평가와 XR기술 적용가능성 분석
- 자문위원의 원격 협진과 XR기술 기반 시뮬레이션 구축 활용에 대한 비교평가
- 극지 대표질환 위기대응 프로토콜 적용 평가 후 진료지침 활용

[그림] <1> XR(확장현실) 기반 주요 질환별 원격협진 시스템 구축 및 평가

나. XR(확장현실) 기반 의료 응급상황의 월동대 모의 수술 훈련 프로토콜 마련과 교육(↘<2>)

(1) (1차년도) 극지기지 내 오프라인 모의수술/질환 프로토콜 연구개발 및 분석

- 남극 기지 내 수술실 환경 분석 및 수술 시행체계 분석
- 장보고기지 2018-2019년 모의수술 시범사례 분석
- 수술이 필요한 대표질환에 대한 오프라인 모의수술 프로토콜 개발
- 극지 모의 수술 시행의 법·윤리적 검토

(2) (2차년도) XR 기술 적용 극지 모의수술 프로토콜 설계

- 남극 기지 오프라인 모의수술 프로토콜 상의 XR기술 적용 및 프로토콜 보완
- 극지 의료기관에서 수술/처치가 가능한 질환에 대한 원격협진 자문위원회 및 시스템 구축
- 국내의 자문의원회(극지의학회) 모의 소집 및 원격협진 시뮬레이션

(3) (3차년도) XR 기반 응급 및 위기 대응의 월동대 교육훈련 프로그램 연구개발

- 가상환자(Virtual patient)를 이용한 CPR(심폐소생술), 응급외상 처치 교육 프로그램 개발
- 비의료 대원의 화상, 동상, 골절, 해양 작업관련 압력손상 등 다빈도 질환의 응급처치 교육 프로그램 적용 평가
- 월동대 재난 MCI(화재, 지진, 해일 등)의 위기를 가정한 안전관리 모의훈련 프로그램 개발
- 응급수술시 가용한 월동대원(비의료인)에 대한 실시간 원격 협진 보조 및 훈련
- 월동대원의 수술전 준비, 수술복 도포, 마취방법, 마취기사용, 정맥주사라인 확보하기, 수액 연결법, 기구 소독 등 교육에 적용

[그림] <2> XR(확장현실) 기반 의료 응급상황의 월동대 모의 수술 훈련 프로토콜 마련과 교육

다. XR(확장현실) 기반 원격 협업 소프트웨어 확장 연구개발(↘<3>)

(1) (1차년도) 일대일(1:1) 협업에 필요한 XR 기초기술 연구개발

- XR용 1:1 원격 협진을 위한 S/W 요구사항 분석 및 설계
- 극지 현장 의료진 및 한국 원격 의료진 활용 MR기기/PC용 UI 개선 및 구현
- 원격 협진 훈련을 위해 환부가 시각화 된 가상환자 3D 모델링 제작
- 극지기지와 원거리(한국) 간의 XR 협업을 위한 무선 네트워크 환경 및 기술 전략 수립
- 극지-한국간의 네트워크 환경을 고려한 네트워크 최적화 모듈 설계
- XR활용 극지 의료기기 선정 및 사용법 훈련을 위한 원격 교육 프로토콜 개발

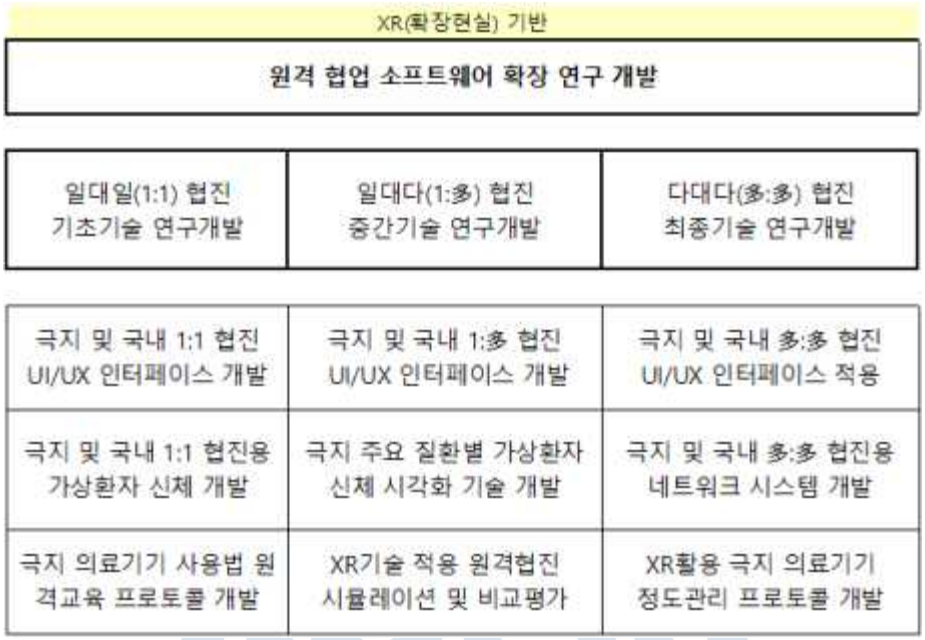
(2) (2차년도) 일대다(1:多) 협업에 필요한 XR 중간기술 연구개발

- XR용 1:多 원격 협진을 위한 S/W 요구사항 분석 및 설계
- 극지 현장 의료진 및 한국 원격 의료진 활용 다인용(多人用) UI 기능 개선
- 주요 질환에 대한 선택 및 해당 부위를 가상환자 3D 모델링에 적용
- 극지-한국간의 네트워크 환경을 고려한 네트워크 최적화 모듈 구현 및 적용
- 극지 의료기기 중 고장 위험이 높은 기기를 선정하여, 해당 기기 원격수리 및 관리 지원을 위한 협업 프로토콜 개발(초음파, X-ray, 마취기, ENT unit, 감압장비 등의 활용 교육과 보수)

(3) (3차년도) 다대다(多:多) 협업에 필요한 XR 최종기술 연구개발

- XR용 多:多 원격 협진을 위한 S/W 요구사항 분석 및 설계

- 극지 현장 의료진 및 한국 원격 의료진 활용 다대다(多:多) UI 기능 개선 적용
- 주요 질환 부위의 가상환자 3D 모델링 확장 적용
- 극지-한국간의 네트워크 환경을 고려한 多:多용 네트워크 최적화 모듈 구현 및 적용
- 극지 의료기기 중 정도 관리가 필요한 기기를 선정하여 기기의 3D 모델링 데이터 제작
- XR 기술이 적용된 의료기기 원격 정도관리 협업 프로토콜 개발



[그림] <3> XR(확장현실) 기반 원격협진 소프트웨어 확장 연구개발

극지연구소

※ XR Platform 활용 디바이스 (기본 활용 플랫폼)

○ 극지 현장용 : 홀로렌즈-II MR 디바이스

- 기존 개발되어 적용되는 모델. 극지 및 의료 분야 업그레이드 필요
- 한국에서 보내주는 보이스 정보 출력 [1단계 과업]
- 한국에서 보내주는 이미지 정보 출력 [2단계 과업]
- 한국으로 현지 영상 및 보이스 정보 스트리밍 [3단계 과업]
- 한국에서 보내주는 AR 공간 타겟 이미지 정보 출력

○ 한국 원격 대응용 : PC (노트북)

- 극지 현장에서 전송하는 영상 및 보이스 정보 출력
- 극지 현장의 이미지에 AR 공간 타겟 이미지 지정 기능
- 이미지 정보를 극지 현장으로 스트리밍

3. 연구결과

본 연구는 극지환경에서의 응급·비응급 의료 위기 상황에 대응하기 위해 확장현실 기술을 연구개발 하고자 하였다. 이후 이를 극지 현장에 모의 적용하고 결과를 바탕으로 새로운 원격협진 시스템을 제안하였다. 연구 과정에서 세부적으로 얻어진 원격협진 프레임워크 및 프로토콜에 대한 아이디어를 각각 정리하고, 극한 환경의 다른 지역뿐 아니라 병원 내 수술실과 다른 일상 의료분야의 활용 지점에 대해서도 고찰하였다.

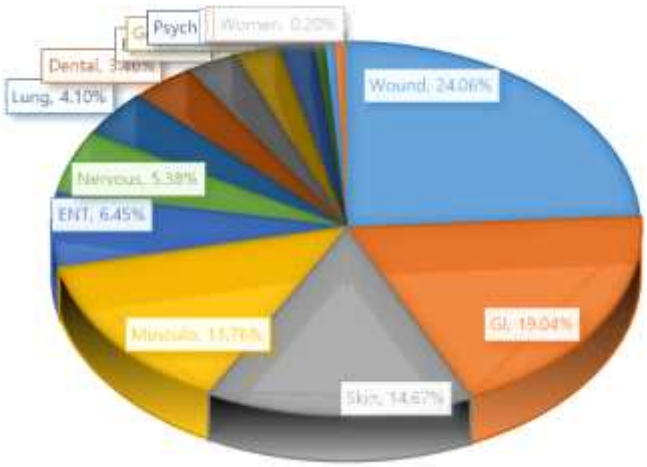
= 1차년도 주요 연구결과 =

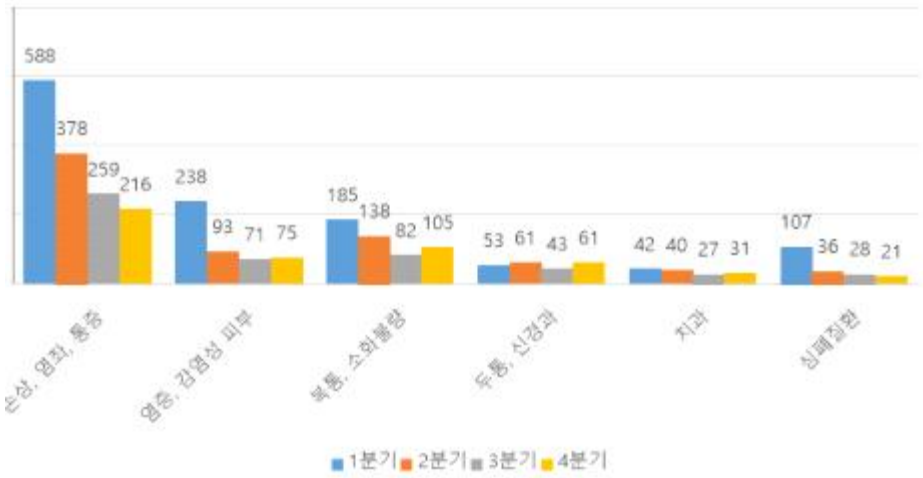
당해연도 연구개발 목표	연구수행방법 (이론적 · 실험적 접근방법)	구체적인 내용
XR기술 적용을 위한 대상 질환군 도출	1. 문헌분석	극지 주요 질환군 문헌분석, 국내외 극지 의료후송 사례 문헌분석
	2. 전문가 자문회의 및 인터뷰	연구자문위원 및 월동경험/남극파견 의사 자문회의 및 인터뷰
극지기지 내 모의수술 프로토콜 연구개발 및 분석	3. 문헌분석	남극기지 모의수술 시행사례 검토분석
	4. 전문가 자문회의 및 인터뷰	- 전신마취 수술과 관련된 의과대학 교수 자문회의 - 장보고기지 남극 모의수술 수행 경험 의사 자문회의 및 월동대 인터뷰
일대일(1:1) 협업에 필요한 XR 기초기술 연구개발	5. 네트워크 통신기술 적용	MS azure 커뮤니케션 솔루션 MRTK 솔루션 적용 - Wifi 기반 XR환경용 이미지 데이터 전송 기술 적용 - 영상정보 실시간 스트리밍 기술 적용 - 영상정보 품질 실시간 제어기술 적용
	6. 소프트웨어 제작 기술 적용	프로그램 저작도구 : 유니티엔진 - 통신 연결용 pc 프로그램 제작 - pc용 네트워크 모듈 SW 제작
	7. 더미 제작 기술 적용	전문가(해부학회) 자문 그래픽 저작도구: MAX,포토샵,블렌더 - 두경부 해부학 모델 기초 모델링 제작 - 상처 부위 모델링 제작 - 더미 제어용 ui 이미지 제작

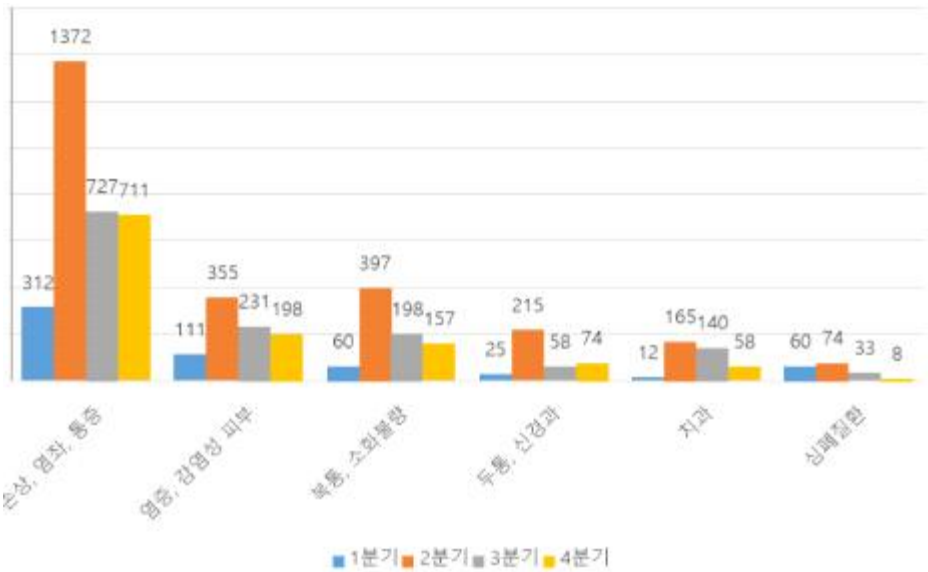
KOPRI 극지연구소

가. (의학연구1) 세종기지 후송사례(1988-2018) 주요 상병 조사연구 [투고 예정]

- 기존 극지 주요 질환군 분석 자료를 기초로 의료후송 사례 분석, 최적합 프록시 질환 도출
- 후송 빈도는 정형외과(외상포함) > 두경부외과(안과,치과,외상 포함) > 기타 내과질환 순임.







[남극세종기지 다빈도 증상 분포와 분기별 변화 (전체 및 1,000명당) (신재원 외, 2014: 이민구 외, 2015)]

[남극세종기지 동계 및 하계 후송 사례 계통분포 (1988~2018) 주요 질환 분포]

나. (의학연구2) 측두부 열상 환자 원격협진 메타버스 시뮬레이션 연구 (관련학회 발표)

- 메타버스 및 확장현실 기반의 미세수술 및 컴퓨터가상수술 교육에의 적용과 미래 가능성 모색

□ [1차 시연] 한국-남극 원격협진을 가정한 기초 시연

(남극 의사가 홀로렌즈를 통해 보는 화면)

□ [2차 시연] 한국-남극 원격협진을 가정한 확장현실 적용 시연 - 실제 측두부 열상 사례를 재구성

다. (의학연구3) 메타버스 및 확장현실 원격의료에 있어서의 적합 모델 및 분야 모색

- 확장현실 기반 원격협진 연구를 위한 두경부 모델의 중요성: 성형외과, 정형외과, 두경부외과, 피부과, 안과, 이비인후과, 신경외과, 신경과, 치과 등 다학제 협업과 활용이 가능함.
- 극지 주요 질환군 분석 및 의료후송 사례 분석을 통한 다빈도 상병 중 최적화된 프록시 도출 평가근거 마련 → 2차년도 원격협진 및 원격수술 수술방 모델로 연결함.

라. (공학연구1) 극지 및 국내 1:1 협진용 가상환자 신체 개발

- 버츄얼 더미 및 해부학적 레이어 구현(기존 협력업체 보유 모델을 고도화)
- 두경부 대상 해부학적 더미 개발: 메타버스 확장현실 적용을 위한 기초 해부학 모델 구축
- 극지 및 국내 1:1 협업 UI/UX 인터페이스 개발: 홀로렌즈 영상 구현, 사용자 환경 고도화

(홀로렌즈에 구현된 모습)

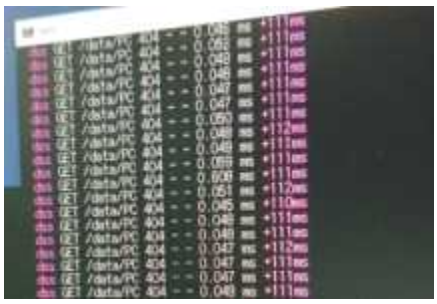
마. (공학연구2) 한국-뉴질랜드 간 홀로렌즈 기초 통신 테스트 [자료정리]

- 원격지 연결 1:1 원격협진 시나리오 테스트 및 시간지연 정도 확인 테스트
- 최적의 영상 프레임 전송 해상도를 찾고, 음성 및 영상 전송 가능여부 확인
- 극지 원격의료 적용을 위한 뉴질랜드-서울 간 기초 통신환경 정보 수집: 약 0.5-0.7초의 Time (communication) delay를 확인

□ 한국-뉴질랜드 원격 통신환경 테스트 (원격지 홀로렌즈와 국내 자문용 컴퓨터 연결 속도 및 시간 지연 측정)

(원격지 홀로렌즈 사용교육 및 영상 전송상태 확인)

(1:1 원격협진 시나리오 테스트)



문제점 또는 원인	개선방향 또는 대책
○ 통신지연	○ 통신지연 정도의 측정 및 모니터 ○ Time-lag에 맞는 의료 자문/치료 수준 결정
○ 통신두절 가능성	○ 의료자문/치료 시작시 전체 개요, 요점에 대한 check-list 개발 ○ 평상시 상황별 교육 필요성

[한국—뉴질랜드(크라이스트처치) 간 원격 통신환경 시간 지연 테스트: 약 0.5-0.7초]

(*1차년도 연구 연결: 정확한 시간 지연(time delay) 값은 논문 작성 시 재확인 예정)

바. (기타연구) 극지 의료기기 사용법 원격교육 프로토콜 개발을 위한 사전 교육

- 대상: 극지연, 세브란스 성형외과 & 마취통증의학과, 연세의대 메타버스 TFT(학장단)

* 1차년도 본 연구를 진행하면서 의과대학 교육, 전공의 수련 적용을 위한 연세대학교 의과대학의 메타버스 TFT에 자문을 통하여 의과대학 교육시스템에 영향을 주었음. 아울러 확장현실(XR)을 이용한 극지의학을 의과대학 교육과 의료계(대한미세수술학회, 대한컴퓨터가상수술학회)에 소개함으로써 극지의학과 원격의료를 알리는 데 일조하였음.

= 2차년도 주요 연구결과 =

당해연도 연구개발 목표	연구수행방법 (이론적 · 실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ **XR기술 적용 극지 주요 질환 별 시나리오 개발**	1. 문헌분석	각 차대별 월동보고서 등 극지 주요 문헌, 국내외 극지 의료후송 사례 문헌분석(계속)
	2. 전문가 자문회의 및 인터뷰	연구 자문위원 및 월동경험/남극 파견 의사 자문회의 및 인터뷰(계속), 남극 내륙 응급환자 발생 대응지침 초안 작업 참여
○ **XR기술 적용 극지 모의 수술 및 질환 프로토콜 설계**	3. 실제 수술실 현장 적용	해당 기술에 대한 충분한 교육과 훈련 후, 환자 동의를 거쳐 저 난이도 수술부터 해당 홀로그램-가이드 XR기술을 수술실 현장에 단계적으로 적용(계속)
	4. 실제 원격지 현장 적용	극지 모의 수술시, 원격 가이드 또는 자문은 필수적이므로, 이러한 상황을 가정한 제한요소, 실제 시간 지연(time-delay) 확인을 위한 원격지 자문 테스트를 남극, 미국, 뉴질랜드 등으로 다양화하여 수행
○ **일대다(1:多) 협업에 필요한 XR 중간기술 연구개발***	5. 네트워크 통신기술 적용	MS AZURE 커뮤니케이션 솔루션 - 고정좌표 기반 동일 공간 내 싱크 기술 - 고정좌표 기반 개별 공간 간 싱크 기술 MRTK 솔루션 적용 - Wifi기반 XR환경용 이미지 데이터 전송 기술 - 영상정보 실시간 스트리밍 기술 적용 - 영상정보 품질 실시간 제어기술 적용
	6. 소프트웨어 제작 기술 적용	프로그램 저작도구: 유니티엔진 - 통신 연결용 PC 프로그램 제작(계속) - PC용 네트워크 모듈 SW 제작(계속) - UI/UX 메뉴 및 기능제어 버튼 구성 - 인디케이터 및 포인터 기능 구현
	7. 홀로그램 더미 제작기술 적용	전문가(해부학회) 자문 기반 제작 - 두경부 해부학 모델 기초 모델링 제작 그래픽 저작도구: MAX, 포토샵, 블렌더 - 상처 부위(피부) 모델링, 두개골 모델링 - 더미 제어용 UI 이미지 제작

*당해년도 연구단계 특성상, 전체 목표달성의 핵심이 되는 XR 중간기술 연구개발과 시카고, 뉴질랜드, 남극 등 원격지 현장과의 원격협진 테스트에 보다 주력하였음. 이러한 연구 주력 분야에 필요한 방법으로 **(i) 홀로그램 구동 S/W 등 XR 관련기술 개발**과 **(ii) UX/UI 등 사용자경험 반영 피드백**, **(iii)** 원격협진 시에 각 단계마다 필요한 **원격협진 프로세스 구축에 필요한 전문가 자문 등**을 백분 활용하였음.

이러한 연구방법 적용에 있어 본 연구팀이 가지는 효율성 및 우수성은, **(i) 실제 남극 월동경험을 바탕으로 그동안 꾸준히 극지의학 분야에 투신해 온 연구책임자와 참여연구원이 연구를 능동적으로 수행하는 점, **(ii)** 이를 중심으로 한 **극지의료 자문그룹의 충분한 활용, (iii)** 관련 경력 20여 년 이상의 **현직 메타버스 AR/VR/MR/XR 관련 기술개발 전문가들**의 기술자문과 테스트 참여 등에 있음.

***당해년도 연구목표 달성을 위해 수행된 원격 협진 및 수술실 **확장현실(XR) 기술 테스트는 총 21차에 걸쳐** 지구상 다양한 지역을 대상으로 이루어짐(2022.1~2022.11 기준, 각 지역 연결별 1회로 계산, 중복포함).

대상지	남극 (내륙)	남극 (기지)	뉴질랜드	시카고	쇄빙선 (동해)	수술실*	기타 (국내)	합계
일자	1.6, 1.25, 11.21	1.25, 11.1~4, 11.15	10.20, 10.22, 10.23	11.2~4	6.15~17	4.5, 5.17, 9.30, 10.11		
시연횟수	3	7	3	3	3	4	2	25
참여자(명)	3~6	3~5	2~5	3~5	2~4	4~10	3~5	10~12

*수술실 테스트(4): 연세의료원 신촌세브란스병원('22.4.5, 5.17, 10.11, 총3회), 분당 윤기범 자문위원 수술실(9.30, 총1회)

가. (의학연구) 메타버스 및 확장현실 기반 측두부 열상 환자의 남극 원격협진 모의 증례 연구

i) 메타버스 및 확장현실 기반의 미세수술 및 컴퓨터가상수술 교육에의 적용 가능성 모색

ii) 메타버스 및 확장현실 원격의료에 있어서의 적합 모델 구축을 위한 각 의료분과 분석과 적용

✓ 확장현실 기반 원격협진 연구를 위한 두경부 모델의 중요성 구체화

- 성형외과, 정형외과, 두경부외과, 피부과, 안과, 이비인후과, 신경외과, 신경과, 치과 등
- 각 전문과별 특수성을 고려한 다학제 협업과 활용이 가능한 모의 증례 발굴

✓ 극지 주요 질환군 분석 및 의료후송 사례 분석을 통한 다빈도 상병 중 최적화된 프록시 도출 자료(1차년도)를 참조

[홀로그램으로 구현된 안면열상 증례용 더미(左) 및 안면열상 더미의 학회장 시연 모습(右)]

iii) 주요 질환(외상) 시나리오 구성

✓ (예시1) 남극세종기지에서 발생한 안면열상 가상환자 남극 원격의료 자문

- 상황: 48세 대원이 결빙된 계단에서 미끄러지면서 계단에 부딪힘. 안면부 좌측 눈썹 외측 관자놀이(temple) 부위의 4cm 열상(찢어짐/laceration)으로 남극세종기지 의무실로 후송됨.

- [역할분담] 환자: 48세 남자대원 A

남극의사(이하 남극): 세종기지

한국의사 1(이하 한국1): 극지의학회 의사

한국의사 2(이하 한국2): 한국 성형외과 의사

- [시나리오 개요]

<환자 발생 및 한국 연락> (기지 내 환자발생 보고 및 의료대원 activation)

<성형외과 자문 1- 이학적 검사(신체검사)> (홀로그램을 보면서 대화)

<성형외과 자문 2- 안면신경 자료 전송, 공유 및 논의> (홀로렌즈 제공 기능 이용)

<봉합수술> (홀로그램을 보면서 대화)

<확인 및 마무리>

✓ (예시2) 남극장보고기지에서 발생한 수술필요 가상환자 남극 원격의료 자문

- 상황: 37세 대원이 남극 내륙활동 수행 중 발생한 중증 외상으로 후송 여부 결정해야 하는 상황. 응급조치는 수행하였으나, 근본적 치료 위해 후송 필요소견. 악천후와 활주로 문제, 시계확보 불가 등으로 동계 항공후송편이 제한되어 최악의 경우 1-2일 내 기지 내 수술 시도 여부를 결정해야 함. 이에 대한 판단과 실제 수술 시행을 위한 시뮬레이션

- [역할분담] 환자: 37세 남자대원 B

남극의사(이하 남극): 장보고기지

한국의사(이하 한국): 극지의학회 의사, 외상외과[응급센터/극지연 상황실]

시카고의사(이하 시카고): 시카고 학회에 참석중 성형외과의[월동 경험자]

- [시나리오 개요]

<환자 발생 및 한국 연락> (기지 내 환자발생 보고 및 의료대원 activation)

<외상외과 자문 요청 - 국내 외상외과 전문가> (홀로그램을 보면서 대화)

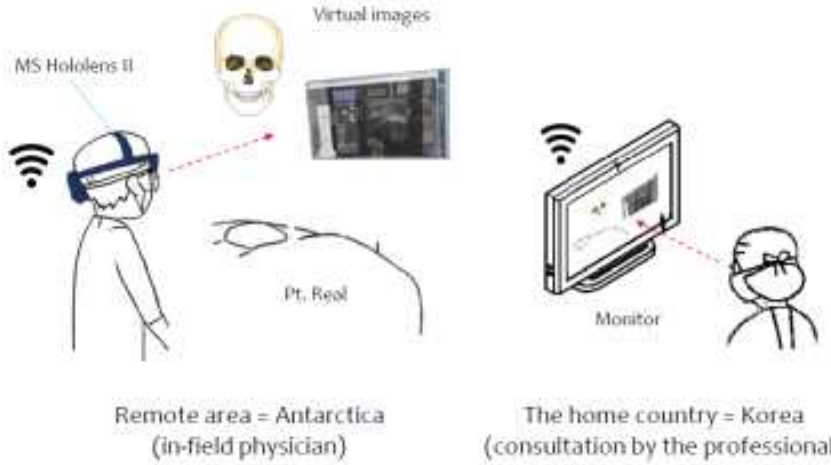
<성형외과 자문 요청 - 얼굴부위 손상 정도, 필요한 처치 추가 자문> (홀로렌즈)

<후송 가능성에 대한 판단, 응급수술 필요성 판단> (홀로그램을 보면서 대화)

<현장 수술여부 결정, 확인 및 마무리>

KOPRI 극지연구소

- In-field physician and consultation doctor could share the screens.



[안면열상 환자 협진 시뮬레이션: 남극 현지의사 및 한국 측 자문의사 연결 모식도]

나. (의학+공학) 한국-원격지(남극) 간 통신 테스트가 원격진료에 주는 함의: 적정기술 관점

i) 현재 사용 가능한 원거리(극지) 통신 원격협진 자문 도구들을 비교분석

ii) 적정기술 관점에서 XR 기술이 나아가야 할 방향을 제시

✓ XR 인터페이스 단순화 → 환자안전과 동시에 사용의 편의성, 직관성 도모

- 수술 등 실제 사용 중 버튼 조작 단순화 및 손 사용 인식 혼돈 방지
- 실제 진료현장 적용을 위한 프로그램 조작용 매뉴얼과 표준화 시나리오 필요

✓ 원격지 통신 속도 제약 극복 → 현장적용 향상

- 원거리 양측을 잇는 통신 속도가 제약 요소로 작용하므로, 통신환경 제약을 고려한 프로그램 다운그레이드 (플랜 B 옵션)을 사전에 준비 및 고려(원격지, 재난, 난민 캠프 등 열악한 통신 현장)
- 시간지연(time delay) 극복 방안 또는 이를 반영한 협진 방법에 대한 고민 필요

Different zones in space communication causing different complications in communication due to the significant delay of signal propagation.

		Distance (km)	Theoretical lag (s)	Communication delay (s)	Telesurgery	Telementoring	Consultancy telemedicine	
지구	On Earth	0–40	0–0.8	0–1+	X	X	X	
위성 저궤도	LEO	160–2	0.007	0.08+	X	X	X	← 우주정거장
위성 중간궤도	MEO	2–36	−0.07	0.1+	X	X	X	
위성 고궤도	GEO	36	0.130	0.5+	X	X	X	← 남극
우주선 달	Moon	385	1.3	~1.5		X	X	
우주선 화성	Mars	56–399	190–1330	avg.: ~600			X	
					원격수술	원격협진	원격자문	

[남극의 통신 장벽의 상대적 난이도 비교 (Haidegger et al. (2012) 를 재구성)]

[한국—남극(장보고기지)/남극내륙(K루트) 간 원격 통신환경 시간 지연 테스트: 약 0.7-1.2초*]

(*1차년도 계속: 남극 내륙 시간지연 측정값은 측정불가 수치 제외로 그 이상의 값임)

※ 원거리(극지) 통신 자문 도구들 비교

항목	전화	이메일 /PC	모바일 채팅	화상통화	홀로렌즈
H/W	유무선 전화기	컴퓨터 /노트북	노트북 /태블릿 /스마트폰	노트북 /태블릿 /스마트폰	스마트안경 (HMD) /홀로렌즈
S/W	해당없음	이메일 M 사 pc 메신저	K 사 모바일톡 모바일 메신저	S 사 / Z 사 / W 사 제공 화상통신 어플	U 사 제공 제작 툴 (아직 상업화 S/W 없음)
음성 대화	가능	일부 가능	가능	가능	가능
의사소통 매개	음성위주	텍스트 위주	텍스트 위주	영상 /음성 위주	영상 /음성 위주
동시성	동시	비 (준)동시	비 (준)동시	동시	동시
통신 요구도	낮음	낮음	낮음	중간	높음
시야	없음	없음	개별	비중첩 (2D)	중첩 (3D)
추가 정보제공	불가	가능 (시차)	가능 (시차)	가능 (별도)	가능 (동시)

※ [참고] 홀로렌즈-II MR/XR 디바이스 주요사양

홀로렌즈-Ⅱ 주요사양 및 SPECIFICATION

1. 용도

혼합현실을 3D 홀로그램으로 구현하고 3D 환경으로 구성된 디스플레이 모델을
현실 및 메타버스 가상 공간에서 실제로 보고 만지고 공유할 수 있는 스마트안경의 한 종류

2. 세부규격(성능 및 사양)

1) SoC	: Qualcomm Snapdragon 850
2) HPU	: 2세대 커스텀 홀로그램 프로세싱 유닛
3) 메모리	: 4GB LPDDR4x 시스템 DRAM
4) 스토리지	: 64GB UFS 2.1
5) 해상도	: 4096 × 1080 (한쪽 2048 × 1080), 2000 3:2 광엔진
6) FOV	: 56도
7) 디스플레이	: 시스루 홀로그램 렌즈(광도파관)
8) 센서	: 가시광선카메라 4개, IR카메라 2개, 가속도계, 자이로스코프, 지자기센서 1-MP ToF 깊이 센서
9) 오디오	: 5개 채널, 공간 음향 내장
10) 트래킹	: 양손 핸드 트래킹, 실시간 아이 트래킹, 음성 지원, 6DoF 트래킹
11) 카메라	: 8mp 사진, 1080p30 비디오
12) 홀로그램밀도	: >2500 방사점(라디안당 광점)
13) 연결성	: 블루투스 5.0, 802.11ac 2x2 WiFi, USB-C 타입
14) 배터리 용량	: 16,500mWh (실사용 2~3시간)
15) 무게	: 566g

*본 연구과제에서 목표로 하는 원격 협진에 있어, 최소 커뮤니케이션 통신 속도 2Mbps 를 감안할 때, 상기 사양은 부족함이 없음. 다만, 극지역의 열악한 통신환경을 감안시 적정기술 관점의 스펙 다운 기술이 역으로 필요할 수 있음.

다. (의학연구) 확장현실(XR) 기술을 선상 원격협진에 실제 적용

* 쇄빙선운영실 운영지원 및 자문, 연구 협력의 일환으로 동해 시험 항차 승선 연구 진행
(극지 원격협진 연구 + 남극 쇄빙선 의료점검체계 지원)

✓ 쇄빙선 시험 항차 중 발생한 응급/비응급 환자 진료 시, 전문의 원격자문에 XR 활용을 위한 사례 분석과 전체 원격협진 프로토콜 정리

✓ 쇄빙선 승선자 대상 가상현실(VR) 심폐소생술 교육 모듈 활용 체계 구성, 가상현실(VR) 기반의 심폐소생술 교육 모듈 선상 테스트

✓ 향후 후속 연구를 통해 남북극 기지, 쇄빙선, 내륙탐사단 개별 맞춤형 모듈로 발전시킬 예정

✓ 남극 내륙 K루트 파견 의사 귀로 항해 시, 남극해에서 추가 테스트 시행

[쇄빙선 아라온 시험항차 및 남극 항차 승선 및 XR 기술 적용 테스트(2022.6 및 2022.12)]

라. (의학연구) 메타버스 확장현실(XR) 기술 기반 홀로그램-가이드 수술의 적용 가능성 모색

i) 현재 메타버스나 확장현실 기술 적용 분야는 수술 전 준비와 교육, 수술 후 환자 관리에 치중되어 있음.

ii) 실제 관련기술이 환자나 의사에게 직접적 이득을 제공하려면, 수술 중에 정합 또는 네비게이션으로의 활용은 반드시 정복해야 할 마일스톤 성격의 목표임 (실제 연구자들도 이의 극복을 위해 노력 중)

✓ 수술 각 단계별 주요 정복 과제는 다음과 같음 (두경부 수술 분야의 경우)

- AI 등을 이용한 수술 전 준비와 환자 영상진단 데이터 Reconstruction 시간 단축 필요 (24시간 이내)
- 홀로그램과 실제 환자 실물 간 정합 오차 최소화 필요 (현재 기술수준인 1.35mm 이내)
- 수술 중 환자 안전을 도모하기 위한 기술적 안정성, 시스템적 안전 장치 마련 필요

✓ XR 기술을 적용한 홀로그램-가이드 두경부외과 수술 가능성 모색

- 환자안전 도모를 위한 방법: 제1집도의 + 제2집도의 구성을 통한 비침습적 공동 집도
- (사례1) Frontal bone periosteal osteoma (superficial ostectomy)에 적용 가능성 탐색
- (사례2) Facial fracture (fixation of a zygomaticomaxillary fracture)에 적용 가능성 탐색

[홀로그램-가이드 XR 라이브 수술을 위한 기기 연결 및 원격 수술팀 구성 디자인*]

(*특허출원 중인 관계로 Blurred 처리)

[일본 성형외과학회(2022)에서 발표된 메타버스, 로봇, 원격의료, 증강현실, 복합현실 관련 주제들(마킹)]

국사연구소

• 본 연구 결과가 발표된 학회 목록

(i) 제65차 일본 성형외과학회 (65th Japan Society of Plastic and Reconstructive Surgery, JSPRS)

(ii) 제12회 기초재건성형학회 (12th Research & Reconstruction Forum)

(iii) 제18차 대한컴퓨터가상수술학회 및 제21회 대한두개안면성형외과학회 심포지엄 (초청연자)

(iv) 2022년 일본 극지의학회(Workshop on Antarctic Medical Research and Medicine)

(v) 제10차 SCAR OSC: Parallel Session “Antarctic expeditioners and spaceflight: lessons learned in health and medicine off the grid”

(vi) 제27차 국제 극지과학 심포지엄(ISPS) 사이드 미팅: 제13회 대한극지의학회

(vii) 제15회 대한재난의학회 학술대회(Korean Society of Disaster Medicine)

(viii) 제80차 PRS KOREA 2022 (대한성형외과학회 국제학회) 발표 1건, 메타버스 AR/VR 세션 좌장 2건

⇒ PRS KOREA 2022 국제학회(총 등록 1,250명, 해외 등록 251명, 해외 참가국 29개국, 주관: 대한성형외과학회)

- 성형외과학, 극지의학/우주의학, 원격의료 등 공학(의공학) 분야 저명 학술지 투고 가능 (예정)

마. (의학연구) 지구상 '가장 먼 세 곳' 을 연결하여 수행한 확장현실(XR) 기술 기반 원격 수술 시뮬레이션: 극지의학 기반의 남극—시카고—서울 연결

*** 학회발표: 제80회 대한성형외과학회 국제학회 (PRS KOREA)**

i) 본 연구과제 수행으로 축적된 기술개발과 원격지 현장 테스트 경험을 바탕으로, 본 연구팀은 지구상에서 가장 먼 거리를 연결할 수 있는 세 곳을 선정함(**한국, 남극, 미국**).

ii) **지구상 세 지점을 연결한 원격협진 테스트의 성공적인 수행**을 위해서는 다음이 기본적 전제되어야 함.

✓ 현장에서 예측 불가능하게 다양하게 발생되는 환자의 종류나 특성에 무관하게, 무선통신 환경이 갖춰진 곳이라면 **장소에 구애받지 않고 원격 연결이 가능한 XR 하드웨어 디바이스**

✓ 원격지 연결 시 **가혹한 통신제약에도 안정적으로 의사소통이 가능하도록 잘 개발된 XR 소프트웨어**

✓ 각 원격협진 단계별 주어진 미션 수행이 가능하며, 각 의료분과 자문의사(전문의) 연결을 능숙하게 가능하게 하는 **중간 오거나이저 인력 (의학과 공학에 대한 양쪽 분야에 대한 이해 수준이 높은)**

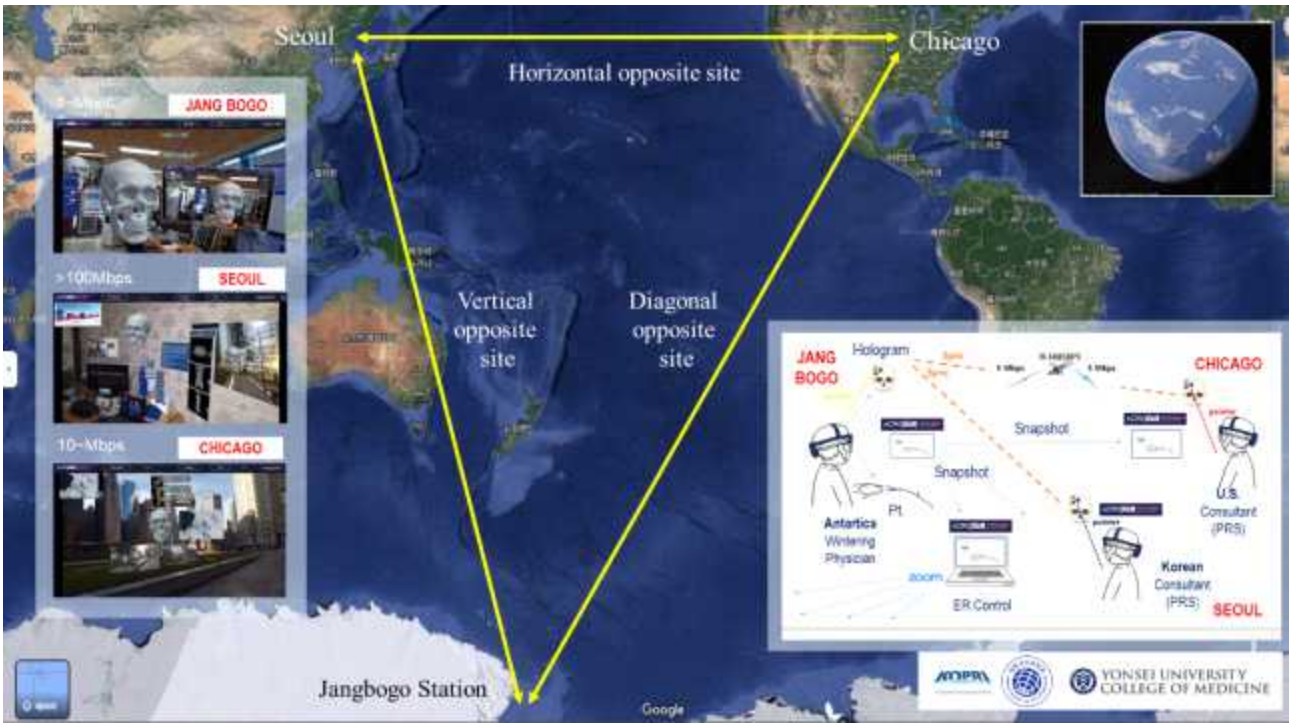
✓ 테스트 현장 세 곳에서 성공적인 테스트를 수행하도록 **사전에 잘 교육된 미션 수행인원**

iii) 원격지 3곳에, 의사 3명이 각각 파견되어, XR장비(홀로렌즈 II) 3대와, 운용단말 노트북 3대를 이용해 테스트를 수행하여 성공함.

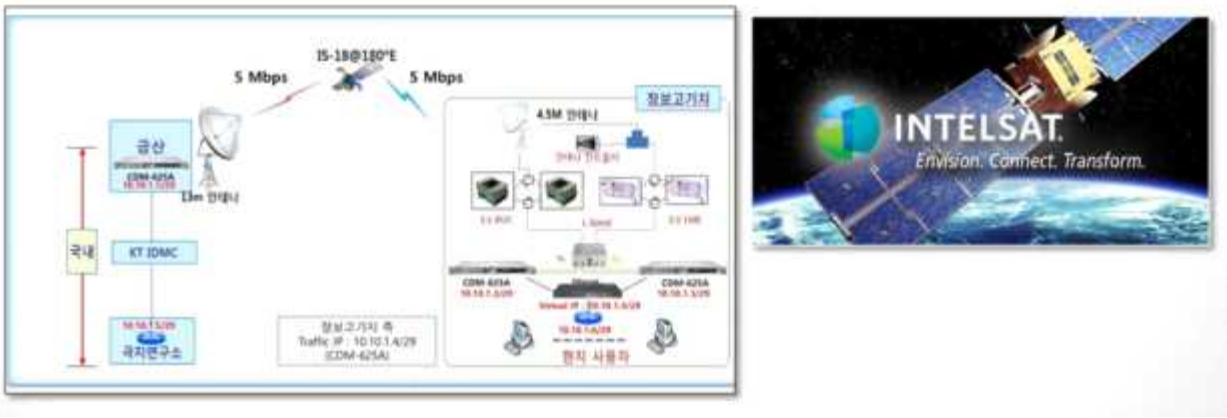
✓ **각 지점에서 나머지 두 지점으로의 스냅샷 영상 전송, 3곳에서 동시 실시간 음성 커뮤니케이션 수행**

- 서울(한국)은 국내 통신업체가 제공하는 광랜 인터넷망에 접속함.
- 시카고(미국)는 국내 통신업체 로밍서비스를 통하여, 현지 로컬 모바일 통신망에 접속함.
- 장보고기지(남극)은 인텔셋-18 위성통신망이 포함된 극지연 자체 구성 네트워크망에 접속

✓ **가장 높은 난이도의 원격협진(원격수술 시뮬레이션)의 성공시,** 이보다 낮은 수준의 난이도에 해당하는 원격지에의 XR 기술 적용과 활용 가능성은 자연히 높아질 것으로 기대함.



[Telemedicine Simulation: 'Most-far away test' KOR—ANT—US (2022.11)]

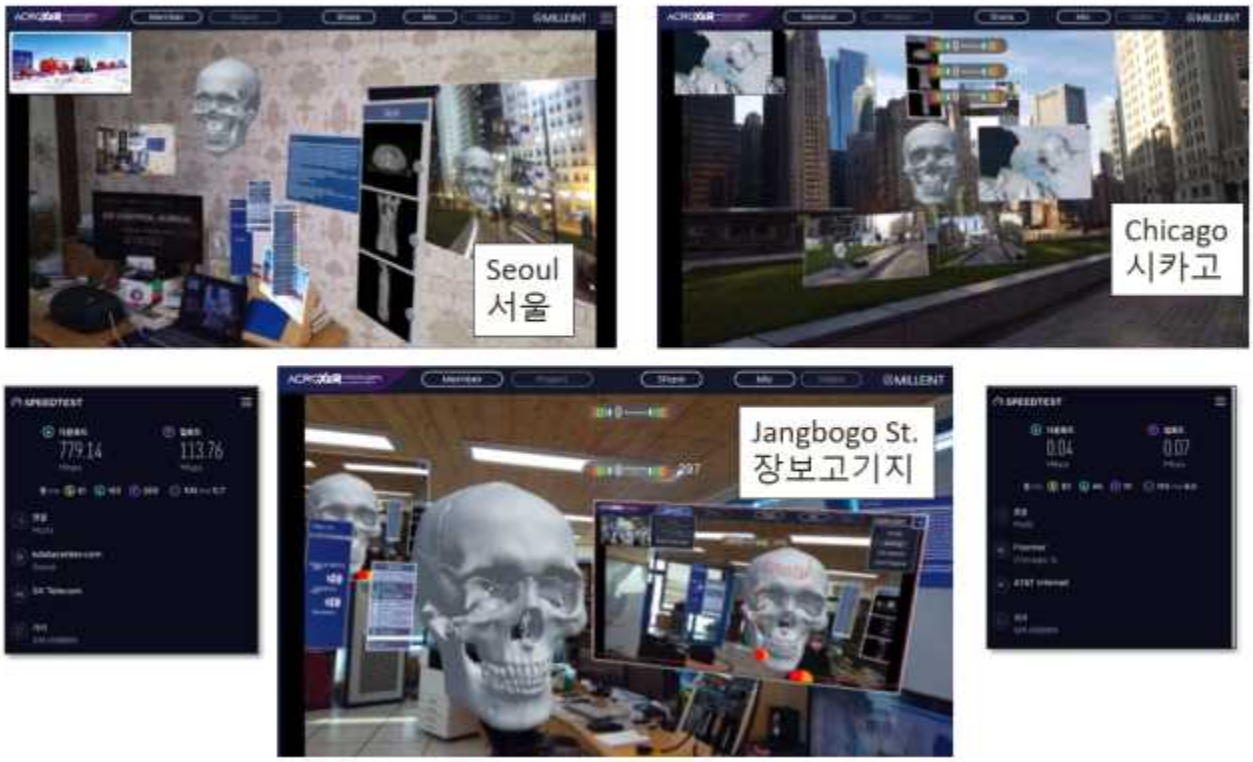


[장보고기지 인터넷 위성통신 연결 모식도 (2021 기준, 극지연구소-장보고기지 제공)]

[관련내용 이듬해 보도 화면(JTBC) (2023.3)]

[한국—남극—미국 연결 테스트 지점 3곳의 XR장비 및 의료진 연결과 영상전송 방식 모식도]

(*특허출원 중인 관계로 Blurred 처리)



[각 지점별 XR 홀로렌즈 시야 화면 모습 (각 지점별 통신환경이 다름)]

바. (의학+안전) 남극 내륙 응급환자 의료지원 지침에 확장현실 기술 기반 원격협진의 적용

*** 미답지단 K-루트팀과의 연구 협력 일환임 (극지 원격협진 연구 + 남극 내륙 안전체계 구축 지원)**

✓ 주지하다시피, 현재 남극 내륙은, K-루트 탐사 베이스캠프에서부터 **가장 열악하고 높은 난이도의 통신제약이 부여되는 지점임**(한국 또는 기지 중 한 곳과만 원격협진 부분적 가능).

✓ 따라서, 가용한 모든 옵션의 원격 후송 대책, 다양한 원격 협진 대책을 사전에 구성하고, 국내에서부터 일정수준의 훈련과 교육이 이루어지는 것이 바람직하리라 생각됨.

✓ 이에 본 연구에서 수행 중인 XR 기술을 활용한 원격협진 체계 또한 가까운 미래에 도입 가능할 것으로 보여, 해당 매뉴얼에도 선제적 반영하고자 함. (제안사항)

	01. 응급상황발생 시	1.1 사고 조사 1.2 사고자를 위한 기초 조사 (ABCDE) 1.3 남극과학기지 안전관리 지침
	02. 응급상황 시 행동 수칙	2.1 행동절차와 내용 2.2 응급처지원이 지켜야 할 사항 2.3 의료 진단을 위한 라디오
	03. 심폐소생술 (CPR)	3.1 목격자에 의한 심폐소생술 시행 방법 3.2 자동제세동기(AED) 사용 방법 3.3 심장마비를 일으키는 주요 원인 3.4 심폐소생술의 법적인 측면
	04. 응급처지	**주요 증상 : 동상, 저체온증, 일산화탄소(CO) 중독** 4.1 동상 4.2 저체온증 4.3 일산화탄소(CO) 중독
		일반증상 4.4 의식이 없을 때 4.5 쇼크 발생 시 ... (중략) 4.16 화학약품이 손에 닿았을 때 4.17 (임신 중) 하혈을 할 때 4.18 어지러울 때
	05. 증상별 의료장비 사용법	5.1 산소투여 5.2 척추 고정 5.3 부목(splint) 5.4 지혈
	06. 증상별 약품 사용법	6.1 주사제 6.2 내용약
▶	**07. 원격협진 장비의 활용**	6.1 현장 사용가능한 원격협진 장비목록 (기지와 내륙 캠프) 6.2 남극기지 연결 6.3 한국 협력병원 및 자문그룹 연결 6.4 기타 연결 지점과 사전 준비사항

[남극 내륙 의료지원 매뉴얼 목차 초안(2022.11) 및 본 연구팀의 제안 내용(화살표)]

[2차년도 남극 원격협진 테스트 지점 모식도 (각 지점별 통신환경이 다름)]

※ **주요 변경사항** (2차년도 국외출장 대상지 변경 및 취소에 따른 변경)

당초 연구내용 (계획사항)	변경 연구내용 (금년은 취소)	비고 (변경사유 등)
○ 남극 현장연구 - **세종기지에서 수행** - 남극기지 원격협진 시뮬레이션 (1지점)	○ 남극 현장연구 - **장보고기지에서 수행** - 남극기지, 남극내륙(K루트), 쇄빙선 (아라온) **시뮬레이션이 가능(3지점)** - 현장연구 효율성(이동변수 최소화)	○ 하계연구 취소에 따른 예산 집행 미반영, 차년도 세종기지로 재변경 수행 추진 **- 과제 연속성 부여, 현장 연구 협력 및 현장 종합 테스트 수행이 필요**

□ **(중점1) 파트별 연구 성과체계로부터 데이터 및 노하우 축적**

- 연구부: 응급 시나리오, 원격협진, 모의수술, 극지교육, 통신 연구
- 기술부: XR 디바이스 UX/UI, 버추얼 3D 더미, 1:多 커뮤니케이션 툴 기술

□ **(중점2)** 남극 현장연구 활동의 직접적 수행 ⇒ **극지(연)과의 협력연구 최대화**

- 연구일정 체계와 남극 절기상 현장연구 기회가 최대 2번으로 제한됨
- 1~2차년도 개발 연구성과를 현장에 적용하고, 원격지 현장에서의 통신환경, 방화벽 등 예상치 못한 극지 상황에 대한 현장 테스트 수행 및 확인이 반드시 필요한 시점이므로, 현장 하계연구가 취소됨에도 불구하고 최선의 플랜B 마련을 통한 연구목표 달성이 필요하며, 이에 따라 극지연구소와의 협력은 불가피함.

○ **(중점3) 극지연구소 주요 협력 파트** 구축 성과

(i) **미답지연구단:** K루트 탐사팀 (원격협진 XR 남극 내륙 테스트, 남극 내륙 의료지원체계)

(ii) **인프라운영부:** 기지운영실, 쇄빙선운영실 (XR 장비 쇄빙선상 및 기지 내 테스트 협조)

(iii) **안전운영실:** 기타 산업재해 및 안전 관련 예방수칙, 의료대응 지침 등의 협력 포인트 존재

사. 다빈도 질환의 중등도, 난이도, 민감도 개념 개발 (3차년도로 연결)

(1) 질환에 따른 중증질환 분류

- 질환에 따른 중증질환, 난이도에 대한 구분 작업

(2) 의사에 따른 민감도 지표 개발

- 극지 의사에 따른 민감도 정의(아직까지 정립되지 않은 개념)

- 가령 세종 18차에서 있었던 피부이식은 당시 의무대원에게는 난이도, 민감도가 낮은 수준의 의료이나, 전공에 따라서는 대부분 난이도 중, 민감도 상으로 분류될 것임. (이에 대한 개념 구분이 필요할 것)

(3) 민감도 분류 등급(안)

- **[1수준]** 독자로 완벽히 수행 가능
- **[2수준]** 독자로 어느 정도 수행 가능
- **[3수준]** 자문시 완벽히 수행 가능
- **[4수준]** 자문시 어느 정도 수행 가능
- **[5수준]** 자문시 수행 가능 여부 판단 유보
- **[6수준]** 자문과 무관하게 독자로 수행 불가능(의사요소/ 환경요소/ 질환요소)

(ex. 의사요소로는 법률적 문제, 너무나 전문적 지식이 요구되는 경우. 일반 의료환경에서도 보조인력이 아닌 여러 의사가 필요한 경우. 환경 요소로는 도저히 의사 1명이 할 수 없는 경우. 질환요소로는 의사가 여러 명이 있어도 난이도가 높은 질환 등)

※ 등급 분류는 다음과 같이, 질환 자체나 술기 자체의 난이도도 중요하지만, 의사 개인이나 여건 등에 따라서도 달라지게 됨.

- 극지 의사요소로는 법률적 문제, 너무나 전문적 지식이 요구되는 경우
- 극지 환경요소로는 도저히 의사 1명이 할 수 없는 경우
- 일반 의료환경에서도 보조인력이 아닌 여러 의사가 필요한 경우
- 질환요소로는 의사가 여러 명이 있어도 난이도 자체가 높은 질환의 경우

아. (공학연구) 통신지연 및 통신두절에 대한 대응책 1차 구상: 디바이스 개발목표 포함

(1) 통신지연에 대한 대비

- Time-lag 정도의 측정 및 모니터 연구 (K-route 사업, 장보고기지, 세종기지, 아라온, 다산기지로 확장)
- Time-lag 수준에 따른 등급별 원격의료 분류

(2) 통신두절에 대한 대비

- 원격자문에 필요한 통신 연결 check-list 개발
- 연결 초반 또는 단시간 내 의료 원격자문 개요와 요점 check-list 또한 함께 개발

※ XR Platform 활용 디바이스 개발 (기초 활용 XR플랫폼 업그레이드 및 최종 개발 사항)

- 극지 현장 환자 진료용 : 홀로렌즈2 MR/XR 디바이스

- 기존 개발되어 적용되는 모델. **극지 및 의료 분야에 최적화하여** 업그레이드 필요
- 한국으로 현지 영상 및 보이스 정보 스트리밍
- 한국에서 보내주는 이미지 및 보이스 정보 출력
- 한국에서 보내주는 AR 공간 타겟 이미지 정보 출력

- 한국 환자 원격협진 대응용 : PC (노트북)

- 극지 현장에서 전송받은 영상 및 보이스 정보 출력
- 극지 현장의 이미지에 AR 공간 타겟 이미지 지정 기능
- 이미지 정보를 극지 현장으로 전송 및 스트리밍, 실시간 국내 연속 송출

- 극지 및 한국 의료기기 문제 해결용 : 홀로렌즈 및 PC (노트북)

- 사전에 업로드되어 Reconstruction 된 의료장비 및 기기 홀로그램 기반 문제해결 보조 도구 개발
- 극지 현장에서 현지 영상 및 보이스 정보 스트리밍 & 한국에서 받은 이미지에 AR 공간 타겟 이미지 지정 기능
- 한국에서는 극지로부터 전송받은 영상 및 보이스 정보 출력 & 재가공 이미지 정보 회송 및 스트리밍

※ 본 과제의 인력양성 결과

(실적: 연구참여자 1명 [포닥] 국내 경영대학원 특임교수, 2023년 공과대학원 조교수 임용)

현재 극지연구소에 없는 미래 극지과학 새로운 분야 발굴 및 극지-우주 의학 분야의 연구인력으로 양성이 목표임. 이러한 인력양성을 통해 향후 기대되는 사항은 다음과 같음.

(i) 극지과학의 새로운 분야로 극지의료가 자리매김 할 수 있는 기본 플랫폼 구축의 시작이 가능

(ii) 의학분야의 원격의료 및 극한지의료, 재난의료, 항공우주의료 분야 성장에 따른 미래 극지과학 및 미래 의학 분야로의 각광 및 학문적, 사회적 기여를 본 연구의 인력양성을 통해 기대

(iii) 극지기초과학, 극지의학, 극지공학의 융복합연구를 통한 연구성과 및 시너지를 바탕으로 산학협력, 창업 등 국가경제에 기여할 수 있는 확장이 가능

(iv) 원격지 통신 및 가상현실 관련 후학양성이나 신규 기술인력의 육성, 메타버스나 확장현실 기반 사용기술 전수 등 교육 요원으로 고도화시켜 활용을 기대

= 3차년도 주요 연구결과 =

당해연도 연구개발 목표	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ XR 기반 월동대 응급상황 대응 훈련프로그램 연구개발	1. 실제 원격지 현장 적용	월동대 심폐소생술 교육프로그램 적용·평가, 비의료인 응급처치 교육프로그램에 적용·평가, 월동대 재난(MCI) 대응훈련 프로그램 개발
	2. 전문가 자문회의 및 인터뷰	연구 자문위원 및 월동경험/남극 파견 의사 자문회의 및 인터뷰(계속), 남극 내륙 응급환자 발생 대응지침 초안 작업 참여
○ XR 기반 주요질환별 위기대응 프로토콜 종합평가	3. 실제 수술실 현장 적용	해당 기술에 대한 충분한 교육과 훈련 후, 환자 동의를 거쳐 저 난이도 수술부터 해당 홀로그램-가이드 XR기술을 수술실 현장에 단계적으로 적용(계속)
	4. 실제 원격지 현장 적용	극지 모의 협진 시, 원격 가이드 또는 자문의 다양한 상황을 가정한 제한요소, 실제 시간 지연(time-delay)이 적용된 남극 현장 테스트를 서울, 파리, 칠레, 이스라엘 등으로 다양화하여 수행
○ 다대다(多:多) 협업에 필요한 XR 최종기술 연구개발	5. 네트워크 통신기술 적용	MS AZURE 커뮤니케이션 솔루션 - 고정좌표 기반 동일 공간 내 싱크 기술 - 고정좌표 기반 개별 공간 간 싱크 기술 MRTK 솔루션 적용 - Wifi기반 XR환경용 이미지 데이터 전송 기술 - 영상정보 실시간 스트리밍 기술 적용 - 영상정보 품질 실시간 제어기술 적용
	6. 소프트웨어 제작 기술 적용	프로그램 저작도구: 유니티엔진 - 통신 연결용 PC 프로그램 제작(계속) - PC용 네트워크 모듈 SW 제작(계속) - UI/UX 메뉴 및 기능제어 버튼 구성 - 인디케이터 및 포인터 기능 구현
	7. 홀로그램 더미 제작기술 적용	전문가(해부학회) 자문 기반 제작 - 두경부 해부학 모델 기초 모델링 제작 그래픽 저작도구: MAX, 포토샵, 블렌더 - 상처 부위(피부) 모델링, 두개골 모델링 - 더미 제어용 UI 이미지 제작

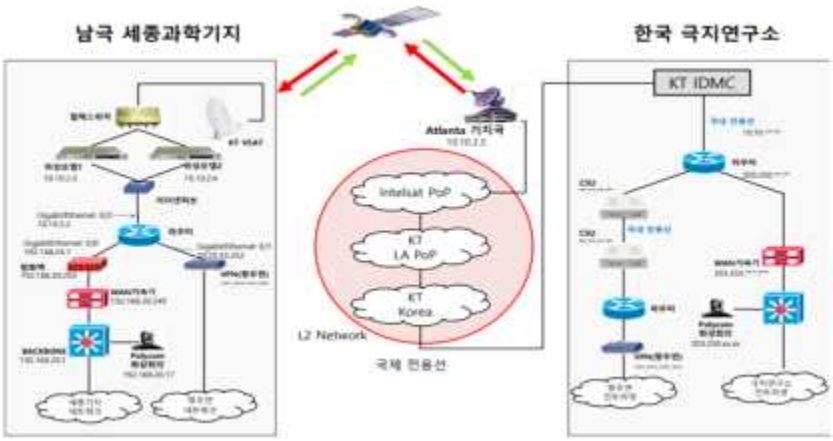
KOPRI 극지연구소

가. (의학연구) 지구상 '여러 지점'을 연결하여 수행한 확장현실(XR) 기술 기반 원격협진 시뮬레이션: 극지의학 기반의 남극—일본, 프랑스, 칠레, 이스라엘—서울 연결

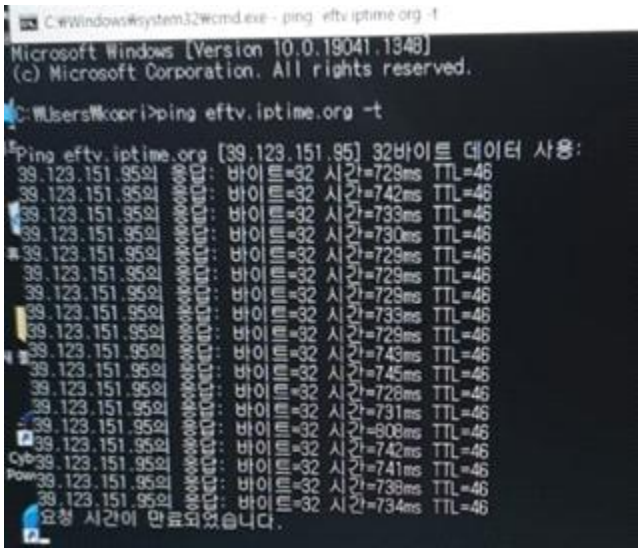
*당해년도 연구목표 달성을 위해 수행된 원격협진 **확장현실(XR) 기술 테스트는 총 34차에 걸쳐** 지구상 다양한 지역을 대상으로 이루어짐(2023.1~2023.12 기준, 각 지역 연결 별 1회로 계산, 중복포함).

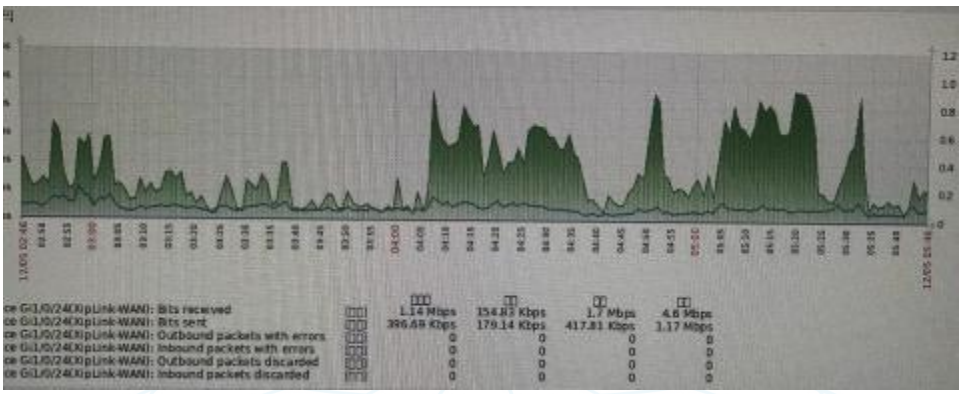
대상지	남극 (내륙)	남극 (기지)	프랑스(파리),이스라엘, 칠레(산티아고, 푼타)		일본 (운젠화산)	쇄빙선 (동해)	기타(국내)	합계
일자	12/22, 12/27	12/2 ~12/15	11/26 ~12/1	12/6 ~12/11	5/29	6/8 ~6/12	6/23, 8/9, 8/16, 8/18, 8/20, 10/17~10/22 10/24, 11/25	51
시연횟수	2	14	5	2	1	2	8	34
참여자(명)	3~6	3~5	3~4	3~4	4	4~5	3~5	10~12

[Telemedicine Simulation: 'Tele-consultation & mentroing test' KOR—ANT—PARIS (2023.12)]



[세종기지 인터넷 위성통신 연결 모식도 (2021 기준, 극지연구소-세종기지 제공)]





[한국—남극세종기지 간 통신환경 별 시간지연 테스트: LTE망 약 0.7-1.2초 *스타링크 약 0.2-0.4초]

(*1차년도/3차년도 연구 연결: 정확한 시간 지연(time delay) 값은 논문 작성 시 재확인 예정)

남극특별보호구역 등 활동 승인서

1. 승인 대상자

성명	생년월일	성명	생년월일

2. 승인대상 구역 및 활동

- 승인대상 구역 : ASPA 171(Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island)
- 승인대상 활동 : 통신작업

3. 승인의 조건

가. 해당 남극특별(보호·관리)구역의 관리계획서 규정을 준수한다.
나. 해당 남극특별(보호·관리)구역 출입 시 승인서와 관리계획서를 항상 휴대한다.
다. 허가기간에만 활동한다.
라. 허가된 활동 외에는 하지 않는다.
마. 방문보고서를 제출한다.
바. 그 밖의 조건 ( )

4. 유효기간

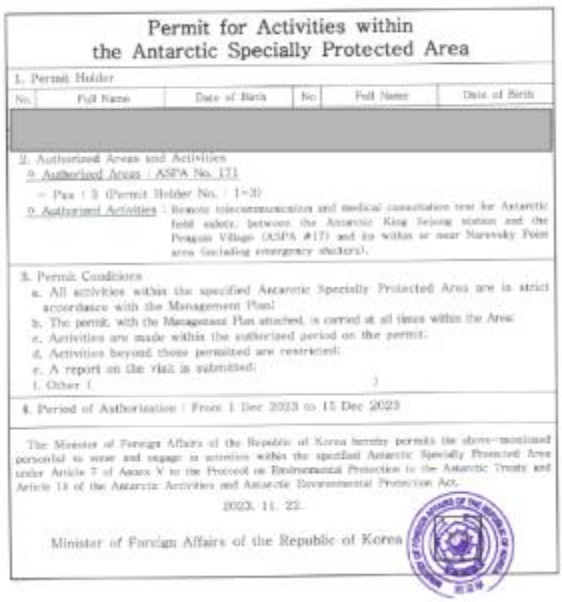
- 2023년 12월 1일부터 2023년 12월 15일까지

「남극활동 및 환경보호에 관한 법률」 제14조 제1항에 따라 위 사람에게 위와 같은 조건으로 이 승인서에 명시된 활동을 승인합니다.

2023년 11월 22일

외교부 장관

외교부 장관인



Permit for Activities within the Antarctic Specially Protected Area

1. Permit Holder

No.	Full Name	Date of Birth	No.	Full Name	Date of Birth

2. Authorized Areas and Activities

a. Authorized Areas : ASPA No. 171

- Pax : 3 (Permit Holder No. : 1+3)

b. Authorized Activities : Remote telecommunication and medical consultation test for Antarctic field safety, between the Antarctic King Sejong station and the Penguin Village (ASPA #171) and its within or near Narevsky Point area (including emergency shelters).

3. Permit Conditions

a. All activities within the specified Antarctic Specially Protected Area are in strict accordance with the Management Plan;
b. The permit, with the Management Plan attached, is carried at all times within the Area;
c. Activities are made within the authorized period on the permit;
d. Activities beyond those permitted are restricted;
e. A report on the visit is submitted;
f. Other ( )

4. Period of Authorization : From 1 Dec 2023 to 15 Dec 2023

The Minister of Foreign Affairs of the Republic of Korea hereby permits the above-mentioned person(s) to enter and engage in activities within the specified Antarctic Specially Protected Area under Article 7 of Annex V to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty and Article 14 of the Antarctic Activities and Antarctic Environmental Protection Act.

2023. 11. 22.

Minister of Foreign Affairs of the Republic of Korea

[본 연구팀의 남극특별보호구역 등 남극 활동 승인서(외교부)]

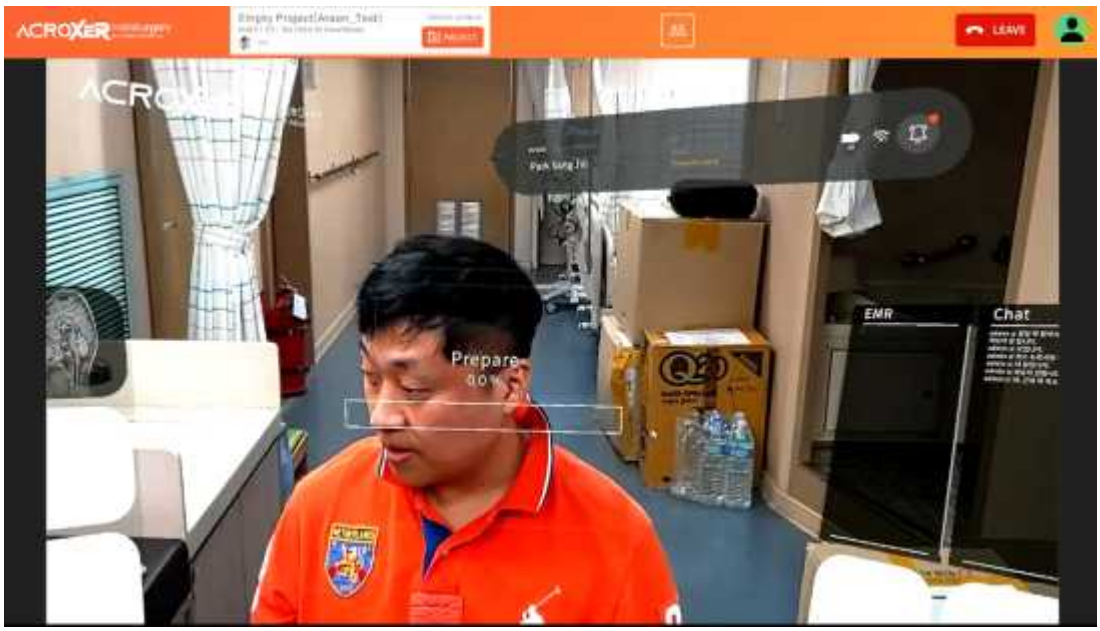
나. (의학연구) 확장현실(XR) 기술을 선상 원격협진에 실제 적용 [연속]

* 쇄빙선운영실 운영지원 및 자문, 연구 협력의 일환으로 동해 시험 항차 승선 연구 진행
(극지 원격협진 연구 + 남극 쇄빙선 의료점검체계 지원)

✓ 2차년도에 이어 쇄빙선 내 확장현실 기반 원격협진 모듈 활용 체계 구성, 보다 발전된 가상현실/혼합현실 S/W 기반의 개발 모듈 선상 테스트(S사 기술개발 협력)

✓ 2개 팀으로 나누어, 기술지원+의사로 구성된 개별 팀은 각각 함께 승선한 외과의 1명, 내과의 1명에 대한 확장현실 장비 사용 교육을 병행

✓ 향후 후속 연구를 통해 남북극 기지, 쇄빙선, 내륙탐사단 개별 맞춤형 모듈로 발전시킬 예정



[3차년도 쇄빙선 아라온 시험항차 승선 및 XR 적용 테스트: 선의 착용 화면(2023.6)]

(1) XR장비를 이용한 원격협진 승선 테스트(2개년도) 종합 요약

2022년과 2023년 쇄빙연구선 아라온 시험항차 기간에 원격협진 연구팀이 승선하여 현장 실증 테스트를 수행하였음. 극지의학회/연세의대 연구팀은 의사 1명+기술지원 1명 으로 구성되었으며, 승선 테스트를 통해 관련기술 개발 확인 및 현장 적용 가능성을 확인하였음.
*아래 해당 내용은 극지연구소 검토를 거쳐 과기부(NIPA) 주요 원격의료 사례로도 보고됨.

- 2022년

✓ 승선 목적 : AcroXeR HoloSurgery를 활용한 아라온호 선의 - 극지의학회 의사 사이의 원격 협진 실증을 위한 첫 승선 테스트

✓ 특이사항 : 시험항차 승선 기간 중, 아라온호 내에서 실제 환자(내과 관련) 발생, 아라온호 임시 선의(이어진 교수)가 아라온호 병원에서 환자를 진료하면서, 육

지에 있는 내과 전문의(고보람 전 아라온 선의)과 원격 협진을 수행. 원격 협진 후, 실제 환자의 만족도는 긍정적

- 2023년

✓ 승선 목적 : 1년간 개선된 AcroXeR HoloSurgery 의 현장 실증

✓ 결과 : 보다 직관적으로 사용성이 개선되었고, 시스템이 안정화 되었음.

✓ 아라온호 위성 통신망을 이용하여 원격 협진이 수행가능한 수준임을 확인하였음.

✓ 추후 6세대 위성통신이 활성화되면 대양을 항해하는 원양선에서도 원격 협진을 활용할 수 있을 것으로 기대함.

(2) 타 해양원격의료 과제와의 차별성 검토

검토대상인 타 해양원격의료 시범사업과는 그 역할을 달리하여 원격의료 메타버스 분야에 협력이 기대되며, 해당 과제에 대한 이해와 기술 차별성을 바탕으로 향후 상호보완적 연구협력이 기대됨.

1) 해당 과제에 대한 이해

부산대 융기원 / 부산대병원 해양의료연구센터(이하 부산대) 수행 과제 또한 해수부 프로젝트로, 별도의 부산대병원-선박 간 원격 진료 시범사업을 수행 중에 있음.

- 추가적으로 올해에는 AR기반 내항선들에 대한 스마트패드(스마트폰 포함) 기반 AR 원격 진료 솔루션을 개발하여 과제 발주한 것으로 알고 있음
- 특히 선원분들은 IT 분야에 대한 지식이 높지 않아서, 최대한 심플한 형태로 설계한다고 들었음.
- 이는 의료 메타버스와는 다른 개념이며, 극지연구소+극지의학회가 추구하는 원격진료 방향과는 다소 다른 전략으로 생각됨.

2) 기존(부산대) 원격의료 시스템과 본 연구의 원격의료 기술의 차별성

2.1. 시스템 구성 및 정보 전달 체계

(1) 기존(부산대) 시스템 : 노트북 + 웹캠 + 의료기기모음 키트

노트북 PC + 웹캠 + 소형 의료기기 모음(청진기, 혈압계, 혈당계, 산소포화도 측정기 등 조합)

* 정보 전달 요소 : 선의와 원격지 의료진의 PC기반 화상 시스템, 진료용 의료기기 정보

(2) 본 연구에서 도입한 시스템 : 노트북 + 홀로렌즈 장비

자체 개발 S/W (AcroXeR HoloSurgery) 활용 = XR Device (홀로렌즈) + 화면전송용 노트북 PC

* 정보 전달 요소 : 선의는 XR Device 만을 이용하여 현장에서 환자 진료 수행, 중간 접속용 PC를 통해 영상을 중계 전송하는 방식, 원격지 의료진은 현장 영상에 추가적인 의료 정보 전달 가능. 특히, 원격지 의료진도 자문 시 이미지 전송이 가능하여, 선의와 쌍방향 소통이 가능함.

2.2. 머리에 쓰는 확장현실(XR) HMD를 활용한 원격 협진의 차별화 요소

(1) 기존(부산대) PC 모델 :

장비가 특정 장소에 설치되어 있어 아라온 호에 탑승한 선의나 응급대응 대원이 선내 공간을 자유로이 이동하면서 협진하는 것이 불가능함. 가령 특정 위치의 약을 찾아야 할 경우, 환자가 이동이 어려운 상황에 처해 있는 경우 기존 시스템으로는 소통이 불가능함.

(2) 본 연구에서 도입한 모델 :

하지만 XR HMD를 착용하면 이동이 자유로우며 원격 협진 동안 양손을 자유롭게 쓸 수 있음. 가령 상처 부위를 지혈하거나 꿰매야 할 경우, 관련 부위의 전문 해부학 지식을 가진 원격지 의사로부터 꿰매는 위치를 직접 지정받을 수 있으며, 참고자료 정보를 전달할 수도 있음.

3) 기존(부산대) 연구과제와의 상호보완성 및 차기 협력 가능성

- 현재 부산대병원은 내항선과 외상선에 대한 원격 진료 시범사업을 해수부와 진행 중
- 또한 부산대병원은 본 연구 협력사(S사)과 의료 메타버스 사업을 함께 수행 중
- 선상 원격진료 메타버스 생태계 구축을 위해 부산대병원, S사는 AR 시스템을 활용한 원격진료의 필요성과 효과에 대해서 상호 공감과 실제 검증을 수행 중
- 즉 지속적인 상호 교류를 통해서 더 나은 선박용 원격 협진 및 진료 시스템의 개발이 가능할 것으로 보임. 특히 통일된 프로토콜의 개발과 사용자 경험(UX) 개선을 위해서는 다양한 환경에서 테스트가 필요하므로 협력 프로젝트가 만들어진다면 더욱 효과적인 운용이 가능할 것이라고 사료됨.

KOPRI 극지연구소

다. (종합) XR 기반 의료 원격협업(원격의료/원격수술) 개발 연구: 기본 개념 정리

(1) 개요 및 배경

- 남극은 인력, 자원, 인프라의 한계가 있는 곳으로 최소한의 비용으로 최대한의 효과를 추구해야 함.
- 의료의 경우 의사가 월동대, 하계대 형태로 구성되지만, 1명의 의사와 전문분야의 한정으로 모든 의료문제를 해결할 수 없음.
- 세종기지는 1988년 이후 37년, 장보고기지도 10년이 지나면서 인원이 늘어남에 따라 다양한 질환과 외상이 발생하고 있음.

(2) 의료에 적용되는 XR 원격협업 개념

1) 개념

- 환자의 정보(이미지, CT 등 영상자료, 더미)를 가상공간에서 공유하여 남극, 한국 등 공간에 구애받지 않고 tele-communication을 함.
- XR(확장현실)은 현실공간의 환자와 가상공간의 환자를 동시에 같은 시야에 둠으로써 의사(행위자)가 의료행위를 하면서 의사소통, 문의, 자문을 받는 개념임.

2) 기존의 원격의료와의 차이점

- 기존의 원격의료는 서로 다른 공간의 의사와 환자를 연결하는 것임에 비하여, 본 연구과제의 XR 기반 원격협업은 서로 다른 공간의 의사 간 연결을 의미함.
- 따라서 전문 지식을 가진 의사와 배경(기본) 지식을 가진 의사를 연결하는 것으로, 기본적으로 전문가와 전문가를 연결하는 개념임.
- 의료분야는 의학적 원칙, 환자 안전, 무균환경 및 조작, 다양한 regulation을 지켜야만 하는 규제가 상당히 까다로운 분야임. 따라서 의료분야에서 시행되는 행위는 규제가 비교적 수월한 다양한 분야로의 적용을 쉽게 할 수 있음.

(3) XR, 의료, 남극 적용 프로토콜 개발을 위해 고려/극복해야 하는 점

- 의료인력과 전문분야, 의학적 배경의 제한
- 응급도, 중증도보다 난이도에 대한 고려가 반드시 필요
- 통신환경 등 인프라의 제한
- 1:1에서 多:多로의 확대에서 산술적인 추가의 어려움

KOPRI 극지연구소

라. (종합) XR 기반 원격협업(원격의료/원격수술) 프로토콜 확립 과정과 내용

(1) 응급도 및 극지(원격지) 의료환경을 고려한 분석

1) 질환의 응급도에 따라서 응급대처 상황, 지원, 인프라가 달라짐.

2) 남극/원격지에서는 난이도가 더 중요할 수 있음.

- 현지에서는 난이도, 인프라(인력, 시설)가 응급도/중증보다 더 중요할 수 있음.

ex) 피부이식수술이 필요한 경우 일반적으로 후송. 성형외과 전문의의 현지 해결 가능 (난이도의 문제)

ex) 골절수술 전문의라고 하더라도 시설, 인력 부재시 후송(인프라의 문제)

(2) 의사/의료진 capacity 구분

1) 전문 의사별 분류가 아니라 월동 의사의 전공, 의료경험치, 경력 등에 따른 분류

ex) 수부전문 정형외과 의사가 경추부위 환자 치료의 경우 전문의사/숙련의사/비숙련의사 상황일 수 있음(경력, 경험치의 문제)

ex) 안면골절 성형외과 의사가 안과질환 환자 치료의 경우 일반의사에 준함(전공의 문제)

2) 행위자의 capacity에 따른 분류(간호사, 응급구조사, 일반대원으로 확대)

<표> 의료 capacity와 질환의 난이도 반영에 따른 의료인의 분류

의료진 Capacity와 난이도에 따른 의료진 분류	구분	정의	상황	예
전문의사 (Expert)	●해당 분야 전문가	●기존의 본인이 하던 전문 분야 영역 의료행위	성형외과 →성형외과 외과→외과	●외과 전문의가 외과 질환 치료 ●성형외과 전문의가 피부이식 등 전문분야 치료
숙련의사 (Familiar with speciality)	●같은 계통 전문가 ●이에 준하는 경우	●동일계통이지만 전문 분야에서 벗어나는 의료행위 ●전문영역 내에서 다른 전문 영역에 대한 치료	비뇨기과 →산부인과 정형외과→성형외과 당뇨 치료 보건소근무 공중보건의사→내과	●비뇨기과의사가 산부인과 치료 ●같은 영역이라도 수부전문 정형외과 의사가 경추에 대한 신의료 기술 치료 ●경험분야 일반의의 유사 영역 치료
비숙련의사 (Non-Familiar with speciality)	●전문과목 등 의료경력은 충분하나 비전문 과목에 대한 상황 ●이에 준하는	●경력은 충분하나 전문 분야, 익숙한 분야가 아닌 의료행위 ●전혀 생소한 분야	내과 →외과 비뇨기과→내과	●내과 전문의의 외과 영역 치료 ●비뇨기과 전문의의 내과 영역 치료 ●성형외과 전문의의 안과질환 치료

	경우			●외과 전문의의 치과질환 치료
일반의사 (General physician)	● 전문과목이 없거나 일반의 ● 이에 준하는 경우	●의학적 지식과 배경을 바탕으로 기본술기, 의료행위가 가능한 의사 ●전혀생소한분야	일반의사, 인턴수료	●일반의사의 전문영역 치료 ●전문의의 오래 전 경험 영역의 치료 ●성형외과 전문의의 안과 질환 치료 ●외과 전문의의 치과질환 치료
의사 외 의료진	●간호사, 간호조무사, 응급구조사	●각자의 의료에 대한 교육 및 수료한 자로 각 의료 영역에서 의료업무의 지식, 경험이 있는 의료진	간호사, 간호조무사, 응급구조사	●기본적으로 의사 의료행위에서 각자의 역할 ●그러나 전문영역(수술실,마취과,중환자실,창상,PA,응급구조) 등을 파악하여 위급시 현장을 반영하여 상위 개념으로 판단할 수 있음.
비의료인	●일반대원	●의료에 대한 교육, 경험이 전혀 없는 자	일반대원	●통상 비의료인의 의료행위는 법률에 의해 금지됨. ●다만 예외적인 상황에서는 인정되며, 남극/원격지의 경우 예외적인 상황을 정의/선언 후 지도하에 가능하도록 함.

KOPRI 극지연구소

(3) 의사/의료진 capacity와 민감도간의 상관 관계

1) 민감도 분류 등급(안)

: 본 보고서 2차년도 주요 연구결과 중

사. 다빈도 질환의 중등도, 난이도, 민감도 개념 개발의 **(3)항**

- **[1수준]** 독자로 완벽히 수행 가능
- **[2수준]** 독자로 어느 정도 수행 가능
- **[3수준]** 자문시 완벽히 수행 가능
- **[4수준]** 자문시 어느 정도 수행 가능
- **[5수준]** 자문시 수행 가능 여부 판단 유보
- **[6수준]** 자문과 무관하게 독자로 수행 불가능
  (의사요소/ 환경요소/ 질환요소)

2) Capacity와 민감도와의 상관 관계

- 본인이 어느 수준인지 먼저 평가하고, 그에 상응하는 역할자가 무엇인지 판단하는 지표. 이를 기준으로 그 다음의 프로세스가 결정된다.
- 수준과 역할자 capacity는 절대적이지 않고 질환, 상황별로 다르며, 각각 판단해야 한다.
- 수준에 대한 판단하에 전문, 숙력, 비숙련, 일반 등으로 구분됨.
- 6수준은 후송 등 의료행위 외적 방법으로 되어야 하기 때문에 의사/의료진 capacity와 상관관계에서 제외
- 의사 외 의료진, 비의료인의 경우는 본인의 경력, 상황에 따라 전문, 숙련, 비숙련, 일반으로 역할이 평가될 수 있음.
- 동일 의사/의료진이라고 하더라도 질환에 따라 수준은 다양하게 변화할 수 있음. 즉, A질환에서는 전문의사 역할이었다고 하더라도 B질환에서는 일반의사의 역할자일 수 있음. 반대로 C질환에서 일반의사 역할이라고 해도, D질환에서는 전문의사 또는 어드바이저 역할을 할 수 있음.

KOPRI

<표> 의사/의료진 capacity와 민감도와의 상관 관계지표

	전문의사 (Expert)	숙련의사 (Familiar with specificity)	비숙련의사 (Non-Familiar with specificity)	일반의사 (General physician)
수준 1	O			
수준 2	O	O		
수준 3		O		
수준 4		O	O	O
수준 5				O

(4) XR 관점에서 <응급도> 에 따른 적용 분류

1) XR 투입 필요성 분류

- XR 사용자와 XR 필요성에 따른 분류
- 기존의 한국형 응급환자 분류 혹은 ESI(Emergency Security Index) 보다는 남극/원격지 현실을 고려한 응급도로 구분
- XR에 필요한 인력으로 구분(행위자(surgeon), Modulator, Observer/Assistant)

2) XR은 tele-communication의 수단으로 결국 행위의 본질은 의료임. 따라서 XR의 목적은 효율적인 의료행위의 완성을 목적으로 하며, XR 자체가 목적이 될 수는 없음.

- Cardac arrest(심정지), massive bleeding(대량출혈) 등의 초응급상황에서는 현장에서의 판단, 현장에서의 지체없는 개입이 더 중요함.
- 이를 위해서는 의료행위자의 capacity(사전 역량강화)가 중요하며, 교육(XR을 이용한 재교육 포함), modulator(조력자/관리자의 XR 이용)에 활요할 수 있음.

<표> XR관점에서 <응급도>에 따른 XR 장착(적용) 분류

응급도	No. 1 Operator (Operator, Surgeon)	No. 2 Modulator (Assistant, Supervisor)	No. 3 Observer (Assistant, Recorder)
초응급	X	X	X or △
응급	X	O	O
준응급	O	O	O
비응급	O	O	O

KOPRI 국제연구소

(5) XR 관점에서 응급도별 <시간 경과>에 따른 적용 분류

1) XR 활용의 시간 경과 별 활용 가치를 프로토콜화 하고자 함.

2) 발병시간 혹은 인지시간을 기준으로 시작, 초기, 중기, 후반기로 구분

<표> 응급도별 <시간 경과>에 따른 적용 분류

Level (*ESI)	Description (*ESI)	내용	예 (*ESI)	시작	초기	중기	후반기 (탈응급기)
				발생-5분	1-30분 내외	30분 -2시간	2-24시간
1	Immediate, life-saving intervention required without delay	지체 없이 즉각적이고 생명을 구하는 개입이 필요함	Cardiac arrest Massive bleeding	X	△	O	X
2	High risk of deterioration, or signs of a time-critical problem	위험이 높거나 시간이 중요한 문제의 징후	Cardiac-related chest pain Asthma attack	△	O	O	X

3	Stable, with multiple types of resources needed to investigate or treat (such as lab tests plus X-ray imaging)	안정적, 그러나 여러 검사 등이 필요한 상황	Abdominal pain High fever with cough	O	O	△	X
4	Stable, with only one type of resource anticipated (such as only an X-ray, or only sutures)	안정적, 그러나 소수의 검사 등이 필요한 상황	Simple laceration Pain on urination	O	O	△	X
5	Stable, with no resources anticipated except oral or topical medications, or prescriptions	안정적, 그리고 검사 등이 필요하지 않는 상황	Rash Prescription refill	O	O	△	X

*ESI (Emergency Severity Index)

(6) XR 관점에서 <의사/의료진 capacity>와 <역할자>에 따른 적용 분류

1) 전 세계적으로 메타버스 개념은 아직까지는 초기 모델, 도입기 단계임.

- 현 시점에서는 1인칭 시점에 국한되어 있음.
- 그러나 실제 적용에서는 3인칭 시점, 1:多, 多:1, 多:多 역할이 필요함.
- 의료행위자(ex. surgeon), modulator(조력자 혹은 감시자), observer(관찰자) 모두 필요
- 따라서 역할자에 따른 구분 필요성 있음.

<표> XR 관점에서 <의사/의료진 capacity>와 <역할자>에 따른 적용 분류

<난이도>가 반영된 의료인 분류	No. 1 Operator (Operator, Surgeon)	No. 2 Modulator (Assistant, supervisor)	No. 3 Observer (Assistant, Recorder)
전문의사 (Expert)	X	X	△or O
숙련의사 (Familiar with speciality)	△	△	O
비숙련의사 (Non-Familiar with speciality)	O	O	O

일반의사 (General physician)	O	O	O
의사 외 의료진	O	O	O
비의료인	O	O	O

(7) XR 관점에서 1:1 - 多:多 의료 개념 분류

1) Tele-communication에서 질환에 따른 역할 및 인원 분류

- 원격지와의 matching에서 1:1의 확대가 필요할 수 있음.
- 가령 여러 명의 전문가가 필요하거나, 수행자가 여러 명일 경우가 있음.
- 또한 각각이 한명씩 matching이 되어 팀 개념으로의 수행이 될 필요 있음.

<표> XR 관점에서 1:1 - 多:多 의료 개념 분류

현지:한국	개념	수준	예1) 열상	예2) CPR	예3) 수술
1:1	1:1 매치 - 비 전 문 가 와 전문가(한국) -전문가와 전문가(한국)	-전문 지식이 비슷한 수준에서 고차원 의료(수술, 새로운 분야 등) -기본 지식이 있는 전문가의 얕은 수준 의료(처치 등)			조력자 없이 단독 가능한 수술
1:多	-한 명에게 여러 명의 전문가(한국) -같은 분야에서도 몇 명의 서브분야	(상동)	신경 손상 신경에 대한 심도 자문	CPR, ambu, AED를 혼자 수행 시 각각의 전문가	조력자 없이 단독 가능한 수술 중 난이도가 있는 수술
多:1	개념 1 -현장 여러 명에 전문가 1명(한국)이 컨트롤	현장에서 1인 수행이 어려운 분야에서 여러 명에게 원격협력	신경 손상 assistant 필요	각각의 역할을 맡는 사람이 있을 때	조력자가 필요한 수술 중 한 명의 전문가가 모두 조절이 가능한 수술. 시급을 달리지 않는 수술
	개념 2 -한 명의 행위자(1인칭)에, 다른 한 명의 조력자 또는 supervisor (3인칭), 전문가(한국) - 전문가에게 조력자가 3인칭 관점에서 정보교류(쌍방)	-하나의 행위에서 1인칭 시점의 정보교환만으로는 오류, 혹은 낮은 정확도 가능성이 높을 때. -3인칭 시점의 정보가 1인칭 행위자의 행위 완성도를 높일 수 있을때. -조력자의 역할이 필수일 때	신경 손상 신경에 대한 심도 자문	CPR 행위 시 팔의 위치, 각도, 자세 등 효율성, 완성도를 높일 경우	단독 수술 중 3인칭 시점의 정보교환이 효율성, 안전성을 높이는 수술

KDPRI 금지연구소

多:多	-1:1 매치의 확대	-각각의 전문분야가 필요할 때 -행위 자체가 시간, 전문성을 다툴 때	다발성 열상	CPR, ambu, AED를 여러 명이 수행시 각각의 전문가	여러 행위자의 역할이 각각 필요한 경우

마. XR 기반 의료 원격협업 개발에서 공간, 인원, 통신에 대한 실험

(1) 개요

- XR 기반 원격의료에서 통신인프라가 상당히 중요함.
- 1:1 원격협업이 기본이 되나, 이를 1:多, 多:多로 확대 시 통신인프라에 따라 영향을 받음.
- 원격협업 수준별 구분.
- Time-lag에서 구현할 수 있는 성취도 구분 필요

(2) XR 기반 의료 원격협업 수준

- 낮은 수준에서 높은 수준으로 실험 진행
- 소통의 방식은 음성, 영상, 가상공간 자료(환자자료, 더미의 동기화)
- 해당 수준은 소통에서의 수준, 자료의 수준 모두를 고려.
- 즉, 음성은 일상대화를 의미하고, 이는 Time-lag이 비교적 적다. 영상, 가상공간 자료로 수준이 올라갈수록 데이터 전송, 압축 및 풀기, 통신환경에 영향을 많이 받는다.

(3) 다양한 공간/인터넷 환경에서의 실험

- 국내에서 다양한 공간에서의 실험(동일한 인터넷 환경)
- 국내/국외에서 다양한 공간에서의 실험(열악한 인터넷 환경)

(4) 현장실험진행

1) 서울 ⇄ 동일공간 내 다른 공간(연세의대 성형외과교실 및 타 교수실)
2) 서울 ⇄ 다른 공간(M병원 수술방과 S개발사)
3) 서울 ⇄ 파리(아시아-유럽, 모두 북반구)
4) 서울 ⇄ 산티아고(아시아-남미, 북반구-남반구)
5) 서울 ⇄ 푼타아레나스(아시아-남미, 북반구-남반구)
6) 서울 ⇄ 세종기지(아시아- 남극, 북반구-남극)
7) 서울 ⇄ 세종기지 ⇄ 파리 ⇄ 텔아비브(이스라엘)
(아시아-남극-유럽-중동, 북반구-남반구-남극)

(5) 응급도와 Time-lag에 따른 적용 가능 분류 및 평가

1) 현재 남극에서 XR 기반 의료 원격협업 가능한 질환에서 응급도에 따른 분류

- 향후 통신인프라의 개선이 필요함.

<표> Time-lag을 고려한 XR 의료 원격협업 적용 평가

ESI Level	남극세종기지	스타링크 (남극)	한국(국내)	프랑스/칠레/뉴질랜드
	0.8초~1.0초 이상	0.2~0.4초	0.1초 이내	0.3~0.7초
1	X (어려움)	O	O	O
2	X (어려움)	O	O	O
3	X (질환별 차이. 현장 판단 필요)	O	O	O
4	O (지연있음. 운영 보조자 필요)	O	O	O
5	O (지연있음. 운영 보조자 필요)	O	O	O

KOPRI 극지연구소

<표> 1:1 에서 多:多 로의 확장 적용 평가

	1:1		1:多 혹은 多:1		多:多	
	플랫폼	Time-lag	플랫폼	Time-lag	플랫폼	Time-lag
한국	O	O	O	O	O	O
프랑스 칠레	O	O	O	O	O	O
세종기지	O	△	O	X	O	X
장보고기지	O	△	O	△	O	△
스타링크*	O	O	O	O	O	O

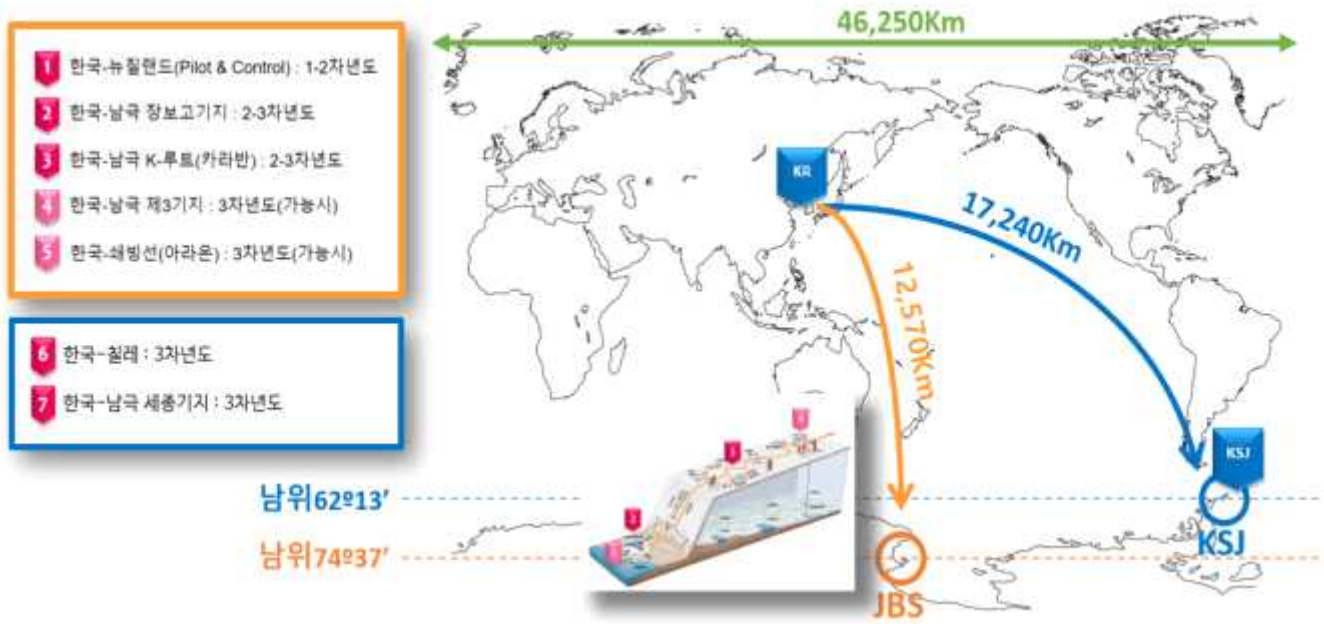
바. (성과홍보) 2023 SEOUL ADEX 전시회 부스 참석 (2023.10)

[서울 국제 항공우주 및 방위산업 전시회: 극지의학회/연세의대/미답지연구단(K루트팀) (2023.10)]

KOPRI 극지연구소

※ 전체 연구추진체계도상 주요 연구수행 목록

	1년차(완료)	2년차(완료)	3년차
의학연구	모의수술 교육/훈련 검토 모의수술 프로토콜 개발	응급/비응급 시나리오 개발 원격협진/모의수술 시뮬레이션	CPR/응급처치/재난훈련 원격협진/모의수술 **최종 협업프로토콜 적용**
공학연구	**1:1 원격협진 기초기술 개발** 확장현실 장비 통신 테스트 준비 (한국 to 한국, 해외)	1:多 원격협진 중간기술 개발 **확장현실 장비 극지 통신 테스트** **(한국 to 남극기지, 남극대륙 현장)**	**多:多 원격협진 최종기술 개발** 확장현실 장비 극지 통신 테스트 (한국 to 남극기지+남극내륙+쇄빙선)
극지연구소	모의수술 프로토콜 검토	모의수술 시뮬레이션 평가	**프로토콜/훈련 참여 및 평가**
자문단 (협력기관)	모의수술 프로토콜 검토	시나리오 검토/시뮬레이션 참여 및 평가	**프로토콜/훈련 참여 및 평가**
남극기지 (활동시즌)	~~X~~	('21-22) 확장현실 장비 원격협진 기초 통신테스트	~~('22-23) 모의수술 현장 시뮬레이션 남극장보고기지 하계연구 취소~~ ('23-24) CPR/원격협진 모의테스트



*2차년도 현장 연구계획은 하반기 22/23시즌 남극장보고기지 활동 제한(취소)으로 현장 교육, 훈련 등이 일부만 수행되었음. 연구과제 마지막 수행연도인 차년도(3차년도)의 남극 현장연구 계획은 이러한 이유로 **입출남극 여건 면에서 해빙 리스크 등이 없이 보다 안정적인 세종기지로 추진하여 최종 현지 종합 테스트를 수행 완료함.**

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1. 목표 달성도 ····· 67
2. 연구성과의 우수성 ····· 75
3. 관련분야에의 기여 및 성과확산 ····· 77

1. 목표 달성도

가. 정성적 성과 목표 달성

= 1차년도 =

구분	연도	연구개발목표	연구개발내용	달성도
1차 년도	2021	XR기술 적용을 위한 대상 질환군 도출	극지 주요 질환군 문헌분석 국내외 극지 의료후송 사례 문헌분석 극지 다빈도 응급/수술치료 해당질환군 도출	100%
		극지기지 내 모의수술 프로토콜 연구개발 및 분석	남극기지 모의수술 시행사례 검토분석 대표질환 모의수술 프로토콜 개발 극지 모의수술 시행의 법·윤리적 검토	90%
		일대일(1:1) 협업에 필요한 XR 기초기술 연구개발	극지 및 국내 1:1 협업 UI/UX 인터페이스 개발 극지 및 국내 1:1 협진용 가상환자 신체 개발 극지 의료기기 사용법 원격교육 프로토콜 개발	90%

* 1차년도에는 전체 목표달성의 기초가 되는 **(i) XR 기술 연구개발**과 인터페이스 구상, **(ii) 문헌검토를 통한 후송 및 외상 사례 발굴, (iii) 홀로렌즈-II 장비 사용법 습득과 교육**에 주력하였음.

** 차년도에 계획된 XR 원격협진 시연과 테스트의 성공적인 수행을 위해, 매달 연구팀 오프라인 미팅을 가졌고, 사전미팅을 포함해 10회가 넘는 연구회의와 교육을 실시하였음.

*** 특히 연구개발을 점진적으로 발전시켜 나가는 한편, 연구 참여자들의 장비 교육을 폭넓게 수행하고, 관련 학회 발표는 물론 극지연구소 미답지연구단과의 협력을 공고히 하여 현장 테스트와 프로토콜 마련의 기초단계 연구수행 체계를 마련하였음.

구 분	%	성취도 판단			특기사항 (우수성 또는 부진사유 등)
		부진	정상	우수	
당해년도 목표 달성도	600			√	- 학회발표 6건* - 교육 3건** - 언론 홍보(메타버스, 남극, 원격의료)
최종목표 대비 달성도	25		√		본 과제 최종목표는 SCI(E) 논문 3편***, 국내특허 1건임.

* (i)제12회 대한극지의학회(특별세션 구성 및 발표 4건),
(ii)제40차 대한미세수술학회(자유연제 발표),
(iii)제17차 대한컴퓨터가상수술학회(초청연자 발표)

** (i)극지연구소 미답지연구단 교육(교육대상: 채○○, 전○○),
(ii)연세의료원 신촌세브란스병원 성형외과 및 마취통증의학과(교육대상: 홍○○, 최○○ 교수),
(iii)연세대학교 의과대학 메타버스 TFT(교육대상: 연세의대 학장단)

*** 연구계획서 상의 논문실적에는 학회발표가 포함됨(논문 출판은 연구기간 외 기간도 포함).

KOPRI
극지연구소

= 2차년도 =

구분	연도	연구개발목표	연구개발내용	달성도
2차년도	2022	XR기술 적용 극지 주요 질환별 시나리오 개발	응급질환 대응시나리오 비응급질환 대응시나리오 극지 주요 증례에 대한 후향적 검토・적용	*100%*
		XR기술 적용 극지 모의수술/질환 프로토콜 설계	남극기지와 모의수술 원격협진 시스템 구축 XR기술을 적용한 모의수술 프로토콜 보완 XR기술 적용 원격협진 시뮬레이션 및 비교평가	*100%*
		일대다(1:多) 협업에 필요한 XR 중간기술 연구개발	극지 및 국내 1:多 협업 UI/UX 인터페이스 개발 극지 주요 질환별 가상환자 신체 시각화 기술 개발 극지 의료기기 원격수리 및 관리 프로토콜 개발	*80%*

* 2차년도에는 연구단계 특성상, 당해년도에는 전체 목표달성의 핵심이 되는 **(i) XR 중간기술 연구개발**과 **(ii) 원격지 현장과의 실제 원격협진 기술적용 테스트에 보다 주력**하였음. 원격지 현장은 미국 시카고, 뉴질랜드 크라이스트처치, 남극 장보고기지 등으로 다양화하였으며, 국내에서는 실제 수술실에서 해당 기술 적용을 시도함.

** **총 21회에 달하는** XR 원격협진 시연과 테스트를 통해, **(i) 성형외과 두경부 수술에 홀로그램-가이드 XR 기술을 실제 수술 중 적용하여 성공**하였고, **(ii) 남극을 포함한 원격지 세 곳(서울-시카고-남극장보고기지)을 동시에 연결하여 원격자문(시연)에 성공**하는 소기의 성과를 거두었음.

*** 특히 **금번 22/23시즌 남극 장보고기지 하계연구의 전면 축소**로 인하여 당해년도 목표달성도에 있어 미진한 항목이 불가피하게 발생하였으나, 그럼에도 불구하고 전략적인 선택과 집중을 통하여 차기년도 연구과제 수행에 있어 종합적 현장 테스트와 프로토콜 마련의 중간단계 기초를 충실히 마련하였음.

특이사항	개선방향 또는 대책
○ 하반기 22/23시즌 남극장보고기지 현장 하계연구활동이 전면 제한(취소)됨	○ 당해년도 장보고 및 남극내륙 현장연구는 미답지연구단 및 남극장보고기지 월동대 파견 의사 협조를 통해 수행(차선책) ○ 차년도 남극 현장연구 계획을 보다 안정적인 세종기지로 추진
이로 인해 ○ 응급/비응급질환 시나리오 현장 모의훈련 수행불가 ○ VR 적용 심폐소생술 기지 내 훈련모듈 적용 불가 ○ 의료기기 디지털트윈 기술 현장 테스트 불가	○ 당해 연구활동 중점사항을 전략적으로 변경 - **(기존)** 시나리오 및 프로토콜 개발과 남극 현장 적용 및 훈련 - **(변경)** XR 기술개발과 원거리 연결 원격협진 테스트에 중점 ○ 디지털 트윈 기술개발과 현장 테스트는 차년도 수행과제에 추가 반영하여 이어서 수행 ○ 심폐소생술 훈련 모듈 개발은 당해년도 수행한 아라온 선상 CPR 테스트 수행으로 대체 및 필요시 차년도 수행과제에 추가 반영하여 이어서 수행

구 분	%	성취도 판단			특기사항 (우수성 또는 부진사유 등)
		부진	정상	우수	
당해년도 목표 달성도	900			√	주요 목표달성은 - SCI(E) 논문투고(예정) 2건* - 학회발표 9건(국제5, 국내4)** - 의료진 교육 6건*** - 특허(출원2/가출원1) 3건**** ⇒ 당해년도 목표를 초과 달성
최종목표 대비 달성도	80		√		본 과제 계획서상의 최종목표는 - SCI(E) 논문 3편 [학회발표 포함] - 학회발표 3건 - 국내 특허출원 1건 ⇒ 최종목표 달성에 근접

***** **(i)** 목표저널 J of Telemedicine and Telecare. SCI(E). IF=6.344, h-index=80, Health Informatics Q1 (2021)
(ii) 목표저널 Plastic and Reconstructive Surgery. SCI(E). IF=5.169, h-index=188, Surgery Q1 (2021)
⇒ 투고 전(논문 출판은 연구기간 외 기간도 포함).

****** **(i)** 제65회 일본성형외과학회(Japan Society of Plastic and Reconstructive Surgery) 발표 1건 **(2022.4)**
(ii) 제12회 기초재건성형학회(Research & Reconstruction Forum) 발표 1건 **(2022.5)**
(iii) 제18차 대한컴퓨터가상수술학회 및 제21회 대한두개안면성형외과학회 심포지엄 (초청연자) 발표 1건 **(2022.6)**
(iv) 2022년 일본 극지의학회(Workshop on Antarctic Medical Research and Medicine) 발표 1건 **(2022.7)**
(v) 제10차 SCAR OSC (Open Science Conference): Parallel Session "Antarctic expeditioners and spaceflight: lessons learned in health and medicine off the grid" 발표 2건 **(2022.8)**
(vi) 제27차 국제 극지과학 심포지엄(ISPS) (북극다산기지 개소 20주년) 사이드 미팅: 제13회 대한극지의학회 학술대회(Korean Society of Polar Medicine) 발표 1건, 미래의료 세션 좌장 1건 **(2022.9)**
(vii) 제15회 대한재난의학회 학술대회(Korean Society of Disaster Medicine) 발표 1건 **(2022.9)**
(viii) 제80차 PRS KOREA 2022 (대한성형외과학회 국제학술대회) 발표 1건, 메타버스 AR/VR 세션 좌장 2건 **(2022.11)**
⇒ PRS KOREA 2022 국제학회(총 등록인원 1,250명, 해외 등록인원 251명, 해외 참가국 29개국, 주관: 대한성형외과학회)

******* 당해년도 메타버스 XR장비 사용자 교육은 극지의학/극지과학 관련 인력 뿐 아니라, 실제 원격협진 시 자문을 제공하게 될 **남극 파견의사/월동의사와, 남극 경험을 가진 외과계열 의사 개개인**에 전략적으로 초점을 맞추어 진행됨.
(i) 일본 홋카이도대학병원 성형외과 서○○ 의사(세종기지 30차 월동의사, K-루트팀 팀닥터) **(2022.6)**
(ii) 극지연구소 미답지탐사단 남극파견 정○○ 교수(K루트 팀닥터, 아주대병원 외상외과) **(2022.10)**
(iii) 국민건강보험공단 일산병원 정형외과 신○○ 의사(세종기지 27차 월동의사) **(2022.10)**
(iv) 미국 시카고 현지 테스트 준비 교육: 박○○ 의사(인공지능 의료기기회사 뷰노 근무경력) **(2022.10)**
(v) 남극장보고기지 남극파견 김○○ 응급의학과 의사(장보고기지 9차 월동의사, 길병원 소속) **(2022.11)**
(vi) 제27차 국제 극지과학 심포지엄 사이드 미팅: 제13회 대한극지의학회 내 교육훈련 부스 운영 **(2022.9)**

******** 지식재산권 관련하여 당해년도 특허의 경우, 출원 2건, 가출원 1건을 수행함.
(i) 가상현실 기기의 의료적 사용 시 스마트 안경 가상 디스플레이(홀로그램) 화면의 구성과 조작 방법 [10-2022-0047648] **(2022.4)**
(ii) 증강 현실 기반 원격 의료 시스템 및 그의 제어 방법 및 프로그램(1) [10-2022-0063372] **(2022.5)**
(iii) 증강 현실 기반 원격 의료 시스템 및 그의 제어 방법 및 프로그램(2) [10-2022-0063373] **(2022.5)**

= 3차년도 =

구분	연도	연구개발목표	연구개발내용	달성도
3차 년도	2023	XR 기반 월동대 응급상황 대응 훈련프로그램 연구개발	월동대 심폐소생술 교육프로그램 적용・평가 비의료인 응급처치 교육프로그램에 적용・평가 월동대 재난(MCI) 대응훈련 프로그램 개발	*85%*
		XR 기반 주요질환별 위기대응 프로토콜 종합평가	XR기술 적용 응급질환 프로토콜 개발 XR기술 적용 비응급질환 프로토콜 개발 극지 대표질환 위기대응 프로토콜 적용・평가	*100%*
		다대다(多:多) 협업에 필요한 XR 최종기술 연구개발	극지 및 국내 多:多 협업 UI/UX 인터페이스 적용 극지 및 국내 多:多 협진용 네트워크 시스템 개발 XR활용 극지 의료기기 정도관리 프로토콜 개발	*90%*

* 연구단계 특성상, 당해년도에는 전체 목표달성의 핵심이 되는 **(i) XR 최종기술 연구개발**과 **(ii) 남극 현장과의 실제 원격협진 기술적용 테스트에 올인**하였음. 원격지 현장은 지난해에 이어 파리, 베트남, 일본, 칠레, 이스라엘, 남극세종기지 등으로 확장하였음.

** 남극 세종기지 현장 및 중간 각국 경유지를 포함해 **총 34회에 달하는** XR 원격협진 시연과 테스트를 통해, **(i) 국내 최초로 남극에서 다이렉트 위성 통신망인 스타링크를 사용하여** 국내(서울) 및 파리, 이스라엘과 원격 모의협진을 수행하였으며, **남극세종기지 내 기존 통신망으로 약 1만7천Km 떨어진 원격지 간(남극세종기지-서울-파리 및 이스라엘) 원격협진 테스트에 성공**하였고, **(ii) 남극 내륙 Concordia 기지와도 원격협진 시연에 성공**하였음. **(iii) 서울ADEX 2023에 참여**하여 연구성과를 관련분야 전문가 및 대중에게 알리는 데에도 일조하였고, **(iv) 극지역에서의 XR 기반 원격협진 및 원격수술을 체계화하여 세부조건별 프로토콜 기초를 제안**하였으며, **(v) 의료숙련도, 응급도, Time-delay를 고려한 의료 원격협진 평가체계를 구축하여 이를 일대일, 일대다, 다대다로 확장**하여 총정리하는 소기의 성과를 거두었음.

*** 특히 22/23시즌 장보고기지 하계연구 취소로 인한 목표달성 부족분을 **23/24시즌 세종기지 하계연구를 통해 충분히 만회**하고 종합적 현장 테스트와 프로토콜 마련의 최종단계 정리를 충실히 해내었음.

구 분	%	성취도 판단			특기사항 (우수성 또는 부진사유 등)
		부진	정상	우수	
당해년도 목표 달성도	500			√	주요 목표달성은 - 학회발표 5건(국제 3, 국내 2)*, - 의료진 교육 4건 외**, - 특허(가출원→출원) 1건*** - 언론 홍보(원격협진, 남극)
최종목표 대비 달성도	90		√		본 과제 계획서상의 최종목표는 - SCI(E) 논문 3편 [학회발표 포함] - 학회발표 3건 - 국내 특허출원 1건 ⇒ 최종목표 달성에 논문실적 부족

***** **(i)** 제20차 대한컴퓨터가상수술학회 발표 1건 **(2023.4)**

(ii) 제15회 한일성형외과학회(Japan and Korea Society of Plastic and Reconstructive Surgery) 발표 1건 **(2023.5)**

(iii) 호주 호바트 2023년 COMNAP SYMPOSIUM 발표 1건 **(2023.6)**

(iv) 2023년 일본 극지의학회(Workshop on Antarctic Medical Research and Medicine) 발표 1건 **(2023.9)**

(v) 제13회 대한극지의학회 학술대회(Korean Society of Polar Medicine) 세션구성 및 발표 1건 **(2023.9)**

****** 당해년도 메타버스 XR장비 사용자 교육은 실제 원격협진 시 현장 테스트 참여 인력 뿐 아니라, ADEX 전시회 부스에 방문한 불특정 다수 참가자에게도 제공됨.

(i) 용인 동백내과의원 내과 고○○ 의사(전 아라온 남북극 항차 선의, 시험항차 테스트) **(2023.6)**

(ii) 서울아산병원 외과 민○○ 교수(전 아라온 남극항차 선의, 시험항차 테스트) **(2023.6)**

(iii) 서울아산병원 외과 류○○ 의사(23/24시즌 남극내륙 K루트 팀닥터) **(2023.10)**

(iv) 남극세종기지 37차 월동의사 가정의학과 정○○ 의료대원 **(2023.12)**

(v) 2023 SEOUL ADEX 내 교육훈련 부스 운영 **(2023.10)**

******* 지식재산권 관련하여 당해년도 특허의 경우, 기존 가출원 1건이 최종 출원됨(1건).

나. 정량적 성과 목표 달성 (종합)

구 분			목표 (건)	달성 (건)	주저자 실적	달성도		증빙자료(제출)	비고
'21	국외 논문	SCI(E)	1	-	-	-	%	-	*논문(학회발표대체)
	국내 논문	SCI(E)	-	-	-	-	%	-	-
	특허		-	-	-	-	%	-	-
'22	국외 논문	SCI(E)	1	-	-	-	%	-	투고예정 (투고 전)
	국내 논문	SCI(E)	-	-	-	-	%	-	-
	특허		1	3	-	300	%	*(증빙)*	가출원 1건, 출원 2건
'23	국외 논문	SCI(E)	1	-	-	-	%	-	투고예정 (투고 전)
	국내 논문	SCI(E)	-	-	-	-	%	-	-
	특허		1	-	-	-	%	*(증빙)*	기존 가출원→출원 1건

KOPRI 극지연구소

※ 후속 기술개발 방향 (협력업체 기술지원 협조 필요)

구분	주요내용	기술제언	기대효과
SW 버전업	○별도 개발 프로그램 로드맵 수립 - 사용자경험 반영한 UX/UI 최적화 - 개별 AI 적용된 홀로그램 모델 최적화 및 EMR 연동	○사용자 친화적 인터페이스 및 상호작용 디자인 - 의료진/환자 모두에게 필요 - 복잡성 감소, 현장 피드백 반영	사용자 경험 최적화 및 현장사용 향상
호환 및 확장성	○남극 전용 프로그램 개발 - 극지 및 원격협진 현장 사용지별 특화된 전용 SW 개발 - 다양한 XR 기기별 OS 지원	○실시간 데이터 처리 및 분석 기능 - AI 기술 적용 가능성 - 신속한 진단, 협진체계 연결과 의사결정에 도움	접근성 개선, 서비스 질적 향상
보안 및 안전성	○개인 의료기록 탑재에 따른 보안 취약성 분석 및 개선 - EMR 및 극지의료지원 체계 연동 - 고속 통신망을 포함한 여러 통신체계의 통합 운용방안 모색	○통신 인프라 안정성 및 개인 의무기록 연동 보안 체계 구축 - 스타링크 등 새로운 통신망 사용에 따른 보안 취약성 분석 - 통신체계 통합 운용 프레임워크	기술취약성 극복 및 원격 의료지원체계 고도화 가능

※ 후속 성과창출 계획 (과제수행 중 정량 성과 포함)

구분	주요내용	의의(시사점)	비고
논문	○4년* 이내 SCI(E)급 논문 3편 - 외과 및 의학교육 관련 저널 1편 - 메타버스, 확장현실 등 원격진료 관련 저널 1편 - 극지과학 또는 극지관련 저널 1편 - 극지공학 또는 우주공학 관련 저널 1편 (이상의 4개 분야 중 3개 이상 달성 목표)	- 모의수술의 디지털화와 원격협진이 극지에 시도된 국내 최초사례 - 메타버스, 확장현실의 의료적 적용 시도사례 가운데 가장 멀고 극한 환경의 사례 - 외과계열 수술 및 처치(미세수술, 컴퓨터가상수술, 성형외과수술 등) 교육 활용 가능성 모색 - 남극파견 인력 훈련 활용 사례 - 메타버스 및 확장현실 장비의 최초 극지 통신환경 테스트 및 기준마련	*남극 활동이 가능한 하계기간 제약사항 및 논문 출판 소요 시간을 반영
지적재산권	○4년** 이내 특허출원 1건 (가능시) - 원격협진 또는 모의수술 프로토콜 1건 - 메타버스, 확장현실 장비 운용 SW, 이미지구현, 통신기술 중 1건 (이상의 2개 분야 중 1개 이상 달성 목표)	- 통신환경 제약 하 적정기술 특허출원이라는 의의. 향후 저개발국가나 재난 현장, 우주에서 활용할 수 있는 메타버스 및 확장현실 기술로서의 발전 및 활용 가능성 높음	**특허출원 소요시간을 반영 (현재 출원 3건으로 목표 달성 상태)
인력양성	○극지연구 극지의학분야 전문가 양성(2명) - 홍종원(연구책임자): 남극 파견을 통한 연구과제 수행 - 이어진(참여연구원): 극지연구소 연구진과의 협업***을 통한 연구과제 수행 및 훈련	- 현재 극지연구소에 없는 연구분야 인력으로, 향후 (i) 극지과학의 새로운 분야로 자리매김이 가능, (ii) 의학분야의 원격의료 및 극한지의료, 재난의료, 항공우주의료 분야 성장에 따른 미래 극지과학 및 미래의학 분야로의 각광 및 학문적, 사회적 기여를 기대	***예시: 극지연구소 미답지연구단 남극대륙 현장 의료지원 및 의학연구 협업 등
기타	○3년 이내 국내/외 학회 학술발표 8건****	- 의학/의료 분야에서 메타버스와 확장현실 활용 등 새로운 가상 플랫폼 하에서의 의료적 적용이 점차 활성화되고 있는 현실 하 선도적 연구성과 공유 - 외과수술 및 원격협진을 주제로 신기술과 새로운 시도를 전문가 집단에 평가 및 검토받는 것이 학문 발전 뿐 아니라 전체 인류 후생에도 기여	****기달성 20건 (필요시 추가)
	○산학협력 및 신기술 기반 창업 모색	- 극지기초과학, 극지의학, 극지공학의 융복합연구를 통한 연구성과 및 시너지를 바탕으로 산학협력, 창업 등 확장이 가능	산학협력 또는 창업 기획
	○극지/우주 국가연구개발사업으로 발전	- 나아가, 해당 연구성과를 바탕으로 향후 극지-우주 등 기타 원격지를 대상으로 한 국가연구과제 개발이 가능	추가 연구과제 개발 및 수행

2. 연구성과의 우수성

가. 남극/원격지에 적합한 응급질환 재분류

(1) 남극에 적합한 응급질환 분류

(가) 기존의 응급도 기준의 한계

- 현재까지 알려진 한국형 응급환자 분류나 해외의 ESI(Emergency Severity Index)는 모든 인프라(의료, 병원, 후송 등)가 갖춰진 상태에서의 분류였음.
- 이는 자원의 한계, 이동의 한계가 있는 남극에 적용하기에는 상당한 한계가 있었음.

(나) 의료진, 자원을 고려한 의료진, 질환 수준 분류

- 의료진의 전문성, 난이도, 민감도를 반영한 응급도의 기준을 새로 정립함.
- 이를 근거로 본 연구의 XR 의료 원격협업 뿐만 아니라 향후 후송을 결정할 때도 근거로 사용할 수 있을 것임.

KOPRI 극지연구소

나. 메타버스의 실용적 측면에서 접근

(1) 지금까지의 메타버스의 환경

(가) 메타버스의 적용 확대

- 지금까지의 메타버스는 오락, 엔터테인먼트, 교육에 국한되었었고, 실용적 적용은 미진하였음.
- 기존의 VR, AR 등 가상으로 포장된 가짜 공간이었고, 여기서 시작된 오해와 한계에 사회와 시장이 실망한 상태임.
- XR(확장현실)은 가상공간과 현장공간을 동시에 활용하는 것으로, 이를 의료라는 전문분야와 남극이라는 공간에 적용함.

(2) 의료분야의 연구환경

(가) 환자 안전이 가장 중요한 제약

- 의료분야는 모든 연구에서 환자 안전이 가장 중요함. 이는 법률, 의료기관의 규정, 의사협회, 학회의 규정하에 관리되고, 주관기관에 따라 보건복지부, 교육부,

식약청, 질병관리청 등 다양한 주체의 관리를 받고 있음.

- 이를 해외로 확대한다면, 각 국가가 가지고 있는 법률과 규정을 별도로 통과해야 함.
- 본 연구에서 수술, 처치를 고려하였을 때, 무균조작, 치료공간(술자 시야를 벗어날 수 없음) 등을 제한하고 시행됨.
- 본 연구는 이런 모든 규정과 제한을 고려하여 진행됨.

(나) 제한을 걷어냈을 때의 확장성

- 따라서 위와 같은 제약이 없거나 낮은 수준의 제약이 있는 분야에서는 의료분야에서 확립된 것을 그대로 적용할 수 있음.
- 다른 전문분야의 확장성이 넓으며, 자원과 공간이 제한되는 남극에서의 활용가치가 높을 것임.

다. 극지에 적용할 수 있는 프로토콜

(1) 다양한 요소를 고려한 프로토콜

(가) 극지 환경

- 극지의 제한적/고립적인/한계적 상황에서 어쩔 수 없이 발생하거나/할 수 있는 대원들의 의료적 질환, 질병, 응급상황, 사고, 재난 등은 단독으로 파견된 의료진 개인이 전적으로 책임지질 수 없음. 따라서 기존 전화, 이메일, 사진, 영상 등과 같은 원격 자문과 협진은 예나 지금이나 필수적임.
- 본 연구를 통해 제한된 극지의료 환경을 극복하고, 의료협업환경을 개선하는 데에 도움이 될 것임.
- 특히 극지의 의료진과 국내의 해당 질환의 전문가가 실시간 협진을 통한 진료는 발생할 수 있는 의료적/법적/경제적 위험 발생을 줄여, 극지연구 및 활동 대원들의 안전과 건강에 기여함.

(나) 의료 capacity, 응급도, 시간 경과, time lag을 고려한 프로토콜

- 이러한 기준은 남극의 다른 분야에도 확장 적용될 수 있을 것임.
- 이를 통해 다른 분야의 후속대책 수립에도 참고가 될 수 있을 것임.

(다) XR 기기 적용

- 현재 다양한 XR 기기가 개발중에 있음. 본 연구에서 사용된 Hololens (MS사) 제품은 현존하는 가장 우수한 기기임.
- 그럼에도 기기의 한계가 있으며, 이로 인하여 사용 자체가 저조한 것도 사실임.
- 그러나 기기적인 것, 통신 인프라 등은 시간이 지나면서 해결되는 사안이며, 본 연구의 플랫폼이 그대로 적용될 것임.
- 그런 점에서 관련분야를 선점할 수 있음.

3. 관련분야에의 기여 및 성과확산

가. 메타버스 분야 전반 발전에 기여

(1) 메타버스 세계 동향과 환경

(가) 메타버스에 대한 관심

- 기존에도 메타버스의 개념은 꾸준히 발전하고 있었음.
- 본 연구과제가 2021년 시작되었으나, 그때만 해도 붐업은 되지 않음. 그러나 과제가 시작하고 2022년도에 전 세계적으로 메타버스가 붐업됨.
- 하지만 거품이 빠진 2023에는 숨고르기에 들어간 상태임. MS Hololens의 더 이상 생산이 중단되었음.

(나) 메타버스 활성화 분위기

- 하지만 애플사의 XR glass 개발 등 여러 기업이 XR glass 개발을 하고 있으며, 많은 제품이 출시 예정임.
- 이는 아직까지 XR이 가지고 있는 장점을 보았기 때문임.
- 최근 폐막된 CES에서 AI가 큰 이슈로 되었으며, 현재 XR에서도 AI를 접목하는 시도가 많이 되고 있음.

나. 분야의 확대: 의료분야에서 다른 전문분야로 확대

(1) 기존 산업에서의 XR

(가) 현재까지의 XR 활용

- Hololenz는 원래 미국에서 군사용으로 개발되었음.
- XR은 현재 선박에서 교육에 활발히 사용되고 있음. 또한 산업용에서도 다양한

XR glass를 통해 사용한 경험들이 저변에 깔려 있음.

- 따라서 XR 환경에 대해서 많은 기업들이 접해본 분야이고, 다만 여러 가지 현실적인 제한으로 실용화, 활성화 전에서 멈춘 상태임.

(나) 의료분야의 확립 중요성 및 확장성

- 따라서 의료분야에서 정립된 기준, 개발된 XR 프로그램, 실용화가 이뤄진다면, 다른 분야로의 파급효과는 상당할 것으로 기대됨. 즉, 의학에서 되는 것은 다른 분야에서도 될 가능성이 상당히 높음.
- 본 연구는 기기의 발전과 인프라의 발전된 상태까지 고려하여 개발된 프로토콜이기에 그 가능성이 높다고 사료됨.

다. 공간의 확대: 극지의 가치

(1) 공간, 환경제약의 극대값인 남극

(가) 공간 제약의 극복

- XR, 원격협업을 적용할 때 많은 의견과 비판이 있는 것도 사실임. 특히 원격진료라는 측면에서는 아직 한국에서도 다양한 의견과 비판이 있으며, 이에 대한 관련 법안도 통과되지 못함.
- 그러나 극지라는 공간은 이런 모든 논란을 불식할 수 있으며, 공간의 제약이 역설적이게도 모든 것을 가능하게 할 수 있는 환경임.

(나) 남극공간 제약의 극복

- XR, 원격협업을 적용할 때 많은 의견과 비판이 있는 것도 사실임. 특히 원격진료라는 측면에서는 아직 한국에서도 다양한 의견과 비판이 있으며, 이에 대한 관련 법안도 통과되지 못함.
- 새로운 매체(IT 기술)를 이용한 원격협진 기술개발과 활용은 과거부터 있어왔지만, 통신기술 발전에 힘입어 꾸준히 기존의 제한요소들을 하나씩 극복해 가면서 실제 극지현장에 실질적 적용이 본격적으로 시작된 국제적 트렌드이자 미래 남극활동 계획 수립시 반드시 고려되어야 할 분야임.
- 국내에서 활용가능한 인프라를 이용해 선도적 실증연구와 소프트웨어를 개발하여 국제사회에서 상대적으로 앞서있는 한국의 응용과학기술을 학·연 모두에 소개하고, 향후 산업적인 활용 또한 가능케 할 수 있는 여지가 충분함.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 결론 및 함의 ····· 79
2. 타 연구과제 연계 활용 방안 ····· 80
3. 후속연구의 필요성 및 기술사업화 방안 ····· 81

1. 결론 및 함의

본 연구는 극지방 의료체계의 한계를 극복하고, 응급상황에 효과적으로 대처하기 위한 새로운 접근법으로 확장현실 기술을 활용한 원격협진을 제시하였다. 가상공간을 활용하는 XR 기술을 서로 멀리 떨어진 의료인 간 협업에 적용함으로써, 전통적인 응급의료 분류와 협진 방식을 넘어 극지환경의 특수성을 극복할 수 있는 의료 서비스 체계를 가능하게 한다.

특히 남극 통신 제약을 극복하는 원격협업 체계 개발과 함께 극지방에 적용이 가능한 응급질환 재분류 기준과 적용 프로토콜을 제안하여 남극 및 다른 극지환경에 활용하는 데 있어서도 중요한 기여를 할 것으로 예상된다. 이러한 프로토콜과 체계는 의료 서비스의 질을 높이는 동시에 대원들의 안전과 건강을 보장하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 더불어, 향후 통신환경 개선에 따라 전체 극지방 메타버스 플랫폼 내에 XR 기술이 잘 셋업되면 극지 의학 분야뿐만 아니라 다른 전문 분야로 확장도 가능할 수 있다.

국내외 의료분야에서의 XR 기술의 활용은 꾸준히 시도되고 있으며, 이러한 추세에 발맞추어 국제사회에서 한국의 극지의료 및 응용 분야의 과학기술을 선도하는 데 기여할 것이다. 본 연구가 개발한 체계와 프로토콜은 극지환경뿐만 아니라 다른 환경에서의 의료 서비스 제공에도 적용될 수 있으며, 이를 통해 원격지 또는 도서 벽지 의료 서비스의 질적 향상과 효율성 증대에도 기여할 수 있을 것이다. 결론적으로, 본 연구는 의료 서비스 제공 방식에 혁신을 가져오는 동시에, 의료분야에서의 기술적 발전과 국제 협력의 중요성을 강조한다.

조만간 극지역 기지 내 통신 대역폭이 높은 수준으로 증설 계획인 것으로 알고 있으며, 이는 단순히 대원들이 기지 내에서 편리한 통신 환경 개선에 그치지 않을 것이다. 저궤도 위성을 활용한 통신망 구축과 통신 속도가 획기적으로 높아지게 되면 단순히 일개 극지연구소의 통신망 개선뿐만 아니라, 극지 의료 지원 체계의 고도화 사업에 필요한 기초로도 활용될 수 있다. 통신 속도의 증설은 원격협업, 실시간 데이터 전송, 응급상황에서의 신속한 의사결정과 같은 극지 의료 서비스의 효율성과 효과성을 크게 향상시킬 수 있는 중요한 요소이기 때문이다. 따

라서, 이러한 계획은 극지환경에서의 의료 서비스 제공에 있어 중요한 변화를 가져올 것으로 예상되며, 이는 극지 의료 지원 체계의 전반적인 개선 및 발전에 기여할 것이다.

또한 국내 극지연구 기관의 차세대 미래 연구 사업으로 기초부터 응용까지 아우를 수 있는 극지의료 연구 카테고리는 그 잠재력 및 확장성 면에서 매력적이며, 본 연구과제 수행으로 인해 도출되는 추가 연구를 기획하는 과정에서 극지연구 역량 강화 및 활성화는 물론, 국내·외 극지의료 관련 정책 수립에 있어서의 관련분야 국내 주도권 확보에도 유리한 고지를 점할 수 있다.

2. 타 연구과제 연계 활용 방안

우선 극지활동기본계획 하에 추진이 예정된 극지실용화센터 및 극지의료지원센터(예정)와 연계하여 극지의료 분야에 XR 기술 기반의 실시간 협진체계를 도입할 수 있다. 그리하여 극지 파견 의사의 리스크 관리 및 의사 1인 진료의 한계를 보완한다. 극지역에 의사가 파견되기 전 교육을 통해 해당 기술 수용성을 높이며, 환자와 극지 의사 간 상호 신뢰를 도모할 수도 있다.

한편으로는 각 진료와 처치과정, 술기의 내용이 기록됨으로써 의료적/법적 문제에 대비할 수 있는 후향적 검토 자료로도 활용될 수 있다. 관련된 극지적응훈련, 의료기기 관리체계 교육, 재난의학 대응책 마련에 있어서도 본 연구 결과의 활용 지점이 있으며, 향후 유인우주탐사 등 항공우주, 해양의학 분야에서 통신 환경의 제약 하에서 개발된 원격협진이나 모의수술 프로토콜에 관심을 갖는다면 해당 연구성과의 연계 활용에 있어 좋은 선례가 될 것이다.

또한 극지의료 연구는 그 분야가 방대하여 의학, 공학, 생명과학, 사회과학 등 다양한 분야의 다학제 연구를 가능하게 하므로, 극지연구소의 차세대 미래연구 사업의 잠재력과 확장성을 높일 것이다. 또한, 연구가 성공적으로 수행되어 기술사업화 되고 실제 현장에 도입이 시작되면, 국내외 원격지에서도 같은 모델과 방식의 의료서비스를 활용할 수 있으며, 국내·외 극지의료 정책 수립에 있어서의 관련분야 국내 주도권 확보에도 유리한 고지를 점할 수 있다.

디지털 의료 분야의 발전에도 중요한 기여를 할 것이다. 시공간의 제약을 극복하는 원격 극한지 연구는 학문적, 임상적, 기술적 발전을 도모할 수 있다. 국내외 원격의료 협진 분야의 성장과 확대는 국내 산업 발전에도 기여할 수 있는 분야로, 본 연구는 후발 주자인 국내 산업에 새로운 영역의 초석을 제공할 수 있다.

연구수행 과정을 통한 연구인력 양성에 있어서도 타 분야 연계가 가능한데, 본 연구에서

일부 성과가 있었듯이, 국내 극지의학 및 극지의료 전문가 양성에 중요한 기여를 할 것이며, 연구 데이터의 꾸준한 축적을 통해 극지 환경을 경험한 의료인에 대한 인적 자원 관리와 데이터 관리의 기반을 마련할 것이다.

3. 후속연구의 필요성 및 기술사업화 방안

가. 후속연구의 필요성

본 연구 결과를 바탕으로, 첫째, 극지실용화센터를 기반으로 한 <모의수술 및 사전 교육> 분야의 후속연구가 필요하다. 과거 극지 파견의사 교육을 고도화하는 본 후속 연구는 모의수술 및 처치 프로토콜을 도입하고 AI나 수술용 로봇을 추가하여 더욱 심도 있는 연구개발을 진행할 수 있다. 치료의 정밀도를 높이고, 실제 수술과 유사한 조건에서의 훈련을 가능하게 하여, 극지 파견 의료진의 술기 향상에 기여할 것이다.

둘째, <원격협진 및 의료> 분야에서는 향후 고도화되어 갈 메타버스 플랫폼에 XR 기술을 기반으로 한 원격협진 시스템을 환자 디지털 아바타와 함께 적용하여 활용하는 것이다. 이를 통해 의료진은 원격지의 환자 상태를 보다 정확하고 직관적으로 파악할 수 있으며, 환자의 안전과 치료 커뮤니케이션에 높은 이점을 가져올 수 있다.

셋째, <극지의료 현장 교육훈련> 분야에서는 기존의 단순한 직무교육을 넘어서, 남북극 현장과 실시간으로 연계된 합동훈련 및 교육프로그램 개발이 필요하다. 이러한 극지의료 관련 응급 및 재난 대응 교육프로그램은 극지에서의 의료 상황에 대한 현실감 있는 체험을 제공하고, 의료진과 월동대원들의 극지 적응 능력을 강화하는 데 기여할 것이다.

통신기술의 발전으로 현재 전환점을 눈앞에 둔 극지 의료 서비스의 질을 향상시키고, 극한 환경에서의 의료 대응 능력을 강화하는 데 중요한 역할을 하려면, 또한 연구개발 과제를 통해 도출된 프로토콜과 기술에 대한 사업화를 도모하여 의료기술의 상업적 활용 및 산업적 가치 창출에도 기여할 수 있을 것이다.

나. 기업화 및 기술이전 방안

끝으로 본 연구에서 개발된 XR 기반 원격협진 기술은 의료분야뿐만 아니라 다양한 산업분야에 기술이전이 가능하다. 특히 모의환자 신체 및 시각화 디지털 이미지는 의료 분야에 필요한 맞춤형 기술로 적용 및 변형되어 다양한 환경에서 활용될 수 있다. 예를 들어 메타버스나 디지털 트랜스포메이션에 있어 각 개발 단계마다 얻어지는 결과물의 활용성이 높아질 수 있다. 특히 의료기기 개발, 의료 교육 및 훈련, 임상 연구 등 다양한 분야에서의 응용이 가능하다.

나아가, 가상 신체나 모의 수술 체계는 과학적, 기술적, 사회적, 오락적 속성 또한 가지므로, 교육, 엔터테인먼트 등 타 분야로의 확장 연구가 가능하다. 이러한 시도는 교육과 엔터테인먼트 분야에서 새로운 소프트웨어나 하드웨어의 연구와 제품화를 촉진할 수 있으며, 기술 개발 및 이전의 촉매 역할을 할 수 있다. 예를 들어, 확장현실 매체를 이용한 가족 친구와의 가상 만남은, 기지 월동대원들에게 심리적 지지를 제공하고 안정된 근무 환경을 조성하는 데 도움이 될 수 있다. 이러한 기술의 확장과 이전은 본 연구의 영향력을 넓혀 다가오는 미래에 관련 기술사업화와 산업 발전에도 크게 기여할 것이다.

KOPRI
극지연구소

제 6 장 참고문헌

○ 국내논문

김성권, 최점식 (2014). 구급상황관리센터를 통해 이루어진 해상원격의료. 대한응급의학회지. 25(2): 159-166.

김재민, 박종학, 현수엽, 신용식, 이동우, 김진영, ... & 문성우. (2015). 119 구급대원 직접의료지도체계 구축 및 간접프로토콜에 의한 업무 수행 확대-경기도에서의 경험. 대한응급의학회지 제, 26(4).

박형석, 정진우, 이정욱, 조봉균, 김용인, 김성권, ... 조석주 (2007). 응급의료정보센터를 통해 이루어진 원격 해상선박의료지도. 대한응급의학회지. 18(3): 190-195.

윤대흥, 김선표, 김성중, 조수형,조남수 (2008). 원격 화상 진료가 무의도 주민의 의료 이용에 미치는 영향. 대한응급의학회지. 19(4): 359-365.

정진기, 박진형 (2016). 선박 화재 대응 훈련을 위한 가상 선원 훈련 플랫폼 개발. Journal of Korean Navigation and Port Reserch. 40(4): 189-196.

○ 국내자료

김경호 (2017). 새로운 진료 프로토콜을 이용한 응급실 내원 내과 환자의 진료 결과 변화. 을지대학교 대학원 의학과. 석사학위논문.

박철웅, 정진기, 양현승 (2015). 긴급상황에 대한 가상현실 선원 훈련 플랫폼. 한국항해항만학회 학술대회논문집. 2015(3): 175-178.

소방방재청 (2011). 119 구급서비스 표준지침. 소방방재청.

소방방재청 (2023). 119 구급대원 현장응급처치 표준지침. 소방청.

신재원, 이주섭, 이어진, 이민구 (2014). 남극세종기지 26년간 의료 수요 분석 (working paper)

신재원 (2015). 대한민국 남극세종과학기지 제27차 월동연구대 월동보고서 - 제3장 의료업무. 극지연구소.

윤기범 (2017). 원격 심리상담과 임상심리연구. 제6회 대한극지의학회 초록집. 28-36.

이민구 (2014). 극지의료지원센터 구축 및 극지의료지원 계획 수립에 관한 연구. 극지연구소.

이민구, 이주섭, 신재원, 이어진, 홍종원, 송진원, 강윤규, 김한겸 (2015). 세종기지 26년의 의료소비 양상 - 1988년~2013년 의무기록 및 의료소비자 분석. 제1회 대한극지의학회 초록집. 8.

이어진 (2011). 대한민국 남극세종과학기지 제23차 월동연구대 월동보고서 - 제3장 의료업무. 극지연구소.

KOPRI 극지연구소

이협우, 양현승 (2018). 가상 현실 기반 선박 퇴선 훈련 시나리오 구현. 해양환경안전학회 학술발표대회 논문집. 2018(1): 61-61.

채병도 (2019). 남극장보고기지: 의료현황과 이슈. 제10회 대한극지의학회 초록집. 12-15.

한국의료보건산업진흥원 (2023). 원격의료의 현실과 전망. 보건산업정책연구. 3(2): 8-82.

홍종원 (2006). 대한민국 남극세종과학기지 제18차 월동연구대 월동보고서 - 제3장 의료업무. 극지연구소.

○ 국외논문

Bhatia, A., Malhotra, P., & Agarwal, A. (2013). Reasons for medical consultation among members of the Indian scientific expeditions to Antarctica. International Journal of Circumpolar Health, 72(1), 20175.

Grant, I. C. (2004). Telemedicine in the British Antarctic survey. International Journal of Circumpolar Health, 63(4), 356-364.

Hyer, R. N. (1999). Telemedical experiences at an Antarctic station. Journal of telemedicine and telecare, 5(1_suppl), 87-89.

Ikeda, A., Ohno, G., Otani, S., Watanabe, K., & Imura, S. (2019). Disease and injury statistics of Japanese Antarctic research expeditions during the wintering period: evaluation of 6837 cases in the 1st-56th parties-Antarctic health report in 1956-2016. International journal of circumpolar health, 78(1), 1611327.

Kang, J. M., Cho, S. J., Cho, S. E., Bang, T., Chae, B. D., Yi, E., ... & Kang, S. G. (2022). Mood and Sleep Status and Mental Disorders During Prolonged Winter-Over Residence in Two Korean Antarctic Stations. Nature and Science of Sleep. 1387-1396.

Lugg, D. J. (1998). Telemedicine: have technological advances improved health care to remote Antarctic populations?. International Journal of Circumpolar Health, 57, 682-685.

Lugg, D. & Shepanek, M. (1999). Space analogue studies in Antarctica. Acta Astronautica. 44(7-12):693-699.

Lowe, J., & Warner, M. (2023). Optimising remote health care delivery in Antarctica: a review of the current capabilities utilised in the British Antarctic Territory. International Journal of Circumpolar Health, 82(1), 2230633.

Martin, G., Koizia, L., Kooner, A., Cafferkey, J., Ross, C., Purkayastha, S., ... & PanSurg Collaborative. (2020). Use of the HoloLens2 mixed reality headset for protecting health care workers during the COVID-19 pandemic: prospective, observational evaluation. Journal of medical Internet research, 22(8), e21486.

Mills, G. H., & Mills, C. N. (2008). Challenges of air medical evacuation from Antarctica. Air medical journal. 27(6): 281-285.

Ohno, G., Watanabe, K., Okada, Y., & Higuchi, K. (2012). Practical experience of telehealth between an Antarctic station and Japan. Journal of telemedicine and telecare, 18(8), 473-475.

Otani, S., Ohno, G., Shimoeda, N., & Mikami, H. (2004). Morbidity and health survey of wintering members in Japanese Antarctic research expedition. International Journal of Circumpolar Health, 63(sup2), 165-168.

Otto, C. A., Shemenski, R., & Drudi, L. (2012). Real-time tele-echocardiography: diagnosis and management of a pericardial effusion secondary to pericarditis at an Antarctic research station. Telemedicine and e-Health, 18(7), 521-524.

Siderfin, C. D., Haston, W., & Milne, A. H. (1995). Telemedicine in the British Antarctic survey medical unit. Journal of Telemedicine and Telecare, 1(2), 62-68.

○ 국외자료

Malhotra, P. & Bhatia, A. (2017). Health Care Planning and Delivery in Antarctica: An Analysis of Health Disorders. (2017). Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New Zealand. 22-28.

Barbarito, M., & Naveira, M. L. (2017). Use of E-Communication and its Psychological Influence on Winter-Over. Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New Zealand. 83-88.

Eojin Yi (2017). A Major Winter Over Challenge: Medevac Case Analysis in the Korean Antarctic Station over 28 Years. Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New Zealand. 79-82.

Eojin Yi (2017). Pilot Study: Winter Over Psychological Telecare at the Korean Antarctic Station in 2010. Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New Zealand. 125-126.

Eojin Yi (2018). A 30-year Analysis of the Medical Evacuation Cases in Korean Antarctic Station. POLAR 2018 Open Science Conference (Davos, Switzland). (Oral Presentation #2390)

Kohlberg, E., Wesche, C., Nixdorf, U., & Mengedoht, D. (2017). Development of Telemedicine: A Substantial Contribution to Medical Safety During Winter-Over. Proceedings of the COMNAP Symbosium 2016 Winter-Over Challenges, 109-113.

Ohno, G., Sekiguchi, N., Yoshida, T., Ishizaki, N., Fujimoto, O., & Katsuta, Y. (2017). Medical Management System and Severe Cases in Japanese Winter-Over Situations: Fatal Case, Surgical Operations, and Medical Evacuations. Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New

Zealand. 37-44.

Pattyn, N., Neirinckx, P., Marquis, P., Horne, S., & Hicks, A. (2017). The Limitations of Digital Communication when Dealing with a Medical Emergency in a Remote Location: Lessons Learned from Military and Antarctic Missions. Proceedings of the COMNAP Symposium 2016 (Goa, India). Christchurch, New Zealand. 73-74.

KOPRI
극지연구소

KOPRI
극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소 PAP사업 연구결과보고서 입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 PAP 사업으로 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.