creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

박사 학위논문

의료데이터 가공 및 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화의 효과

Effectiveness of Robotic Process Automation for Medical Data Abstraction and Monitoring of a Hospital Information System

2022 년 8 월

서울대학교 대학원

임상의과학과

정세영

의료데이터 가공 및 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화의 효과

지도교수 백 롱 민

이 논문을 의학박사 학위논문으로 제출함
2022 년 4월

서울대학교 대학원
임상의과학과
정세영

정세영의 박사 학위논문을 인준함
2022 년 7월

위 원 장 _____ 김홍빈 _____ (인)

부위원장 _____ 백롱민 _____ (인)

위 원 _____ 장윤석 _____ (인)

위 원 _____ 이호영 _____ (인)

위 원 _____ 한성호 _____ (인)

초 록

배경: 병원정보시스템 (Hospital Information System, HIS)은 의료서비스를 제공하는 병원에서 생성된 데이터를 전산화하여 진료, 간호, 원무, 행정, 재정, 물류, 인사 업무에 통합적인 서비스를 제공하는 체계나 프로그램을 의미한다. 병원정보시스템이 보급되고 제공하는 기능이 확장되면서 두가지 문제가 발생하였다. 첫번째는 병원정보시스템에서 연구용 데이터를 추출하는 과정이 용이하지 않다는 문제이다. 두번째는 병원정보시스템이 병원 업무를 지원하는 범위가 늘어날수록 병원정보시스템은 무거워지게 되며, 이로 인해 시스템 오류에 취약해지는 문제이다.

연구 목적: 로봇 프로세스 자동화 (Robotic Process Automation, RPA)는 인간이 반복적으로 처리해야 하는 단순 업무를 로봇 소프트웨어를 통해 자동화하는 기술로, 상기 두 가지 문제를 해결할 잠재력을 갖고 있다. 따라서 본 연구는 병원에 도입된 RPA가 의료데이터 가공하고 병원정보시스템의 오류를 모니터링하는 업무를 어떻게 효과적으로 개선할 수 있는지 분석하였다.

연구 방법: RPA 도입의 효과를 분석하기 위해 본 연구는 정량적 방법과 정성적 방법을 모두 사용하는 혼합 분석 방법론 (Mixed methods approach)을 활용하였다. 먼저, RPA 도입 전후로 위암과 유방암 데이터 정제와 병원정보시스템 모니터링에 투입되는 시간을 비교 분석 하였다. 또한, RPA가 병원정보시스템의 오류를 탐지하는 분류기의 성능을 정확도 (Accuracy), 양성예측도 (Positive predictive value), 음성예측도 (Negative predictive value), 민감도 (Sensitivity), 특이도 (Specificity) 로 측정하였다. 다음으로 RPA 도입프로젝트에 참여한 간호직, 개발직, 행정직을 대상으로 PARiHS 프레임워크 기반으로 심층 인터뷰를 진행하여, RPA 도입에 대한 효과와 교훈을 분석하였다.

연구 결과: 연구대상 1개 병원에 적용된 RPA는 56개의 작업을

종단간 모니터링 방법을 통해 하루 4회, 연중 무휴로 점검함으로써 병원정보시스템의 오류를 민감하게 찾아낼 수 있는 기반을 제공하였다. 병원정보시스템의 오류를 탐지하는 분류기의 성능은 정확도 99.5%, 양성 예측도 62.5%, 음성 예측도 100%, 민감도 100% 및 특이도 99.5%로 측정되었다. RPA 도입 전에는 의료정보팀 담당자 16명이 하루에 총 287분의 시간을 투입하여 병원정보시스템의 이상을 수동으로 검사하였지만, RPA 도입 후에는 RPA bot 1개가 일일 4회 77분의 시간을 사용하여 자동으로 병원정보시스템을 모니터링 하게 되어 투입 시간이 73% 절감 되었다. 위암 레지스트리 작성을 위해서 총 70가지 변수를 추출하는데 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출에 소요되는 시간은 RPA 도입 후 74% 절감되었다. 유방암 레지스트리 작성을 위해서 총 83가지 변수에 대해 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출에 소요되는 시간은 RPA 도입 후 30% 단축되었다. 심층 인터뷰 결과 14명의 연구참여자들은 RPA의 가능성에 대해 긍정적인 의견을 갖고 있었으며, RPA가 성공적으로 적용되기 위해서는 병원 환경에서 대상 업무의 프로세스를 명확하게 정의하고 단순 반복할 수 있는 단위 업무를 확실하게 구분하는 것이 중요하다는 통찰을 제공하였다. 설문참여자들은 RPA 도입의 위험 요소로 위양성 경고로 인한 경고 피로 (alert fatigue)를 지적했으며, 이를 극복하기 위한 수단으로 RPA 에서 감지된 이상을 관리하는 거버넌스 체계를 강건하게 설계할 것을 제안하였다.

결론: 의료현장에 도입된 RPA는 투입 자원을 절약하면서, 병원정보시스템을 지속적으로 모니터링하는 업무 효과적으로 수행할 수 있고, 암 레지스트리 데이터를 정제하는데 업무의 시간을 절약시켜 준다.

주요어 : 병원정보시스템, 전자의무기록, 로봇 프로세스 자동화
학 번 : 2018-31166

목 차

제 1 장 서론 1
제 1 절 연구의 배경 및 필요성 1
제 2 절 이론적 배경 13
제 3 절 연구 목적 31

제 2 장 연구 방법 32
제 1 절 연구대상 병원 32
제 2 절 심층 인터뷰를 통한 질적 분석 44
제 3 절 RPA 도입 효과제 대한 정량적 분석 55

제 3 장 연구 결과 55
제 1 절 심층 인터뷰 분석 결과 55
제 2 절 RPA 도입 효과에 대한 정량적 분석 결과 79

제 4 장 고찰 87
제 1 절 연구의 의의 87
제 2 절 연구의 한계점 99

제 5 장 결론 101
제 1 절 요약 및 결론 101
제 2 절 향후 과제 102

참고문헌 102

Abstract 114

표 목차

[표 1-1] 병원정보시스템의 발전과정 2
[표 1-2] 의료현장에 적용된 로봇 프로세스 자동화에 대한 선행연구 8
[표 1-3] 로봇 프로세스 자동화를 도입할 때 고려할 요소 18
[표 2-1] 병원 현장에서 RPA를 활용한 사례 조사 결과 35
[표 2-2] RPA 프로젝트 선정 기준 36
[표 2-3] RPA 프로젝트 선정 기준에 따른 모니터링 대상 업무의 분석 결과 37
[표 2-4] 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화 적용 항목 39
[표 2-5] 시간 별 로봇 프로세스 자동화 봇의 작동 일정 44
[표 2-6] 인터뷰 설문지 46
[표 3-1] 인터뷰 참여자의 특성 55
[표 3-2] PARiHS 프레임워크에 따른 인터뷰 대상자들의 주요 응답 요약 56
[표 3-3] RPA에 대한 사전 지식과 경험 58
[표 3-4] RPA의 기술 도입 환경 (병원정보시스템 모니터링) 60
[표 3-5] RPA의 기술 도입 환경 (암 레지스트리 데이터 정제) 63
[표 3-6] RPA에 대한 태도 65
[표 3-7] RPA에 대한 예상 위험 69
[표 3-8] RPA에 대한 제안 72
[표 3-9] Consolidated criteria for reporting qualitative studies (COREQ): 32-item checklist 73
[표 3-10] 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화의 효과 83
[표 3-11] 위암 레지스트리 작성 소요 시간 비교 84

[표 3-12] 유방암 레지스트리 작성 소요 시간 비교 85

그림 목차

[그림 1-1] 업무 자동화의 범위에 따른 소프트웨어 구분.. 16
[그림 1-2] RPA, iBPMS, iPaaS를 통한 자동화 17
[그림 1-3] 병원정보시스템의 구성..... 20
[그림 1-4] 병원정보시스템과 연동 작동되는 스마트 솔루션 21
[그림 1-5] 서비스 기반 아키텍처의 구성도..... 22
[그림 1-6] 데이터 추출의 과정..... 30
[그림 2-1] RPA 애플리케이션의 구성요소 아키텍처 41
[그림 2-2] RPA 전용 개인용 컴퓨터..... 41
[그림 2-3] RPA를 통한 모니터링 프로세스..... 42
[그림 2-4] 조직의 보고 구조 차트..... 42
[그림 3-1] 병원정보시스템 모니터링의 월별 결과 79
[그림 3-2] RPA가 사전에 발견한 시스템 오류 수정 예시 82
[그림 4-1] 자동화 프로세스 확립을 위한 네 가지 단계 ... 97

제 1 장. 서 론

제 1 절. 연구의 배경 및 필요성

병원정보시스템 (Hospital Information System, HIS)은 의료서비스를 제공하는 병원에서 생성된 데이터를 전산화하여 진료, 간호, 원무, 행정, 재정, 물류, 인사 업무에 통합적인 서비스를 제공하는 체계나 프로그램을 의미한다.[1] 병원정보시스템은 병원 내에서 이루어지는 모든 업무를 지원해야 하기 때문에 다수의 복잡한 프로그램이 통합되어 있으며, 지원 업무의 목적에 따라 임상 정보 시스템 (Clinical Information System, CIS), 검사실 정보 시스템 (Laboratory Information System, LIS), 간호 정보 시스템 (Nursing Information System, NIS), 약국 정보 시스템 (Pharmacy Information System), 의료 영상 전송 시스템 (Picture Archiving and Communication System), 방사선과 정보 시스템 (Radiology Information System), 처방 전달 시스템 (Order Communication System, OCS), 전자의무기록 (Electronic Medical Record, EMR), 재무 정보 시스템 (Financial Information System, FIS), 광역 의료 정보 시스템 (Wide Area Medical Information System, WAMIS), 전자적 자원 관리 (Enterprise Resource Planning, ERP)로 구성된다.[2]

한국에서는 병원정보시스템 중 처방 전달 시스템부터 1990년 이후 보급되어 활용되기 시작하였다. 이후 보건복지부 시범 수가 사업을 계기로 의료 영상 전송 시스템 (PACS)이 급속히 확산되었고,[3] 건강보험심사 평가원의 전산청구심사 사업 및 정책을 계기로, 처방 전달 시스템이 널리 보급되었다.[4,5] 2017년 기준으로, 병원급 의료기관은 90% 이상, 의원급 의료기관은 75%가 처방전달시스템과 전자의무기록을 사용하고 있다.[5] (표 1-1) 미국은 오바마 정부에서 발의한 HITECH 법안을 바탕으로 병원정보시스템을 국가차원에서 보급하였다.[6] 이는 가시적인 결과로 이어졌는데 2008년 기준으로 의원급에서는 17%, 병원급에서는 9% 였던 전자의무의기록 보급률은 2019년에는 각각 96%와 72%에 이르게 되었다.[7]

표 1-1. 병원정보시스템의 발전과정[8]

구분	1980년대	1990년대	2000년대	2010년대	2020년대
대상 업무	보험 청구	OCS 도입/확산 PACS태동	PACS 확산 EMR 태동 ERP 태동	통합의료정보 시스템 DW/CDW 중심 데이터 활용	통합의료정보 시스템 개인건강관리 플랫폼 연동
적용 기술	Single system	Dual system	분산 시스템	분산 시스템	분산 시스템

	(closed system) Point to point DAS	(Open system) Ethernet DAS	Fast Ethernet FDDI DSAN	Gigabit Ethernet SAN, NAS	Cloud AI, ML RPA
병원 조직	원무/보험	병원 전 부문 연동	병원 전 부문 연동	병원 전 부문 연동	병원 전 부문 연동 병원 외 건강관리 서비스와 연동

민경필, IT기반의 디지털병원 현황 및 방향. '표1. 병원정보시스템의 발전' 을 인용/ 변형함

DAS, Direct attached storage; FDDI, Fiber Distributed Data Interface; NAS, Network attached storage; SAN, Storage area network; DSAN, Dedicated storage area network; RPA, ; AI, Artificial intelligence; ML, Machine learning; RPA, Robotic process atomization; DW, Data warehouse; CDW, Clinical data warehouse; OCS, Order communication system; PACS, Picture archiving and communication system; EMR, Electronic medical record; ERP, Enterprise resource planning

하지만, 병원정보시스템이 보급되고 제공하는 기능이 확장되면서 두가지 중요한 문제가 발생하였다. 첫번째는 병원정보시스템이 보급

된 이후에도 기대했던 것만큼 연구용 데이터 추출 과정이 용이하지 않는 문제이다. 병원정보 시스템을 도입하는 병원들은 병원에서 발생하는 정보를 전산화 하게 되면 병원정보를 이차적으로 활용하는데 시간과 비용이 절약될 것으로 기대하였고, 병원정보시스템은 일정부분 그 기대를 만족시켜 주었다. 후향적 의무기록 연구를 진행하려면, 이전에는 의료진이 종이에 기록된 환자의 진료 정보나 검사기록을 일일이 확인하여 기록한 환자 레지스트리 정보가 필요했지만, 지금은 병원정보시스템에 전산화 되어 저장된 정보를 추출하여 가공한 다음에 연구에 활용하게 된다. 하지만, 그런 개선에도 불구하고, 데이터 추출 과정이 기대 했던 것보다 편리하지 않는 문제는 해결되지 않고 있다. 데이터 추출을 위해서는 전산실 직원이 일일이 개입을 해야 하기 때문이다. 이런 상황을 개선하고자, 2000년대 후반부터 임상 데이터 웨어하우스 (Clinical Data Warehouse, CDW)가 개발되어 보급되었다. CDW를 사용하면 연구자는 병원의 전산담당부서에 의료정보 추출을 요청할 필요가 없이, 연구에 필요한 데이터를 직접 추출할 수 있다. 하지만, 이런 발전에도 불구하고, 병원정보의 이차적 활용에는 여전히 어려운 점들이 존재하는데, 그중 추출된 정보를 바로 활용할 수 없는 큰 문제가 있다. 연구가 아닌 진료 목적으로 기록된 데이터이고 바쁜 의료환경에서 기록되기 때문에, 병원정보시스템의 데이터는 80% 이상이 비정형데이터로 기록이 된다.[9] 특히, 의사나 간호사가 기록하는 텍스트 기록은 각종 약어와 영어, 한국어가 혼재되어 있어서 연구를 위해 가공하는데 많은

시간과 비용이 많이 들어간다. 병원 정보의 이차적 활용을 위해 많은 병원들이 CDW도입에 적극적이지만, 추출된 정보를 가공하는데 많은 비용이 드는 문제는 여전히 해결하기 어려운 상태로 남아있다. 병원 정보의 이차적 활용을 용이하기 위해 데이터를 정형화 하는 과정은 인공지능기술을 활용한 병원정보시스템의 지능화에도 중요한 선결 요건이다. [10]

두번째는 병원정보시스템이 병원 업무를 지원하는 범위가 늘어날수록 병원정보시스템은 무거워지게 되며, 이로 인해 시스템 오류에 취약해지는 문제이다. 병원정보시스템에 오류가 발생하면, 환자 진료에 지장을 받게 되기 때고, 최악의 경우에는 환자 안전 사고까지 이어질 수 있어서 이는 치명적이고 중요한 문제이다. 과거의 아날로그 환경에서는 종이로 된 환자 차트가 분실되더라도, 개별 환자 진료에 영향을 줄 뿐 의료기관 전체의 프로세스에 영향을 주지는 못했다. 하지만, 모든 정보가 전산화되어 관리되는 병원정보시스템 환경에서는 작은 오류가 시스템 전체에 영향을 미치는 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제를 사전에 감지하여 해결하고자 의료기관들은 정기적으로 병원정보시스템을 점검하고 있고, 위기대응 시나리오를 만들어 사전 모의 훈련도 진행하고 있다.

병원정보시스템 보급률이 올라간 미국의 상황도 마찬가지이다. 병원정보시스템의 인증을 담당하는 북미 의료정보경영학회

(Healthcare Information and Management Systems Society, HIMSS) 는 최근 병원정보시스템 도입 모델 (Electronic Medical Record Adoption Model, EMRAM)의 최고단계인 7단계 인증에 재해 관리 (Contingency Plan) 기준을 강화하였는데, 이는 병원정보시스템에 문제가 발생했을 때 이전과는 다르게 의료기관이 경험할 수 밖에 없는 재해 상황에 대한 우려가 반영된 결과이다. 하지만, 시스템 차원에서 자원 사용률 (중앙처리장치, 저장장치 사용 현황)을 점검하는 위주로 관리되는 정기 시스템 점검은 병원정보시스템 운영 과정에서 발생할 수 있는 작은 문제를 민감하게 발견하기 어려운 한계가 있고, 재해 훈련은 이미 문제가 발생한 상황을 가정하므로 사전에 문제를 발견하여 해결하는 것보다 효과가 떨어지는 단점이 있다. 만약, 병원정보시스템의 오류나 취약성을 사전에 민감하게 발견할 수 있다면, 마치 광부들이 유독가스에 민감하게 반응하는 새인 카나리아를 이용하여 유독가스에 의한 질식사를 줄였던 것처럼 (Canary in mine), 시스템 오류로 인한 문제를 사전에 감지하여 예방할 수 있을 것이다.

상기 두가지 문제는 표면적으로는 상이한 특성을 갖는 것으로 보이지만, 문제 해결을 위한 관점에서 보면, 중요한 특성을 공유한다. 즉, 발견된 문제를 정확하게 해결하기 위해서는, 시스템 차원 (system level)에서 접근하는 것이 아니라 사용자 단계(end-user level) 에서 문제를 정의하고, 해결 방법을 탐색하는 과정이 필요하

다. 실제 병원정보시스템에서 사용자가 데이터를 입력하는 패턴이나 프로세스를 분석하면, 연구자가 원하는 정확한 정보를 추출할 수 있는 실마리를 찾을 수 있다. 예컨대, 기존에는 연구원이나 의무기록사가 암 레지스트리 데이터를 만들기 위해 병원정보시스템에 접속하여 데이터를 추출하는 반복적인 작업을 매일 30분 이상 수행했다면, 그와 같은 사람의 행동을 모사할 수 있는 기술을 개발하면 데이터를 손쉽게 정제하여 추출할 수 있을 것이다. 병원정보시스템의 기술적 오류를 발견하는 과정도 기존처럼 시스템 차원의 성능 지표를 확인하는 것이 아니라, 사용자 입장에서 매일 수행하는 업무의 소요시간을 초단위로 측정하며 24시간 모니터링 하면 병원정보시스템의 오류로 인한 성능저하를 민감하게 찾아낼 수 있을 것이다.

로봇 프로세스 자동화 (Robotic Process Automation, RPA)는 상기 두가지 문제를 해결하기 위한 잠재력을 갖고 있다. RPA란 인간이 반복적으로 처리해야 하는 단순 업무를 로봇 소프트웨어를 통해 자동화하는 기술로,[11] 이미 여러 산업 현장에서 활용되고 있다. RPA를 사용하면, 사용자 수준에서 직관적으로 문제를 정의하여 사용자의 행동을 모사하는 반복적인 일을 시킴으로써 비용 효과적으로 정형화된 데이터를 추출 하거나 시스템의 오류를 찾아내는 업무를 수행할 수 있다.

RPA는 업무 자동화 기술의 하나로 그동안 다른 산업군에는 적극

적으로 도입이 되어 왔지만, 의료 현장에 도입된 예는 드물다. 특히, RPA가 의료 현장에 도입되었을 때의 효과를 분석한 연구는 거의 없었다. RPA를 의료에 적용한 선행 연구를 아래의 키워드를 조합하여 Pubmed 와 google scholar에서 검색한 결과, 대부분의 연구는 RPA에 대한 개념적인 내용을 정리하면서, 약제 업무, 사물인터넷 데이터 통합, 병원 내 검사 결과 데이터 추출 자동화 등에 RPA를 적용했을 때 얻을 수 있는 예상 효과에 대해서만 보고를 하였고, RPA를 의료 현장에 도입하여 의료 데이터를 가공하거나 업무 과정을 효율적으로 개선하는데 사용했을 때의 효과를 직접적으로 분석하여 제시한 연구는 그동안 없었다. (표 1-2)

- robotic process automation (process automation; robotic automation; automation) and
- healthcare (hospital; health; care)

표 1-2. 의료현장에 적용된 로봇 프로세스 자동화에 대한 선행연구

번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표

1	Thainimit et al.	2021	태국	녹내장	없음
요약					
RPA 프레임워크를 안과 검사 시스템 내 통합하면 수술 비용과 시간이 크게 절감되고, 적시에 치료가 가능하며, 고객 경험을 개선하고, 대규모 인구 녹내장 검사가 가능할 것으로 기대된다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
2	Jerry et al.	2021	미국	COVID-19	업무시간 절감
요약					
RPA는 투여 시간을 하루에 3시간씩 줄였는데, 이는 주당 18시간 또는 연간 936시간에 해당한다. 또한 RPA는 COVID-19 결과 처리 및 감시에 필요한 시간을 상당히 절약했다. 또한, RPA는 수술 부위 감염 감시, PPE 훈련 및 교육, 가이드라인 개발, COVID-19 및 CPE 접촉 추적과 같은 필수 IPC 서비스를 제공하기 위한 자원을 절약시켜 주었다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
3	Kobayashi et al.	2019	일본	없음	업무시간 절감

요약					
본 논문은 소비자 서비스에 RPA를 적용하기 위한 요구사항을 요약하고, RPA를 사용한 노인 소비자 서비스의 몇 가지 예를 제시한다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
4	Shwetha et al.	2021	인도	없음	없음
요약					
이 연구는 RPA가 환자와 의사가 보고서를 더 빨리 받을 수 있도록 돕고 일반 검사를 위해 매번 병원으로 이동하는 시간을 단축한다는 결론을 내렸다. 이 방법은 다른 전통적인 방법에 비해 비용 효율적이고 정확하다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
5	Wang et al.	2020	중국	없음	없음
요약					
RPA와 디지털 기술들은 인간 의사와 대부분의 현재 의료 전문가를 대체하지 않을 것이다. 그 기술들은 인간 의사를 더 나은 위치로 이동시키고, 덜 지루하고더 즐거운 창조적 역할을 가진 새롭고					

더 많은 의료 및 의료 일자리를 창출할 것이다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
6	Soeny et al.	2021	인도	약제	업무시간 절감
요약					
본 논문은 RPA가 처방전을 확인하는 인간의 노력을 줄이고 직원 경험을 개선한다는 것을 보여준다. 우리는 또한 의료 커뮤니티 전반에 대한 처방 데이터의 중요성을 지지하고, RPA를 통한 자동화가 처방 데이터와 관련된 의학 연구를 지원할 것으로 기대한다.					
번호	저자	출판 연도	국가	대상 질환 혹은 업무	결과 지표
7	Zayas-Cabán et al.	2021	미국	없음	없음
요약					
다른 산업에서 워크플로우 자동화를 사용하면 자동화된 워크플로우의 설계, 테스트, 구현, 사용 및 지속적인 모니터링에서 사람, 프로세스 및 기술의 중요한 역할을 고려하여 의료 워크플로우 자동화에 정보를 제공할 수 있다. 다른 산업으로부터 얻은 통찰력은 의료 워크플로우 자동화를 진전시키기 위한 우선 순위를 개략적					

으로 설명하기 위한 국가 보건 정보 기술 조정국의 학제 간 노력에 도움을 줄 것이다.

제 2 절. 이론적 배경

1. 로봇 프로세스 자동화

로봇 프로세스 자동화 협회는 RPA를 다음과 같이 정의한다.[12] RPA는 사용자가 소프트웨어 혹은 로봇을 구성하여 이미 존재하는 거래 업무, 데이터 조작, 다른 디지털 시스템과의 정보 교류를 인지하거나 해석하는 응용 기술이다.

RPA 는 소프트웨어를 기반으로 데이터를 추출하고 파일을 복사하며, 문서를 작성하는 사람의 업무를 모사하는 기술이다. RPA는 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스 (Application programming interface, API)와 사용자 인터페이스 (User interface, UI)를 병합하여 반복 작업을 수행한다. 또한 RPA는 사람의 행동을 따라하는 프로그램 코드를 통해 서로 연결이 안된 프로그램을 연결하여 다양한 업무를 자동으로 수행한다. 선행 연구에 따르면, RPA를 통해 병원 운용 비용의 60% 이상을 차지하는 인건비를 줄일 수 있다.[13] 데이터 입력 같은 단조로운 일을 RPA에 맡기면, 데이터를 수동으로 입력할 때 발생할 수 있는 사람에 의한 오류를 줄일 수 있다. RPA는 저비용으로 도입할 수 있고[14], 쉽게 설치할 수 있으며, 소프트웨어를 크게 수정할 필요가 없다.

기존 워크플로우 자동화 툴은 백엔드 시스템 (backend system)과

통신하기 위해 API(Application Programming Interfaces) 또는 전용 스크립트 언어에 의존했다. 이에 반해, RPA는 소프트웨어와 상호작용할 때 사용자의 동작을 관찰하고 그 동작을 모방한다. 소프트웨어 로봇이 관련된 업무에 인간의 판단이나 창의성이 필요하지 않은 경우 인간 직원이 수행하는 작업을 RPA에 수행할 수 있도록 설계할 수 있기 때문에, 소프트웨어 로봇이 전체 작업을 수행하도록 훈련될 수 있기 때문에, RPA를 사용하면 "가상 직원 (Virtual employee)"를 고용하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, RPA는 사람이 하는 방식과 비슷하게 행동하도록 프로그램 된 디지털 어시스턴트이다.[15]

한편, RPA를 이해하려면, 그동안 산업 현장에서 업무 효율을 높이기 위해 업무 자동화 솔루션을 어떻게 고안하고 개발했는지 살펴볼 필요가 있다. 1970년대부터 일본 기업과 경쟁이 격화되면서, 미국 회사들은 효율성과 경쟁력을 향상시키기 위해 필사적으로 새롭고 혁신적인 접근법을 찾고 있었다. 그런 노력으로 개발된 방법론으로는 식스 시그마 (Six sigma, 통계 기법에 기반한 프로젝트 관리), 린 생산 (Lean production, 도요타의 제조 원리), TQM (식스 시그마와 린 생산의 혼합)가 있다. 이런 일련의 노력을 비지니스 프로세스 자동화 (Business process automation, BPM)라고 하고, BPM을 지원하는 소프트웨어를 BPMS라고 한다.[16]

RPA와 BPM은 개입 비용과 소프트웨어의 복잡성에서 구분이 된다. BPM을 사용하면 개별 작업이 아닌 광범위한 프로세스를 변경하는 것이기 때문에 구현에 훨씬 더 많은 시간과 노력을 필요하다. 또한 상세한 가이드 문서 제작과 교육이 필요하다. 이러한 엄격한 접근 방식 때문에 BPM은 금융 서비스 및 의료와 같이 규제가 심한 산업에 매력적일 수 있다. 그러나 BPM을 위한 소프트웨어는 구조가 복잡해서 혁신적인 기능을 구현하기 어렵고, 민첩하게 개발하여 현장에 적용하기 어려운 단점이 있다. 반면, RPA는 이런 BPM의 단점을 보완할 수 있다. 이때 두가지 접근방법을 선택할 수 있는데, 첫째로, BPM을 구현하여 핵심 프로세스를 크게 개선한 후 RPA로 부족한 부분을 채우는 방법이다. 둘째로, BPM을 구현하기 전에 RPA로 부족한 프로세스를 개선하고, 이후 BPM을 도입하는 방법이다.

가트너 (Gartner) 는 개발 난이도와 업무자동화 범위에 따라서 RPA부터 통합된 업무 자동화 소프트웨어 (integrated Business Process Management Software, iBPMS) 까지의 스펙트럼을 제시하였다. RPA는 왼쪽 끝에 위치하게 되는데, 작업 지향적이며, 각 작업은 일반적으로 몇 초도 걸리지 않는 작업 모음을 자동화하는데 중점을 두게 된다. 이에 반해 iBPMS는 오른쪽 끝에 있으며, 종단간 (End to end) 비즈니스 프로세스에 더 중점을 두고 있고, 전체 비즈니스 프로세스를 모니터링하고 조정하는 것을 목표로 한다.[17] **(그림**

1-1)

그림 1-1. 업무 자동화의 범위에 따른 소프트웨어 구분[17]

현재 RPA를 가장 적극적으로 활용하는 재무 관련 시장에서는 자동화 플랫폼인 RPA, iPaaS (integration Platform as a Service), iBMPS를 다음과 같은 용도로 활용하고 있다.[17]

■ RPA 플랫폼은 한 애플리케이션에서 정보를 복사하여 다른 애플리케이션에 붙여 넣는 등의 단순한 작업과 같이, 통합 인터페이스가 없는 애플리케이션 환경에서 인간이 수행하는 작업을 자동화 한다. RPA 플랫폼은 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스 (Application programming interface, API), 광학 문자 인식, 이미지 인식을 포함한 여러 가지 기술을 사용한다.

■ iPaaS와 같은 통합 플랫폼과 분산 통합 플랫폼은 시스템을 서로

통합한다. 통합 플랫폼은 사람이 개입할 필요가 없는 소프트웨어 시스템에 의한 일련의 상호 작용을 조정하는데 효과적이다.

■ iBPMS는 전사적으로 프로세스를 검색하고, 시각화하며, 모니터링하는 업무를 지원한다. 동시에 보다 빠르고 민첩한 개발 환경을 제공한다. iBPMS는 로우 코드 (low code) 애플리케이션 개발, 통합 플랫폼 및 프로세스 워크플로우를 단일 패키지로 결합한다. (그림 1-2)

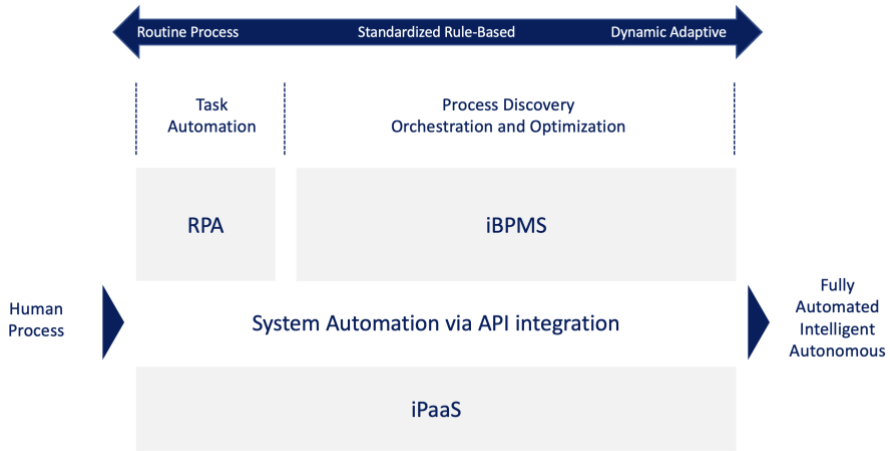

그림 1-2. RPA, iBPMS, iPaaS를 통한 자동화[17]

RPA, Robotic process automation; iBPMS, intelligent business process management systems; iPaaS, integration platform as a service

업무 자동화가 지원하는 업무의 범위와 적용 난이도에 관계 없이

RPA는 사람을 대신하여 적용할 수 있는 기본적인 자동화 기술이다. RPA는 크게 위험 경고 (Alerting), 계산 (Calculation), 데이터 이관 (Migration), 보고 (Reporting), 검증 (Validation) 의 5가지 업무를 지원할 수 있다. 또한 RPA를 적용하기 위해서는 업무의 양 (Volume), 업무 범위 (Scope), 업무 복잡성 (Complexity), 업무 안정성과 예상 가능성 (stability and predictability)를 고려해야 한다.[18] (표. 1-3)

표 1-3. 로봇 프로세스 자동화를 도입할 때 고려할 요소

업무 양 (Volume)	프로세스가 RPA 구현을 정당화할 정도로 자주 발생하는가? 정기적으로 실행되지 않는 프로세스는 투자대비이익 (Return on investment)을 거의 제공하지 않으며, 자동화를 저해하는 예기치 않은 변경 사항이 발생하기 쉽다.
업무 범위 (Scope)	후보 공정의 단계 수를 평가해야 하며, 15개를 넘지 않아야 한다. 프로세스 조합이 아닌 개별 프로세스를 평가해야 한다.
업무 복잡성 (Complexity)	대상 업무는 복잡한 비즈니스 규칙이 없어야 한다. 규칙을 만들기 위한 'if-else" 블록은7개 이상이면 안 된다. 또한 이러한 조건문은

	자동화 프로세스에 의해 해결될 수 있는 형식으로 표현되어야 한다.
업무 안정성 (Stability)과 예상 가능성 (Predictability)	공정이 안정적인지 변경되기 쉬운지 평가해야 한다. 공정이 안정적인지 여부를 식별하려면 계획된 변경 사항 외에 공정을 변경한 이력이 있는지 검토해야 한다. 공정이 안정적이면, RPA를 유지보수 하는데 비용을 줄일 수 있다.

2. 의료 현장에서의 RPA의 가능성

병원정보시스템은 1장 1절에서 언급했듯이, 다양한 병원의 업무를 지원하기 위해 개발된 개별 소프트웨어들이 유기적으로 동작하도록 설계된 플랫폼이다. 병원 정보시스템을 기능적 단위로 크게 분류하면 진료 핵심 기능 (Clinical core), 진료 지원 기능 (Clinical enhancement), 관리기능 (Administration), 부가기능 (Ancillary)로 나눌 수 있다. (그림 1-3)

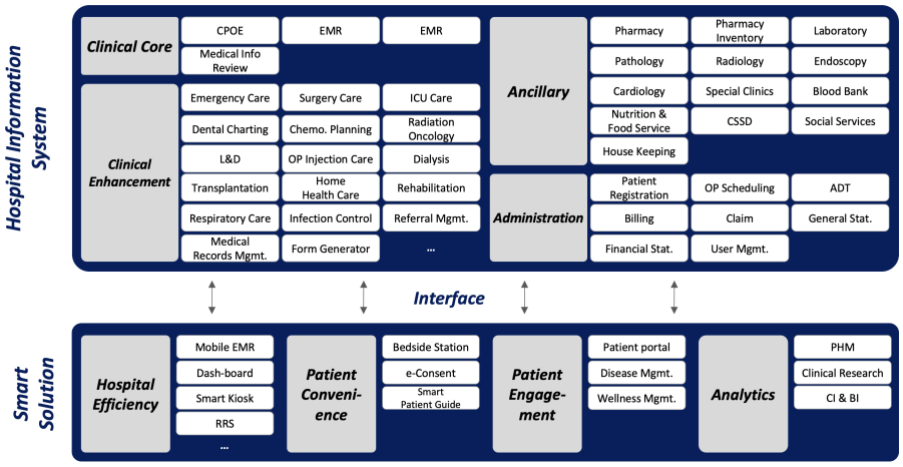

그림 1-3. 병원정보시스템의 구성

특히, 2010년도 이후에는 병원정보시스템에 연동되어 작동하는 스마트 솔루션들이 다양하게 공급되기 시작하였다. 진료 업무를 효율적으로 지원하기 위한 모바일 EMR, 신속 대응 시스템 (Rapid response system)과 환자 편의 향상을 위한 전자 동의서 시스템, 환자 참여를 독려하기 위한 개인 건강 관리 플랫폼, 데이터 분석을 위한 임상 데이터 웨어하우스와 인구집단 건강관리 시스템이 병원정보시스템과 연동되어 작동된다. (그림 1-4)

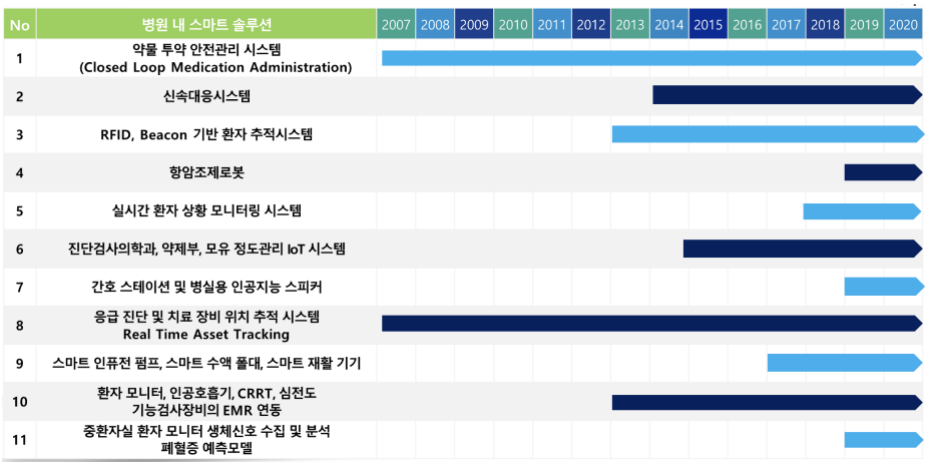

그림 1-4. 병원정보시스템과 연동 작동되는 스마트 솔루션

병원정보시스템이 제공하는 개발 서비스 단위에 주목하는 서비스 기반 아키텍처 (Service oriented architecture, SOA) 관점에서 보면, 병원정보시스템은 병원에서 수행되는 다양한 진료 행위와 업무에서 발생된 데이터를 구분하여 데이터 베이스에 저장하며 (데이터 베이스 레이어), 저장된 데이터를 조회하고, 업무나 진료 결과를 데이터로 기록하는 기본 단위의 서비스를 제공하며 (서비스 레이어), 기본 단위 서비스를 조합하여 외래 환자 진료, 입원환자 진료, 응급 환자 진료와 같은 복잡한 프로세스를 지원하게 된다 (비즈니스 레이어) (그림 1-5)

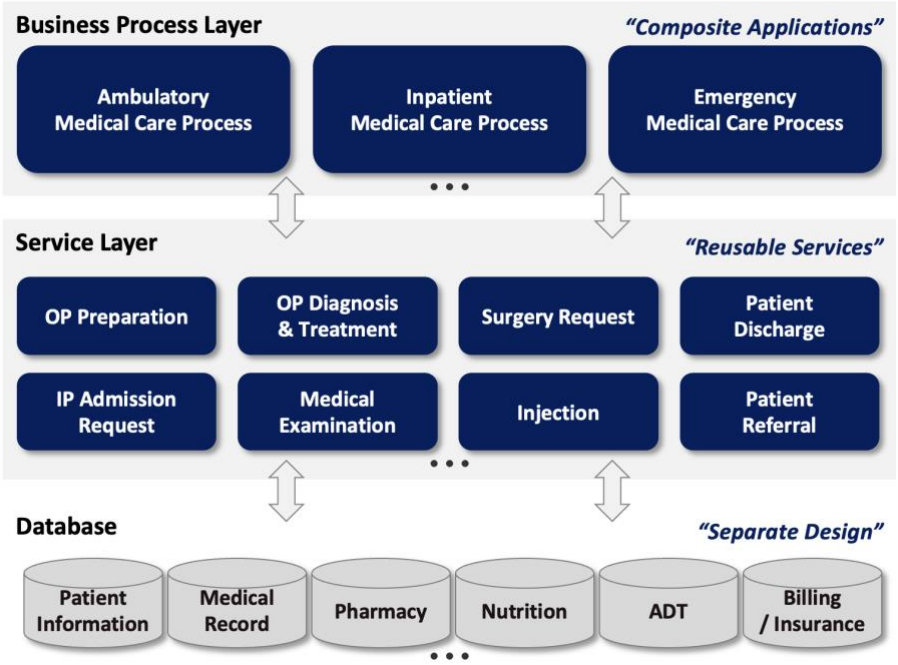

그림 1-5. 서비스 기반 아키텍처의 구성도

병원정보시스템이 제공하는 업무의 기능적 통합 (예: 의사 오더에 따른 원무 수납 후 처방전 발행), 병원정보시스템과 스마트솔루션의 통합 (예: 병원정보시스템의 진료 이력, 진단 이력, 복약 이력을 의료정보표준 HL7 FHIR를 기반으로 개인건강관리 앱과 연동), 서비스 레이어 간의 연동은 API를 통해 서버 투 서버 (server to server)로 통합 할 수도 있지만, 여전히 많은 업무들이 사람이 직접 개입하여 업무를 통합하는 과정을 거쳐야 한다. 왜냐하면 100% 완전한 기계적, 기술적 통합을 하려면, 국제표준 규격을 바탕으로 연동되는 데이터의 의미적 표준화 (semantic standardization)과 연동의 표준화 (interface standardization)가 100% 달성되어야 하

지만, 현실적으로 그것이 불가능하기 때문이다. 예를 들어, 병 의원 간에 진료 정보를 교류할 때, 국제표준 표준규격의 의료정보문서 양식인 HL7 CDA (clinical document architecture)를 사용하여 (연동의 표준화) 진단 이력 (KCD코드) 과 약물사용 이력 (KD코드 혹은 ATC코드) 을 표준용어코드로 주고받는 (의미적 표준화) 국가주도의 진료정보교류시스템이 개발되기 전에는 종이로 된 진료 의뢰서나 진료 회송서에 담긴 정보를 사람이 직접 병원정보시스템에 옮겨 적는 수밖에 없다.

이와 같이 의료 현장에서 서비스 간 통합을 완전 자동화 하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 사람의 개입을 줄이면서 자동화율을 높이는 단계적인 접근 방법이 필요하다. 특히, 병원정보시스템이 백본 (backbone) 플랫폼으로 기능을 하면서, 환자의 일상건강정보를 통합하여 분석하고 예방적 치료를 제공하는 모바일, 사물 인터넷, 인공지능, 클라우드 기반의 미래 의료 환경에서는 처음부터 표준화하기 어려운 다양한 의료 데이터를 병원정보시스템과 통합하여 운영해야 한다. 이런 새로운 기술들은 통합하려면, 병원정보시스템이 강력하고 유연하며 뛰어난 성능으로 유지되면서 새로운 서비스와 데이터를 병원정보시스템과 통합하는 것을 필요로 한다. 따라서, 서비스 간 기계적 통합을 이루기 전에, 사람 수준에서 직관적으로 구현하여 단순하고 반복적인 과정을 통해 직관적으로 업무를 통합할 수 있는 도구가 필요하다.

의료 현장에서 RPA를 효과적으로 적용할 수 있는 첫번째 분야로 병원정보시스템의 안전성 모니터링을 고려할 수 있다. 병원정보시스템은 지속적으로 복잡해지고 있지만, 시스템을 효과적으로 모니터링하기 위한 수단이 거의 없기 때문이다.

실제로 병원정보시스템이 불안정해져서 다운되면 환자의 안전이 위협받게 된다. 선행 연구에 따르면, 병원정보시스템의 다운타임 동안 환자를 식별하고 환자의 임상 정보를 전달하는데 어려움을 겪는 것으로 밝혀졌다.[19] 다른 연구에 따르면, 병원정보시스템이 다운된 동안 매시간 생성되는 환자 관련 보고 지표의 정확성이 떨어졌으며, 시스템이 복구된 후에는 오히려 필요 이상으로 보고가 생성되어 시스템이 부담을 주는 상황이 발생하였다.[20] 따라서, 이런, 병원정보시스템 다운에 대비한 계획을 사전에 수립할 것을 촉구하고 있다.[21]

또한, 2장 2 절에서 언급한 인공지능, 모바일, 사물 인터넷, 클라우드 기반의 최첨단 기술은 병원정보시스템으로부터 새로운 서비스와 데이터를 요구한다. 따라서, 병원정보시스템은 유연하고 뛰어난 성능으로 작동하면서 동시에 안정적으로 작동해야 한다. 하지만, 새로운 기술과 서비스를 통합하는 과정은 필연적으로 프로세스 리엔지니어링을 동반하며, 특히, 최첨단 기술을 통합하려면 관련 프로세스를 재설계하는 과정이 필수적이다.[22,23] 예를 들어, 병원정보시스템에

통합된 예측 AI 모델은 방사선 이미지 분석, 처방 결정, 환자 재입원 조사와 같은 보조 분석 및 의사결정 서비스로 작동하며, 이를 위해 관련 프로세스를 재설계해야 한다. 또한 병원정보시스템과 사물인터넷 플랫폼을 통합하려며 데이터 표준화와 보안 문제를 해결해야 한다. 클라우드 환경의 병원정보시스템 서비스는 다양한 임상시나리오에서 환자와 의료진이 언제나 데이터에 접근하게 하려면 복잡한 보안 메커니즘이 필요하다.[24] 따라서, 첨단 기술이 병원정보시스템에 통합될 수록 시스템의 복잡성이 증가되지만, 첨단 기술의 개발과 활용에 관심을 기울이는 만큼, 새로운 기술을 활용하여 병원정보시스템의 안정성을 모니터링 하는 일에는 관심이 많지 않다.

이런 동적인 의료 환경에서 복잡성을 관리하기 위해, 병원정보시스템에 내재된 불확실성과 예측 불가능성에 대해 그동안 연구가 진행되었다.[25-27] 문제의 핵심은 서비스, 모듈 및 비즈니스 프로세스 간의 상호 영향을 의미하는 병원정보시스템 컴포넌트의 “상호 관련성"이다. 하지만, 여전히 상호 관련성을 측정하기 위한 표준화된 단일 모델은 등장하지 않았고, 하나의 프로세스를 구성하는 컴포넌트를 식별하기 어려운 경우가 많아서, 병원정보시스템의 복잡성 관리는 무시되거나 비체계적으로 수행되었다.

상호 관련성을 확인하거나 시스템의 안정성을 모니터링하기 위해서 시스템 차원에서 시스템 자원의 사용량을 주기적으로 확인하는

기술적인 접근을 할 수도 있지만, 사용자 입장에서 종단간 (end-to-end) 시스템 성능을 모니터링 할 수도 있다. 예를 들어, 애플리케이션 성능 모니터링 (Application performance monitoring, APM)은 사용자 애플리케이션 간의 전송 지연시간 (transaction latency)을 확인하여 시스템의 성능과 안정성을 검사한다. 이렇게 하면 시스템을 점검하기 위한 복잡한 지표를 만들 필요가 없고, 시스템의 변화를 민감하게 측정할 수 있어서 시스템의 문제를 쉽게 확인할 수 있다. 하지만, 사람이 직접 개입하는 APM은 비용이 많이 들기 때문에 그동안 의료 현장에서는 APM 기반의 시스템 모니터링보다는 시스템을 재설계하는 비즈니스 프로세스 관리 (Business process management, BPM) 방법론이 더 널리 적용되었다.[28]

BPM은 비즈니스 프로세스 관리 및 재설계에는 효과적이지만 다양한 전략과 방법이 사용되는 고급 기술로 시스템의 안정성을 모니터링하는 데는 효과적이지 않다.[29] BPM은 비즈니스 프로세스의 패턴을 분석하여 업무 절차를 효과적으로 재설계하는 방법은 제공하지만, 재설계된 시스템을 모니터링 하는 지침을 제공하지는 않는다.

1장 1절에서 언급했듯, 병원정보시스템은 의료 현장의 필요에 의해 개발된 다양한 기능과 목적의 소프트웨어를 통합해 왔으며, BPM의 방법론을 바탕으로 소프트웨어를 재설계하여 반영하였다.[30] 하지만, 위와 같은 이유로 BPM 기반으로 재설계된 소프트웨어는 프로

세스 실행 로그 기록 위주로 시스템의 안정성을 평가하는 도구를 제공할 뿐, 소프트웨어 클라이언트 간의 상호 작용이나, 소프트웨어와 사용자 간의 상호 작용을 모니터링하는 도구는 제공하지 않는다.[30]

의료 현장에 RPA를 효과적으로 적용해 볼 수 있는 두번째 분야는 병원정보시스템이 저장된 데이터를 정제하는 업무이다. 표면적으로 보면, 첫번째로 제안한 병원정보시스템의 안전성 모니터링 업무와 이질적으로 보이는 업무이지만, 업무의 수행과정을 면밀히 분석해보면, 반복적이고 단순한 작업이 인간에 의해 수행되고 있고, 여전히 의료 현장에서 데이터 정제를 위한 강건한 솔루션이 없다는 점을 볼 때 RPA의 효과를 크게 볼 수 있는 분야이다.

병원정보시스템에 기록된 의료데이터는 정형 데이터와 비정형 데이터로 구분할 수 있다. 정형 데이터 (Structured data)란 나이, 성별, 키, 체중과 같이 구분된 데이터 필드에 표준화된 숫자나 기록 양식으로 입력되는 데이터를 의미한다. 이에 반해 비정형 데이터 (Unstructured data)란 사전에 정의된 정보 기록의 표준 방법을 사용하지 않고 주로 텍스트 형태로 기록되는 데이터를 의미한다.[31,32]

실제로 병원정보시스템 안에는 수많은 형태의 비정형 데이터가 존재할 수 밖에 없는데, 표준화된 형태로 데이터를 입력하기까지 시간

이 많이 소요되고, 모든 데이터 항목이 표준화되지 않았기 때문이다. 특히, 한국과 같이 의사 일인당 진료 환자가 많은 환경에서는 진료 시간이 짧을 수 밖에 없기 때문에, 병원정보시스템에 기록되는 데이터를 모두 정형화 해서 기록하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이렇게 기록된 비정형 데이터는 병원정보시스템의 데이터를 이차적으로 활용하는데 지장을 주며, 병원정보시스템을 이용하여 제공되는 서비스의 질을 평가하는데도 주요한 장애가 된다.[32] 특히, 이런 다량의 비정형 데이터로 인해 병원정보시스템으로부터 연구용 데이터를 만들기 위해서는 데이터를 추출하여 가공하는 과정이 필요하며, 미국에서는 실제로 많은 병원들이 데이터 가공을 담당하는 전문인력(Abstracter)를 고용하여 데이터를 가공하고 있다. 국내 병원들은 의무기록팀에서 유사한 역할을 수행하며, 빅데이터 분석 업무의 경우 분석용 데이터를 준비하는데 전체 프로젝트 기간과 비용의 많은 부분을 차지한다.

연구 및 제품 개발을 위해 검색 및 재사용 가능한 데이터 리소스를 만들려면 데이터 준비 작업이 필수적이다.[34-40] 이는 보통, 관계형 데이터베이스를 사용하는 병원정보시스템의 경우 더 복잡한데, 통합 스키마 (unified schema) 의 기준을 충족하기 위해 다양한 소스의 데이터의 구성 및 표현을 변환해야 하기 때문이다.[39,41] 정확하고 자동화된 데이터 통합의 낮은 효율성은 정보 통합의 오랜 장애물이 되어왔다. 이 과정의 많은 단계(예: 의미론적 매핑, 데이터 요

소 재개념화, 의미론적 정렬, 데이터 값 표준화, 큐레이션 등)에는 사람의 개입이 필요했기 때문이다.[38]

이러한 병목 현상을 타개하기 위해 연구자들은 데이터 정제를 위한 기계 학습 메커니즘을 탐구하기 시작했으며,[42] 최근 기계 학습의 발전은 곧 돌파구가 마련될 것임을 시사하고 있다. [43,44] 텍스트를 처리하기 위한 초기 노력[45-47]과 비교했을 때, 통계적 추론과 자체 오류 수정을 결합한 머신 러닝은 정확성과 데이터 처리 능력을 크게 향상시켰다. [48,49]

하지만, 연구개발을 위해 병원정보시스템 데이터를 정제하는데 인공지능과 같은 고급 기술의 도입이 시급하지는 않다. 대부분의 데이터는 사람이 수행하는 반복적이고 단순한 작업으로 정제가 가능하다. 사람이 사용하는 터미널 프로그램을 사용하여, 사람이 직관적으로 명령을 내리는 단순하고 반복적인 작업을 기계가 대신 수행할 수 있으면 병원정보시스템 데이터 정제의 많은 부분을 해결할 수 있다. 이를 이해하기 위해서는 데이터 추출 과정의 본질을 살펴볼 필요가 있다. 데이터를 추출하여 비정형 데이터를 정형화하는 방법은 크게 두가지이다. 데이터 저장소 (data store)인 병원정보시스템에서 데이터를 원본 그대로 추출 (extraction) 하여 후처리하는 방법과 데이터를 추출할 때부터 의미가 있는 데이터 항목별로 추출하여 추출 후 데이터를 바로 사용할 수 있게 하는 방법 (abstraction)

이다. (그림 1-6) 데이터 가공 비용을 줄이기 위해서는 추출단계부터 사전 정의된 항목 별로 데이터 항목에 의미를 부여하는 abstraction 이 유리한데, 실제로 병원에서 연구원이 연구용 데이터로 데이터를 생성하는 레지스트리 데이터 생성 작업이 전형적인 abstraction 과정이라고 할 수 있다. 만약, 사람이 수행하는 data abstraction을 모사할 수 있는 기술이 있다면, 데이터 추출과 정형화를 위한 비용을 줄일 수 있을 것이다.

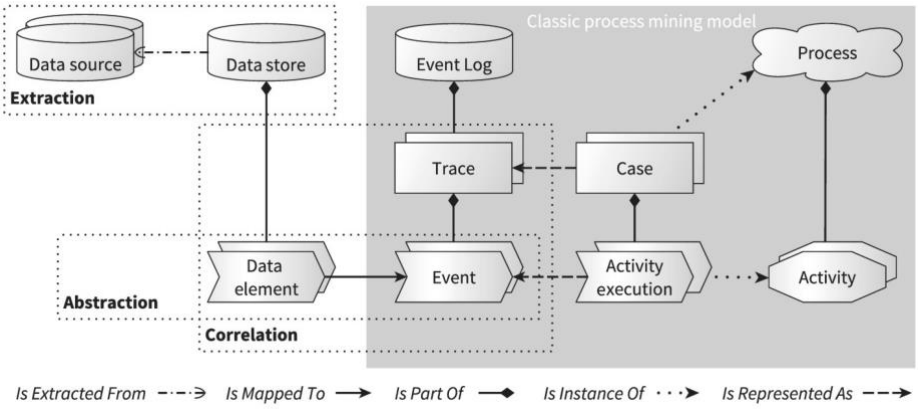

그림 1-6. 데이터 추출의 과정[33]

제 3 절. 연구 목적

따라서 본 연구에서는 자동화 기술인 RPA를 의료 현장에 도입했을 때, 의료 데이터를 가공하고 업무를 효율화 하는데 어떻게 도움이 되는지 분석하고자 한다. 구체적으로는, 병원정보시스템 도입 이후에도 여전히 난제로 남아 있는 연구용 데이터 정제 문제 중 데이터 abstraction의 전형적인 형태인 암 레지스트리 정제와 병원 업무 중 병원정보시스템 모니터링의 문제를 분석하고, 인간의 행동을 모사하는 RPA의 특성을 분석하여, 의료현장에서 상기 두 가지 문제를 해결하기 위한 RPA 활용 시나리오를 제시하고자 한다. 또한, 실제 두 가지 문제를 해결하기 위해 국내 최초로 수도권 1개 3차 병원에 도입된 RPA의 효과를 분석하고자 한다.

ㄴ제 2 장. 연구 방법

본 연구에서는 수도권 3차 병원 1곳에 도입된 RPA의 효과를 분석하기 위해 정량적 방법과 정성적 방법을 모두 사용하는 혼합 분석 방법론 (Mixed methods approach) 을 활용하여 분석하였다.[50] 병원정보시스템 모니터링과 데이터 정제를 위한 RPA의 도입 효과는 개발 참여자를 대상으로 한 심층 인터뷰를 바탕으로 한 질적 분석과 도입 전후의 투입 자원 대비 모니터링과 데이터 정제 효과를 양적으로 분석하였다.

제 1 절. 연구대상 병원

1. 연구대상 병원의 RPA 도입 목적

병원 현장에 도입된 RPA는 다른 산업 현장과는 다른 방식으로 연구 대상 병원의 시스템 관리에 영향을 미쳤다. RPA는 복잡하고 반복적이며 노동 집약적인 작업을 자동화하기 위해 일반적으로 사용되어 왔지만, 사용자 관행이 복잡한 비즈니스 환경에서는 RPA 대상 작업을 정형화 하기 어려웠기 때문에, 병원정보시스템 업무에 RPA를 적용하는데 한계가 있었다. 따라서, 지금까지 RPA를 병원 현장에 도입한 사례는 있지만, 성공사례를 보고한 예는 흔하지 않았다.

연구 대상 병원은 종단 간 성능 모니터링 (End-to-end monitoring) 서비스를 도입해야 했다. 왜냐하면 HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society)에는 예기치 않은 시스템 다운 타임에 대한 대응으로 재해 복구와 관련된 주요 요구사항을 추가했기 때문이다.[51] 이는 시스템 장애에 대한 위기 대응 계획을 사전에 철저하게 준비하는 내용으로 구성되어 있지만, 병원정보시스템이 복잡해 질수록 시스템 장애에 취약해질 수밖에 없는 문제에 대한 인식 또한 반영된 결과이다. 따라서 고품질의 병원정보시스템을 지속적으로 운영하면서 시스템 장애를 막기 위해서 선제적인 시스템 모니터링 수단이 필요했고, RPA는 병원정보시스템 모니터링을 위한 후보 기술 중 하나였다. 기존에 매주 1회 보고하던 어플리케이션 성능 모니터링 (Application performance monitoring, APM)과 한달에 한번 마지막 주 금요일에 진행하던 시나리오 기반의 시스템 종합 점검은 시스템의 작은 오류를 민감하게 발견하기 어려운 단점이 있었다. 사용자 애플리케이션 가용성, 지연시간 및 품질을 점검하는 APM은 시스템을 구성하는 개별 프로그램이나 하드웨어 간의 낮은 데이터 상호 운용성이나 APM 후의 높은 리엔지니어링 비용은 APM을 이용해서 적극적으로 시스템의 이상을 모니터링 하기 어렵게 만들었다. [52,53] 따라서, 정기적인 코드 배포 후 발생할 수 있는 사소한 성능 저하를 감지하려면, 코드 배포 후 문제가 발생한 세션과 전체적인 관점에서 비즈니스 프로세스에 대한 장기적인 성능 데이터를 수집하여 성능 저하 추세를 확인해야

한다.[54]

그동안 병원 관리자는 클라이언트 애플리케이션을 사용하여 비즈니스 프로세스를 중복적이고 비체계적으로 점검해야 했다. 병원 직원이 수작업으로 진행한 시스템 점검은 간헐적으로 진행되었고, 정확도가 떨어질 수 밖에 없었다. 따라서 병원은 RPA의 잠재력을 활용하여 시스템 모니터링의 비용을 줄이고, 사용자의 관점에서 성능을 정의하고 관리하는 방법을 찾고자 하였다.

또한, 연구 대상 병원은 2006년도부터 CDW를 개발하여 운영하고 있다. 병원정보시스템에서 생성되는 데이터는 일 배치 자동화 과정을 통해 매일 연구용 서버에 적재되고 있다. 연구자는 CDW에서 손쉽게 정형데이터를 추출할 수 있으며, 텍스트 위주의 반정형데이터는 키워드를 이용하여 원하는 텍스트가 포함된 기록 전체를 추출할 수 있다. 하지만, 비정형 데이터는 연구자가 스스로 정형화 하는 과정을 거쳐야만 연구에 활용할 수 있어서, CDW에서 데이터 추출 후 연구 분석을 바로 시작할 수 없는 단점이 있었다. 특히, 암 레지스트리 데이터처럼 입력 항목이 많고, 변수의 원천이 반 정형, 비정형 데이터인 경우가 많아서, 레지스트리 작성에 CDW를 사용하지 않고 연구 간호사가 주기적으로 수작업을 통해 데이터를 확인한 후 특정 서식에 입력하는 방법을 사용하였다. 따라서, 연구 대상 병원은 암 레지스트리 데이터 작성 과정 중에서 사람이 반복적으로 수

행하는 단순한 업무를 RPA에 위임하여 시간과 비용을 절약할 계획을 갖고 있었다.

2. RPA를 병원 현장에 도입한 선행 사례 조사 및 대상 프로젝트 선정

RPA 도입의 장기적인 목적은 최종 사용자의 관점에서 병원정보시스템의 전반적인 성능을 관리하기 위한 기반을 구축하고, 암 레지스트리 데이터 정제 과정에서 사람이 수행하는 단순하고 반복적인 작업을 RPA에게 위임하는 것이었다. 선행 사례 조사 과정을 통해, 병원 현장에서 RPA를 도입한 사례를 표 2-1과 같이 정리하였다. 적용 분야는 위험 경고 (Alerting), 계산 (Calculation), 데이터 이관 (Migration), 보고 (Reporting), 검증 (Validation) 의 5가지 기준에 따라 분류하였다.[18] **(표 2-1)**

표 2-1. 병원 현장에서 RPA를 활용한 사례 조사 결과

적용분야	사례
계산	병상 배정 및 입원 업무 예약
보고	간호 미비 기록 점검
	종양 환자 정보 등록
	장기 재원 환자 미비 기록 정리
	보험 심사 평가원 삭감/실적 보고

	상급 종합 병원 외래 경증 비율 보고
데이터 이관	보험 심사 평가원 자료 전송
	산정 특례 등록번호 저장 자동화
	진료 회송서 자동 입력
검증	고위험 시술 기록 미비 점검
	마취 전 환자 평가서 기록 점검

프로젝트 중에는 RPA를 채택하기 위한 표준화된 간단한 프레임워크가 없었기 때문에 참가자들은 RPA 프로세스를 정의하고 개발하기 위해 작업자의 통찰력에 의존해야 했다. 기본 접근 방식은 중요한 비즈니스 프로세스를 시스템 애플리케이션에서 사용자 상호 작용으로 나누어 사용자 관점에서 단계를 분석하고 RPA 프로세스를 개발하는 것이었다.

RPA 대상 프로젝트는 해당 업무의 사용자 수, 프로세스의 의존성, 수정 빈도, 사용자 피드백, RPA 도입 후 예상되는 알림 수, 심각도를 기준으로 선정하였다. (표 2-2)

표 2-2. RPA 프로젝트 선정 기준[18]

속성	설명
사용자 수	매일 프로세스를 수행하는 사용자 수

프로세스 의존성	대상 프로세스에 따라 모니터링되는 기타 프로세스 수
수정 빈도	프로세스에 영향을 주는 소스 코드의 수정 빈도 수
사용자 피드백	성능 저하를 호소하는 사용자의 피드백 빈도
알림 (도입 후)	RPA bot 별 알림 수
심각도	모든 속성을 혼합하는 집계된 인덱스

표 4의 분석 기준에 따라 병원정보시스템 모니터링을 위한 대표적인 대상 작업에 대한 사용자수, 의존성, 피드백, 알림, 심각도를 조사였다. (표 2-3) 사용자 수를 제외한 다른 지표는 10점 만점의 점수로 측정하였으며, 시스템 관리자의 경험을 바탕으로 측정되었다.

표 2-3. RPA 프로젝트 선정 기준에 따른 모니터링 대상 업무의 분석 결과

프로세스	사용자수	프로세스 의존성	수정 빈도	사용자 피드백	알림	심각도
환자 관리	2,044	8	9	7	8	7
오더 발	2,049	7	8	5	0	5

생						
간호 메인	3,460	7	7	6	2	6
약제 검사	245	5	5	7	0	5
영상검사	616	2	4	4	0	3
원무 예약	704	6	5	5	5	4
메인 시스템 접속	11,492	10	1	2	2	6
PASCS 접속	10,380	4	1	4	2	5

환자 선택 프로세스는 시스템 응용 프로그램에서 환자를 선택하는 다양한 루틴을 포함한다. 모든 사용자는 이 입력 프로세스를 통해 특정 환자의 정보에 액세스하므로 사용자의 작업에 따라 수십 가지 루틴을 정의할 수 있다. 외래 환자 선택 프로세스는 과도한 사용, 빈번한 수정, 높은 사용자 피드백 비율, 그리고 가장 중요한 것은 환자 선택을 진입 서비스로 사용하는 다른 많은 프로세스의 높은 의존성으로 인해 특히 높은 심각도 수준을 가지고 있었다. 그 결과,

관리자들은 부서별 차이와 다양한 환자 접근 루틴을 반영하여 프로세스를 다양화하였고, 각 프로세스에 대해 RPA가 위험신호를 보내는 다양한 임계값을 결정하였다.

결과적으로 총 56개의 업무를 RPA를 사용하여 모니터링 하게 되었다. 모니터링 대상 업무에는 사용량이 가장 많은 EMR 접속 및 로그인, PACS 접속 및 워크리스트 조회가 포함되었다. 그밖에 병원의 대부분의 업무를 아우르는 진료, 간호, 원무, 보험, 그룹웨어의 대표 작업들이 포함되었다. (표 2-4)

표 2-4. 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화 적용 항목

구분	모니터링 화면	RPA 적용 화면
EMR	접속 및 로그인	2
	진료 간호	15
	간접 진료	26
	원무	4
	보험	2

PACS	접속 및 워크 리스트 조회	3
그룹웨어	접속 및 로그인	2
VDI	접속 및 로그인	2
총 합		56

3. RPA 통합 과정

개발 과정

시스템 모니터링 RPA 봇을 구현하기 위한 반복 프로세스를 수행하기 위해 운영팀 (Task Force Team, TFT) 이 구성되었다. TFT의 역할은 첫째, 병원 운영 시스템의 비즈니스 워크플로우를 분석하여 RPA 봇을 설계하고, 둘째, 탐지된 성능 이상에 대응하기 위한 프로토콜을 설계하는 것이었다.

RPA 작동 환경

RPA 봇 환경은 모니터링 작업을 수동으로 수행한 직원이 작업하는 환경과 동일하게 구성되었다. 의료정보시스템의 RPA 전용 개인용 컴퓨터에는 RPA 프로그램, VPN 프로그램 1개, 병원 시스템 프로그램 3개가 설치되었다. (그림 2-1과 2-2)

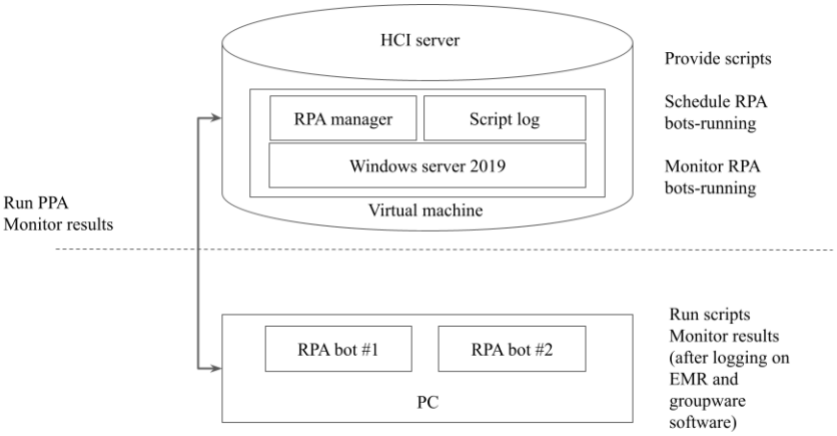

그림 2-1. RPA 애플리케이션의 구성요소 아키텍처

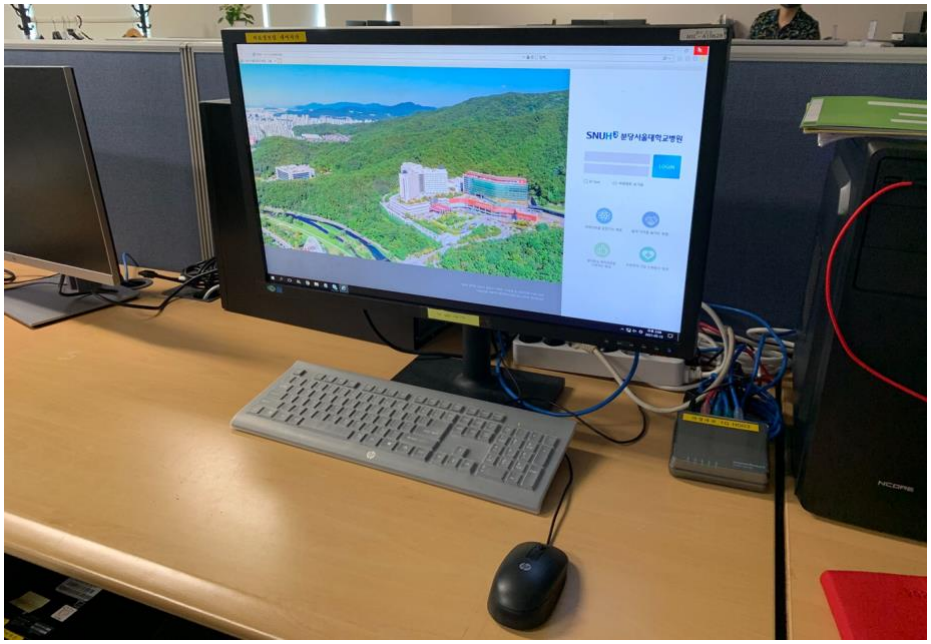

그림 2-2. RPA 전용 개인용 컴퓨터

RPA 프로세스와 관리 체계

RPA 봇은 정기적인 스케줄러 또는 관리자의 전자 메일을 통한 동작 지시에 의해 작업을 시작한다. 병원정보시스템 모니터링의 경우 RPA 봇은 시스템의 18개 모듈과 상호 작용하는 동안 애플리케이션 성능을 추정하고 보고하기 위한 수십 개의 비즈니스 프로세스를 수행한다. RPA의 프로세스 실행은 사용자가 병원정보시스템 프로그램을 사용하는 행위가 유사하다. 예를 들어, 미리 정의된 화면의 특정 부분을 인식하여, 버튼을 클릭하여 필요한 데이터를 요청을 하고, 요청 후 변화가 감지되면 화면의 정보를 해석하여 응답을 얻는다. 작업 중 측정된 성능이 기록되고 최종적으로 엑셀 파일에 기록된다. 마지막으로, RPA 봇은 측정 데이터에서 발견된 심각도와 이상에 따라 보고서를 전자 메일 및 문자 메시지로 시스템 관리자에게 전송한다. (그림 2-3)

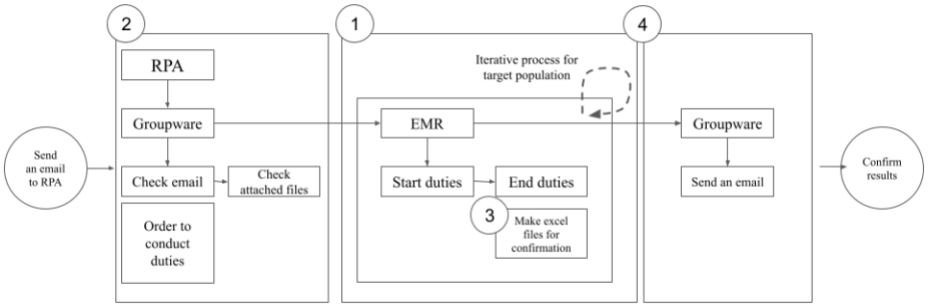

그림 2-3. RPA를 통한 모니터링 프로세스

RPA 봇은 병원 조직의 보고 구조를 따른다. 문자 메시지는 심각한 이상 징후를 경고하는 데 사용된다. 중간 관리자 및 엔지니어가 이상 징후를 조치없이 관찰할 경우 (override) 모든 경고는 병원 최고 정보 책임자(CIO)에게 전달된다. (그림 2-4)

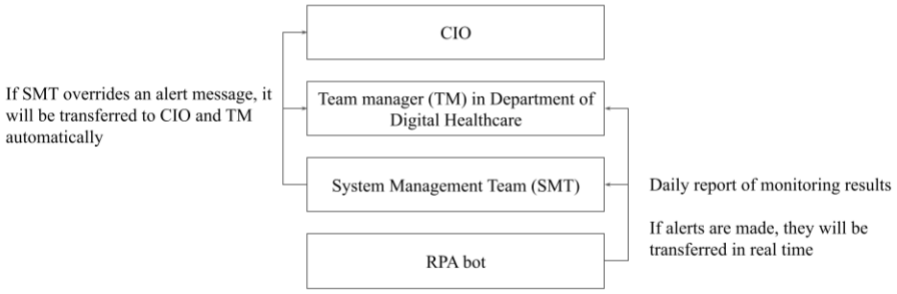

그림 2-4. 조직의 보고 구조 차트

RPA는 표 7과 같이 24시간 동안 정해진 시간에 맞춰 작동을 하도록 설정되었다. 병원정보시스템 모니터링 작업은 시스템 사용량이 많은 오전 8:30, 오전 10:00, 오후 1:00, 오후 14:30에 수행되게 설정되었고, 위암과 유방암 레지스트리 정제 작업은 작업 대상 변수가 대부분 수집 되는 오후 4:00, 오후 6:00에 각각 수행되도록 설

정되었다. 병원정보시스템 모니터링 작업은 연중 무휴로 자동으로 수행되도록 설정되었다. (표 2-5)

표 2-5. 시간 별 로봇 프로세스 자동화 봇의 작동 일정

시간	시스템 모니터링	유방암 데이터 정제	위암 데이터 정제
0:00			
1:00			
2:00			
3:00			
4:00			
5:00			
6:00			
7:00			
8:30	1차 모니터링		
9:00			
10:00	2차 모니터링		
11:00			
12:00			
13:00	3차 모니터링		
14:00			
14:30	4차 모니터링		
15:00			
16:00		유방암	
17:00			
18:00			위암
19:00			
20:00			
21:00			
22:00			

23:00			

제 2 절. 심층 인터뷰를 통한 질적 분석

1. RPA 개발인력을 대상으로 한 심층 인터뷰

1) 연구 대상

RPA를 실제로 운영하는 다양한 이해관계자 간의 기술에 대한 인식을 분석하기 위해 의료 정보팀 간호직, 행정직, 기술직을 대상으로 심층 인터뷰 (in-depth interview) 를 진행하였다.

2) 연구 디자인

본 연구에서는 수집된 인터뷰 자료를 통해 병원정보시스템을 모니터링하고 암 레지스트리 데이터를 정제하는데 RPA가 얼마나 효과적인가에 대해 RPA 운영 관계자의 의견을 정리하였다. 면접 질문을 구성할 때는, 본 연구에서 논의된 주제가 실제 의료 환경에서 어떻게 구현되는지 (즉, 지식을 실제 환경에 적용하는 방법)에 대한 통찰력을 반영하기 위해 개발된 PARiHS (the Promoting Action on Research implementation in Health services) 프레임워크의 방법론을 사용하였다.[55,56] PARiHS 프레임워크는 크게 문헌 또는 지식 기반 증거(증거), 상황에 대한 고려(상황), 연구 세부 사항을 실무에 도입하기 위한 촉진 요소(촉진)의 세 가지 요인으로 구성된다. 이 프레임워크는 도입 기술이 효과적일 것이라는 증거가 실제 환경

에서 성공적인 구현되려면, 그 새로운 기술이 도입되는 장소와 새로운 기술이 도입되는 방법(촉진 요소)과 증거의 질과 관련이 있다고 주장한다. [55,56] 즉, 새로운 기술이나 개념이 성공적인 적용 (Successful implementation, SI) 은 증거의 수준과 종류 (Type and quality of evidence, E), 적용 환경 (Context, C), 촉진 요소 (Facilitation, F) 의 함수로 표현할 수 있다. [SI = f (E,C,F)][57]

본 연구의 궁극적인 목표는, 실제 RPA를 도입한 의료 현장의 경험을 바탕으로 RPA를 병원에서 활용하기 위한 다양한 시나리오를 개발하는데 도움을 주는 것이기에, 인터뷰 참여자들의 의견을 객관화 하여 다른 연구자들이 활용하는데 용이하도록 PARiHS 프레임워크를 사용하였다. 근거 이론과 PARiHS 프레임워크를 바탕으로 각 면접 그룹별로 반구조적 면접 설문지를 개발하였다. 본 연구에서 근거는 인식과 사전 경험으로, 맥락은 기존 문제와 태도로, 그리고 촉진은 위험 인식과 제안 사항으로 세분화되었다. (표 2-6)

표 2-6. 인터뷰 설문지

Evidence	Prior experience 귀하 병원의 시스템 모니터링에 대해 어떻게 생각하시나요? • 귀하 병원의시스템의 성능이 안정적이라고 느끼나요? • 개발자와 사용자 간 모니터링 경험에서 괴리

	가 있다고 생각하나요? 시스템 모니터링에 대해 특별히 공유해줄 경험이 있나요?
Context	Perceptive context 병원 종사자로서 업무 자동화란 무엇이라고 생각하나요? • 당신은 업무 자동화에 어떤 역할을 하고 있나요? • 업무 자동화에 대한 당신의 경험을 자유롭게 설명해주세요 시스템모니터링 프로젝트에서 얻은 두 가지 케이스에 대해 의견을 말씀해주세요 • RPA가 시스템 모니터링에 기여할 수 있을까요? • RPA의 이 시스템 모니터링 프로세스에 대해 한계가 있을까요? RPA란 무엇이라고 생각하나요 • RPA 방식이 기존 업무 자동화와 어떤 점에서 다를까요? RPA로 환자의 기록을 작성하도록 하는 프로젝트에 대해 어떻게 생각하시나요? • RPA는 효과적일까요? • RPA를 적용했을 때 문제가 있을까요? Leadership

	RPA 결과물이 이상적이라면 조직 내에서 어떤 역할을 할까요? Culture RPA를 병원에 효과적으로 적용하기 위해서는 어떻게 해야 할까요? • 어떤 업무가 RPA를 적용하기 알맞을까요? • RPA 프로젝트는 어떻게 운용되어야 효과적일까요? Evaluation 병원에서 업무 자동화에 적합하거나 적합하지 않은 업무가 있을까요? • 그 업무가 적합한 이유가 무엇인가요? • 그 업무가 적합하지 않은 이유가 무엇인가요?
Facilitation	좋은 RPA 결과물은 어떤 특징을 가져야 할까요? RPA가 병원 조직에 어떤 영향을 줄까요? • RPA는 귀하의 병원에 얼마나 기여할 수 있을까요? • RPA의 한계나 부작용이 어떤 게 있을까요? 귀하의 병원이 업무 자동화를 더 잘하기 위해서는 어떻게 해야할까요? 업무 자동화를 잘하는 조직의 특성은 무엇일까요? 지금껏 귀하의 병원의 업무 자동화 역량은 발전해왔나요?

도메인 별 설문지를 사용하여 설문 진행자가 심층 인터뷰를 진행하였다. 설문 진행자는 설문 과정에서 RPA의 기본 개념을 설명하여 연구 참여자들이 적절한 배경지식을 갖고 연구 질문에 답할 수 있도록 했다. 이 연구는 질적 연구의 보고 지침인 COREQ (Consolidated criteria for reporting qualitative research) 기준을 따랐다.[58]

3) 연구 환경

본 연구는 수도권 1개 3차 병원에서 진행되었다. 연구대상 병원은 정부주도의 진료정보교류시스템 사업과 월드베스트소프트웨어 개발사업 등 다수의 의료 정보통신기술 개발사업에 참여한 이력이 있어서,[59-66] 의료 정보팀 직원들이 새로운 의료 정보통신기술을 도입하는데 적극적이다.

참가자 모집에는 목적 추출법(Purposive sampling)과 눈덩이 추출법(Snowball sampling)을 사용하였다. 목적 표본 추출법은 연구자가 자신의 판단에 따라 표본을 선택하는 비확률적 샘플링 방법으로 초기 인터뷰 대상자를 선정하는 사용하였다.[67] 눈덩이 추출법은 더 많은 잠재적 연구 참가자들을 모집하는 비확률적 샘플링 방법이다.

이 방법은 소개의 소개를 받아 계속 연구대상이 표본으로 선택되는 비확률적 샘플링으로서, 모집단에 속하는 연구대상을 찾기 어려울 때 유용하다.[68] 의료정보팀에서 초반부터 RPA 도입 과정에 관여한 의료정보팀 행정직 2인, 개발자 1인을 초기 참여자로 선택하였다. (목적 추출) 이후 인터뷰는 선행 참가자가 추천한 사람을 대상으로 진행 하였다. (눈덩이 추출)

4) 데이터 수집

본 연구의 저자를 포함한 두 명의 연구원이 연구 참여자를 대상으로 대면 인터뷰를 진행했다. 연구원 중 한명은 의사 면허를 갖고 있으며, 의료정보 분야에 8년째 근무해서, 임상과 의료정보 양쪽의 필요를 이해하고 있는 사람이었다. 나머지 한명은 병원정보시스템 개발자로 5년 이상 일한 경력이 있는 사람으로, 주로 병원정보시스템의 임상의사결정 시스템 개발을 맡았다. 연구 참여자들의 인터뷰는 동의를 얻은 후 녹음되었고, 약 30~40분 동안 진행되었다. 참여자와 면접자 이외에는 다른 사람은 참석하지 않았다. 모든 참가자는 자발적으로 동의서에 서명했으며 언제든지 자유롭게 연구에서 탈퇴할 수 있다는 안내를 받았다. 각 세션 동안, 참여자들은 RPA 프로젝트에 대한 경험과 의견을 자유롭게 말하였다. 연구진은 이전 연구를 바탕으로 개발한 면접 가이드라인을 따랐고 분당서울대병원 e헬스 연구팀의 승인을 받았다.

5) 데이터 분석

심층 인터뷰를 녹음한 내용은 전문 전사 업체를 통해 텍스트로 변환하였으며, 변환된 텍스트에 오류가 있는지 두 명의 연구자가 동시에 점검하였다. 그후 각 연구자는 PARiHS 프레임워크의 각 도메인에 해당하는 중요 답변을 코딩하였으며, 코딩 된 내용에 대해 오류가 없는지 반복 점검하였다. 초기에 코딩 된 내용에 이견이 있을 경우 합의에 이를 때까지 토론하였으며, 의견 일치를 보지 못할 경우 제3자를 입회하여 토론을 진행한 후 최종 의견을 도출하였다.

제 3 절. RPA 도입 효과에 대한 정량적 분석

1. 병원정보시스템 모니터링을 위한 RPA의 성능과 효과 측정

이진 분류 테스트를 이용하여 RPA 봇이 보고한 출력 데이터 및 경보 기록에 대한 예측 분석을 수행하였다. RPA 봇은 특정 업무가 미리 설정된 임계 값인 최대 업무 수행 시간이 넘을 경우 경고를 주게 된다. 효과를 평가하기 위해 RPA 봇이 보고한 실제 경고를 수집하였다. 평가를 위한 데이터 소스는 2021년 1월부터 9월까지 704회 수집된 일일 모니터링 데이터이다. RPA 봇의 작업 과정에서 측정된 성능 (업무소요시간) 은 '요청 시간과 응답 시간 사이의 지속 시간' 으로 정의되며, 여기서 요청 시간은 화면에서 사용자의 요

청(예: 버튼 클릭) 순간이고 응답 시간은 화면에서 '적절한' 변경 순간이다. 가져온 데이터가 나타나는 인식 화면과 일반 화면을 비교할 때 이미지 일치율이 90% 이상인지 여부에 따라 RPA 봇은 '적절한' 변화 여부를 결정한다.

RPA 봇이 통보한 경고가 진양성인지 위양성인지 분류하였고, RPA 봇이 감지하지 못한 병원정보시스템의 장애가 있었는지도 확인하였다. 실제 장애와 RPA 경고 여부에 따라 2x2 혼동 행렬(confusion matrix)을 구성하였으며, 병원정보시스템의 장애를 발견하기 위한 RPA봇의 정확도 (accuracy) 민감도 (sensitivity), 특이도 (specificity), 양성 예측도 (positive predictive value), 음성 예측도(negative predictive value)를 계산하였다. 각 지표는 아래의 공식을 사용해서 계산하였다.

$$\textit{정확도}\,(accuracy) = \frac{TP + TN}{\mathrm{TN + FP + FN + TN}}$$

$$\textit{민감도}\ (sensitivity) = \frac{TP}{\mathrm{TP + FN}}$$

$$\textit{특이도}\ (specificity) = \frac{TN}{\mathrm{TN + FP}}$$

$$\textit{양성 예측도}\ (positive\ predictive\ value) = \frac{TP}{\mathrm{TP + FP}}$$

$$\textit{음성 예측도}\ (negative\ predictive\ value) = \frac{TN}{\mathrm{TN + FN}}$$

$TP, True\ positive;\ TN, True\ negative; FP, false\ positive; FN, false\ negative$

또한, RPA 투입 전후로 병원정보시스템 모니터링을 수행하기 위해 투입된 자원과, 자원 대비 모니터링 효과를 분석하였다.

2. 암 레지스트리 데이터 정제를 위한 RPA의 효과

암 레지스트리 데이터 정제 작업은 각 임상 과에 소속된 숙련된 연구원 1인이 각 암종 별로 매일 수행 하는 작업이다. 연구원은 암 치료를 받은 환자의 인구통계학 정보, 암 수술 전 사전평가 정보, 수술 정보, 병리 진단 정보, 수술 후 치료 병력을 병원정보시스템에서 검토하여 사전에 정의된 임상 연구 서식 (Clinical research format, CRF)에 입력한다. 입력 대상 변수 중에는 예/아니오 로 구분이 되는 이진 변수도 있고, 연속형 숫자로 입력되는 변수도 있다. RPA를 도입하면 단순 반복 작업인 이진 변수 확인을 위한 시간을 절감할 뿐만 아니라, 정량적으로 입력되는 숫자도 RPA 정확하게 입력하여 사람에 의한 오류를 줄일 수 있을 것으로 예상하였다. 본 연구에서는 RPA 적용 전후의 입력 대상 변수의 범위 변화와 환자 일인당 데이터 추출 수요 시간을 비교하였다. 분석은 유방암과 위암 레지스트리 데이터 작성을 대상으로 진행하였다.

통계분석은 STATA 16.0 을 사용했으며 유의수준 5%를 통계적 유의성을 판단하는 기준으로 설정하였다. 본 연구는 분당서울대학교 병원 연구윤리 심의위원회(IRB No. B-2206-760-306)의 승인을

받았다.

제 3 장. 연구 결과

제 1 절. 심층 인터뷰 분석 결과

1. RPA 개발인력을 대상으로 한 심층 인터뷰 결과

1) 심층 인터뷰 대상자의 특성

총 14명을 대상으로 심층 인터뷰를 진행하였다. 참여자의 평균 나이는 41.4세 였으며 남성이 64%를 차지하였다. 근무경력은 1명을 제외하고 모두 5년 이상이었으며, 10년 이상 근무한 참여자는 64%에 이르렀다. 의료정보팀에서 간사 역할을 하는 간호직이 14%, 개발직이 65%, 행정직이 21%를 차지했다. 의료정보팀 간사는 임상의 요구사항을 조율해서 개발직에 전달하는 역할을 한다. 행정직은 간호직과 개발직 간의 업무를 조율하는 역할을 하며, 개발직은 실제로 병원정보시스템의 유지 보수에 필요한 개발을 담당한다. **(표 3-1)**

표 3-1. 인터뷰 참여자의 특성

변수	n (%)
평균 나이	41.4
성별	
남성	9 (64%)
여성	5 (36%)
직종	
의료정보팀 간호직	2 (14%)
의료정보팀 행정직	3 (21%)

의료정보팀 개발직	9 (65%)
근무경력	
5년 미만	1 (7%)
5년 이상 10년 미만	4 (29%)
10년 이상	9 (64%)

2) 심층 인터뷰의 결과

PARiHS 프레임워크에서 제안한 3가지 조사 항목인 기술의 잠재력에 대한 증거 (Evidence), 상황에 대한 고려 (Context), 기술을 도입하는데 고려할 촉진 요인 (Facilitator)에 따라 사용자의 응답을 코딩하였다.

PARiHS 프레임워크의 도메인에 따라 인터뷰 내용을 분류하였다. 크게, 기술에 대한 근거로서의 RPA에 대한 사전지식과 경험, RPA를 도입한 기술 환경에 대한 인식, RPA를 도입하기 위한 촉진 요인과 RPA 프로젝트를 성공하기 위한 제안으로 구분하였다. **(표 3-2)**

표 3-2. PARiHS 프레임워크에 따른 인터뷰 대상자들의 주요 응답 요약

PARiHS 구성요소	간호직	행정직	개발직
기술에 대한 근거 (Evidence)			

RPA에 대한 사전 지식	없음	부분적으로 있음	있음
RPA에 대한 경험	있음	있음	있음
기술 도입 환경 (Context)			
병원정보시스템 모니터링 문제	RPA의 위험신호를 보고 의사결정을 하는 거버넌스 중요	RPA의 위험신호를 보고 의사결정을 하는 거버넌스 중요	경고 피로(alert fatigue)에 대한 우려
암 레지스트리 정제 문제	반복적인 입력 작업을 RPA가 대체하면 업무 효율 증가	키워드 추출을 위해서는 임상의사의 협조가 필요	반복적인 입력 작업을 RPA가 대체 하면 업무 효율 증가
RPA에 대한 태도	긍정적	긍정적	긍정적이지만 부정적인 면도 있음
기술 도입의 촉진 요인 (Facilitation)			
예상 위험 요소	RPA가 보낸 위험신호의 처리 결과한 평가가 제대로 이루어 지지 않으면 RPA 도입 효과 저해	RPA가 결정한 판단에 대해 모니터링 할 수 있는 수단 필요	병원정보시스템 화면이나 환경이 자주 바뀌면 RPA 적용 어려움
제안			

	파워유저를 대상으로 한 RPA 고도화	RPA 프로젝트 경험을 바탕으로 RPA 고도화	대상 업무 프로세스 정립이 필요

RPA의 사전 지식과 경험

인터뷰에 응한 대부분의 참가자들은 RPA를 정의하라는 요청을 받았을 때 비슷한 관점을 제시하였는데, 12명의 참가자가 '단순' , 14명의 참가자가 '반복' 이라는 단어를 사용하였다. 즉, RPA에 대해 사전 경험이 충분하지 않는 상태에서, 참여자들은 이미 RPA의 특징에 대해 유사한 직관을 공유했다는 것을 의미한다. 무엇보다도, 참가자들은 RPA 적용 업무의 시나리오를 명확하게 정의해야, RPA의 두가지 특성인 '단순' 과 '반복'이 힘을 발휘한다고 강조하였다. (표 3-3)

표 3-3. RPA에 대한 사전 지식과 경험

직종	의견
간호직	반복적인 어떤 행태를 RPA가 앞 단에서 도와줘서 제가 그걸 3시간이 걸렸던 걸 좀 빨리 30분 정도나 1시간 이내에 만들 수 있도록 도와주는 것 같습니다. 아니면 제가 이걸 다 차트를 열어봐야 되거든요. 차트를 열

	어보고 그걸 하나하나 숫자를 확인해서 표를 만들어야 되는데 그걸 도와주는 역할이라고 생각을 해요. 뭐가 됐든지 간에 그것을 사용하면서 단순하게 반복적으로 하는 작업들, 예를 들어서 지금 의무기록 파트에서 하고 있는 암 레지스트리에 대한 이런 서식 작업을 자동화 한다든지, 여러 서식에서 검사 결과를 불러올 수 있는 연동서비스를 저희가 구현해 드리고, 사람으로 눈으로 찾아서 써야 하는 것은 찾아서 쓰고 이러면서 업무를 다 손으로 차트를 보면서 해야 됐던 부분을 도와주는 것 같습니다.
행정직	RPA는 저희 팀에서 프로젝트를 맡게 되면서 처음 알게 되었습니다. 예전에 컴퓨터 보안을 담당한 적이 있었는데, 데이터를 긁어오는 크롤링 시스템과 RPA가 비슷한 줄 알았는데, 다른 기술도 사용하는 것을 처음 알게 되었습니다. RPA 같은 경우는 병원정보시스템에서 하지 못하는 일들이 있어요. 그게 대표적인 것이 병원정보시스템 모니터링 같은 경우는 별도의 슬러싱이 필요하거나 그 다음에 사람이 할 수밖에 없는 일은 또 존재해요. 그 사

	람이 할 수 밖에 없는 일을 RPA가 대체해주는 것 같습니다.
기술직	사람이 정기적으로 처리하는 단순한 업무에 대해서 훨씬 더 여러 프로세스들이 동시에 그 역할을 수행해 낼 수 있는 그런 것들을 RPA라고 할 수 있을 것 같아요. RPA를 통한 업무의 정형화라는 것은 순서가 있어야 될 것 같고요, 프로세스가 특정 순서대로 정립이 된 그 업무 한도 내에서 RPA라는 솔루션이 도와줄 수 있는 개념이라고 저는 설명할 것 같아요.

기술 도입 환경 (Context) – 병원정보시스템 모니터링

연구 대상 병원은 개원 시부터 정보통신기술 도입에 적극적인 환경을 조성하였다. 이런, 적극적인 기술도입 환경은 RPA 도입에도 영향을 주었고, 실제로 의료정보팀 간호직, 행정직, 기술직 모두 RPA 를 통한 병원정보시스템 모니터링에 대해 긍정적으로 평가하였다. **(표 3-4)**

표 3-4. RPA의 기술 도입 환경 (병원정보시스템 모니터링)

직종	의견
간호직	CDW 에는 지표들이 굉장히 많습니다. 예를 들어,아스

	피린을 언제 적시에 투여를 했는지, 헤파린을 언제 투여를 했는지 그리고 시술을 하고 나서도 뇌졸중, 중환자실에서 또 모니터링하는 지표가 있어요. 그래서 각 단계별로 모니터링하는 지표가 있어서 그걸 굉장히 오래전부터 축적을 해놔서 지표관리가 진료과별로 되고 있고, 혁신팀은 혁신팀대로 중앙지표관리를 하고 있어요. 그래서 저희는 조금 그런 데이터베이스, 오픈할 때 디지털병원으로 해서 그럴 수도 있지만 집행진들도 그렇고 직원들의 전산마인드가 강해서 그런 부분들에 대해서는 좀 잘 이루어진 것 같아요. RPA는 이런 저희 병원의 환경에서, 기존 지표가 해결하지 못하는 부분을 모니터링 해주는 것 같습니다. 그리고, 저희 병원 직원들이 새로운 기술 도입에 적극적인 편이라서, 그런 점이 RPA도입에 도움을 주는 것 같아요. 실질적으로 시스템 오류때문에 연락을 와도 저희가 그것을 일일이 하나하나 확인해야 했어요. 예전에는 “속도가 느리다”고 하면 그것에 대한 로그, 사인공정 확인하고 실제적으로 그것도 공수를 잡고 ‘이게 왜 느리지?’라고 테스트를 해봤어요. 사실 사람에 따라서도 다를 수 있는 것이고. 그러다 보니까 실제로 일일이 손

	으로 다 확인하고, 데이터 쌓인 것을 다 눈으로 확인하고 했던 부분들이 화면별로 저희가 주 화면이라고 생각하는 부분은 RPA를 적용해서 모니터링을 하면서 내용이 엑셀로 딱 오더라고요, 그런 점이 좋은 것 같습니다.
행정직	인프라 시스템 모니터링은 현재는 사람이 직접 화면을 누른 다음에 초를 재요, 눌렀을 때 화면 뜰 때까지 초를 재니까 이것은 사용자 딴에서 실제로 이게 진짜 늦냐, 빠르냐. 아니면 저희가 기준을 정해놨기 때문에 이 화면은 5초 안에 떠야 해요. 그런데 지금은 RPA 에게 중요한 56개 화면을 다 모니터링 하게 지정해서 했기 때문에 저희가 먼저 알아서 먼저 대응이 가능합니다. 그 다음에 개발자들도 당장 지금 자기가 관리하는 화면이 이상 있으면 인프라 모니터링은 특정한 시간에 장애가 나면 얘는 어떤 화면이 장애가 났는지는 알 수 없어요. 인프라, 뭐가 얘가 사용량이 올라갔어요. 이것이지 디테일을 알 수 없어요. 그런데, RPA 모니터링은 디테일하게 어느 화면 자체가 지금 문제 생긴 것인지 알 수 있으니까 저는 굉장히 좋다고 봐요.
기술직	RPA 같은 건 저희가 입장에서 사람들이 볼 수 있는 실제로 작업하는 화면을 뭔가 보면서 모니터링할 수

	있다는 게 약간 RPA가 조금 스크립트보다는 조금 고도화됐다고 얘기를 해야 될까요? 그렇지 않을까라고 저는 생각이 됩니다. 저희가 어떻게 보면 사실 개인적으로 하는 업무도 있고 사실 PACS라는 시스템을 지속적으로 모니터링을 해 줘야 되는 필요가 있는데, RPA를 도입함으로써 어떤 RPA에서 할 수 있는 그런 부분을 자동화하면서 특정 시간대에 저희가 하면 할 수 있는, 사소하지만 중요한 그런 업무를 RPA를 적용을 함으로써 RPA가 지속적으로 그런 화면을 실제로 자동적으로 점검해 줘서 좋은 것 같습니다.

기술 도입 환경 (Context) – 암 레지스트리 데이터 정제

암 레지스트리 데이터 정제 작업은, 양질의 병원정보시스템을 사용하더라도 여전히 효율을 높이기 어려운 업무였다. 간호직, 행정직, 기술직의 인터뷰 내용에도 그런 그동안의 한계에 대한 인식이 있었다. 연구 대상 병원은 암 레지스트리 업무를 RPA와 통합하기 위해 필요한 병원정보시스템 내 암 데이터 관련 서식을 만드는데 의료정보팀이 적극적으로 협조하였다. 또한, 서식에서 특정 데이터를 추출할 때 임상의사들이 적극적으로 참여하는 편이었기 때문에, 임상의

사들의 요구를 정의하여, 프로그램 코드를 만들 필요 없이, RPA를 활용하여 쉽게 데이터를 추출할 수 있게 되었다. (표 3-5)

표 3-5. RPA의 기술 도입 환경 (암 레지스트리 데이터 정제)

직종	의견
간호직	뭐가 됐든지 간에 그것을 사용하면서 단순하게 반복적으로 하는 작업들, 예를 들어서 지금 의무기록 파트에서 하고 있는 암 레지스트리에 대한 이런 서식작업을 한다든지. 이것도 이 서식, 저 서식, 검사결과 이런 것들을 다 가져와서 불러올 수 있는 것은 저희가 연동서비스를 해드려서 자동으로 불러오게끔 하고, 사람으로 눈으로 찾아서 써야 하는 것은 찾아서 쓰고 이러면서 업무를 다 손으로 차트를 하면서 해야 됐던 부분이 RPA가 자동으로 해주는 부분이 좋은 것 같습니다.
행정직	여기에서 제가 원하는 키워드를 추출해서 암 레지스트리에 입력해야 되거든요. 그 과정이 또 굉장히 어렵죠. 진짜 의사 선생님들은 방대한 지식을 본인들이 가지고 계신 거잖아요. 그분들이 가지고 계신 것을 코드화해서 RPA에 넣어야 되는 거잖아요. 그래서 굉장히 어렵죠. 하지만, RPA를 도입한 후에는 그런 코드를 직접 짤 필요가 없어서 좋아진 것 같아요.

기술직	이게 나중에는 암 등록처럼 엄청 큰 건 아니더라도 진짜 사무행정을 하던 사람들은 너무 잡다하다고 생각하는데 반복적인 일을 하는 경우가 분명히 있을 거거든요. 암 레지스트리 정제에 RPA를 적용하는 프로젝트는 좋다고 봅니다. 특정 텍스트에서 뭔가 보고 자료를 특정, 규칙대로 추출할 수 있으면 현업이 이제 어디에 보고를 할 때 보고 자료를 더 수월하게 만들 수 있는 거잖아요. 그런 게 RPA의 장점인 거죠. 단순 반복적인 일을 덜어줄 수 있는 것이죠.

기술 도입 환경 (Context) –RPA에 대한 태도

대부분의 인터뷰 대상자들은 RPA를 통한 자동화를 신뢰하였다. 다만, 간호직 직원은 RPA가 더 개선되려면, RPA에 인간의 경험을 쉽게 이식할 수 있는 분야를 선택해서 RPA를 적용해야 한다는 의견을 갖고 있었다. 또한, RPA가 성공적으로 안착되려면, RPA를 운영하는 조직의 보고 체계를 잘 설계하여, RPA의 위험 신호의 의미를 제대로 인지하고, 문제를 선제적으로 해결하는 과정이 중요하다는 의견이 많았다. (표 3-6)

표 3-6. RPA에 대한 태도

직종	의견
간호직	RPA도 시간이 지나서 똑똑해지면 조금 지금보다는 확장할 수 있겠지만, 지금 단계는 RPA도 공부를 하고 있는 단계라고 저는 생각을 하거든요. 그러니까 RPA를 못 믿는 건 아니고 얘를 똑똑하게 하려면 사람이 가지고 있는 지식을 RPA에 부어줘야 돼요. 그런데 그게 쉬운 영역이 있고 쉽지 않은 영역이 있고
행정직	이전에는, 성능 문제를 해결할 적절한 관리자를 신속하게 찾기가 어려웠습니다. 그러나 이제 RPA가 각 프로세스를 담당하는 각 관리자에게 SMS 또는 전자 메일을 전달합니다. 병원정보시스템 속도는 항상 문제가 되어왔고, RPA는 시스템 모니터링의 패러다임을 바꿀 것이라고 생각합니다. 다만, 각 프로세스 담당자에게 메일이나 문자가 갔을 때, 문제를 인식하고 의사결정을 하는 구조가 중요하다고 생각합니다. RPA를 운영할 때 어려웠던 점은 실제 RPA가 알려주는 문제의 영향을 받는 사용자를 정확히 파악하는 것이었습니다. 그 문제를 찾으려면, RPA를 운영하는 인

	력들의 논의가 필요했고, 이런 점을 보면 RPA의 기술적인 부분 만큼, RPA를 운영하기 위한 거버넌스가 중요한 것 같습니다. 저는 일단 반복적이고 사람의 의사결정에 필요하지 않은, 판단이 필요하지 않은 그런 업무에 RPA를 적용하면 좋을 것 같습니다.. 쉽게 말하면 저희가 업무 중에도 여러 사람들이 하는 업무 중에서 굉장히 생각을 많이 해야 돼서 의사결정 해야 되는 업무가 있고 그냥 생각 없이 그냥 이렇게 하는 업무도 있잖아요. 아마 제 업무 말고 다른 업무도 그런 게 많이 있을 거라 생각해요.
기술직	프로세스에 대해서 RPA가 아까 제가 말씀드렸던 어떤 사이즈의 위치를 찾는다든가 아니면 어떤 아이콘의 글자를 찾는다든가 이런 것들에 대한 적용이나 아까 화면이 갑자기 작아져도 똑같은 아이콘 모양이 있으면 거기에 찾아간다든가, 이런 유연성이 필요할 것 같습니다. 그런 잘 되어 있는 RPA를 괜찮은 RPA라고 생각을 할 것 같아요

	개발하는 사람들이 그런 욕구는 다 있었을 거라고 생각을 해요. 뭔가 출근을 해서 내가 반복적으로 해야 되는 그런 것, 정말 개인적으로는 분당 같은 경우는 운영을 맡고 있는데 아침에 출근을 해서 밤사이에 배치가 돌았는데 결과에 오류가 발견되면, 매일 아침 출근자, 당직자가query를 돌려서 특정 컬럼에 에러가 있는지 없는지 이런 것을 항상 보고 문서를 작성해서 기안을 올리거든요. 이런 업무를 RPA를 통해 없앨 수 있을 것 같아서 기대됩니다.

기술 도입 촉진 요소 (Facilitation) – RPA에 대한 예상 위험

RPA는 사용자가 바라 보는 화면을 동일하게 인식하고 작업을 수행한다. 따라서, 병원정보시스템 화면이 자주 바뀌면, RPA가 업무를 수행할 수 없게 된다. 기술직 직원은 RPA가 문제없이 작동하려면, 병원정보시스템 또한 큰 변경 없이 작동해야 한다는 점을 언급하였다.

RPA운영 간호사는 RPA를 운영하는 조직의 거버넌스가 제대로 설계되지 못했을 때도 RPA 운영의 효과가 반감될 수 있는 점을 지적하였다. RPA 를 통한 시스템 개선 결과를 피드백 할 수 있는 체계가 중요하다고 지적하였다. 또한 RPA를 통해 연동한 서비스들이 예상한 것처럼 작동되지 않았을 때, RPA가 작동 오류를 보일 수 있

으며, 이를 모니터링 하면서 유지 관리할 수 있는 체계가 중요하다는 의견도 나왔다. (표 3-7)

표 3-7. RPA에 대한 예상 위험

직종	의견
간호직	그런데 저는 조금 보완했으면 좋은게 있어요. A는 10초, B는 20초가 걸려서 SMS가 왔단 말이죠. 그러면 계속 그 1단계 경고만 주고 있는데, 그러면 그 문제됐던 애들에 대해서도 얼마나 개선이 됐는지에 대한 타입을 두가지로 나눠야 할 것 같아요. 그래서 통상적으로 그냥 느린... 이거, 이거, 이거 느려. 이 SMS가 있고 한 번 보고가 됐던 SMS 중에서 15초, 20초야. 그럼 얘를 고쳤을 거 아니에요, 개발팀에서. 그러면 그게 얼마나 개선이 됐는지 알 수 있겠죠. 처음에 SMS 오는 거랑 사후에 뭔가 그게 개선 효과에 대한 분류를 나누어서 관리가 좀 필요하지 않을까 생각합니다. 사실 이 RPA 말고 연동서비스를 통해서 할 때 뭔가 값들이 연동이 안 되어 있는 것이죠. 불러오기를 눌렀는데 값이 빈 것이 나온다든지, 아니면 뭔가 이상한 값이 보인다든지 이러면 실제로 이런 수정 작업들이 앞

	에 있었던 부분들이 있어서 연동이 다 끊어지는 경우들이 간혹 있더라고요.
행정직	말 그대로 Cancer registry 외에는 말 그대로 특정 캡처만 하고 되는지 안 되는지만 보는, 일단은 조금 급하게 구현된 구조라고 저는 생각은 일단 하고 있어요. 제대로 하려면 아까 말씀드린 것처럼 실질적인 어디 웹서버 쪽에 호출을 해서 그 웹서비스가 제대로 구동되고 있냐, True/ False 리턴값을 준다든지 그런 식으로 정식적인 연동에 대해서 확인을 하는 게 맞지 않을까 생각합니다. 그렇게 된다면 RPA에 대해 지금 현재 하고 있는 그룹웨어 로그인에 대한 시스템 오류 분석에 대해서는 조금 더 명확해질 수 있겠죠. 현재는 명확하지 않다는 게 제 의견입니다. RPA의 어떻게 보면 저는 문제점이라고 생각하는 것이 내부에 있는 시스템의 값을 리턴 받아서 작업하는 게 아니고 현재는 맨 처음에 말씀드렸던 웹브라우저 띄운 정보를 인식하는 것이죠. 여기에 어떻게 다 떴느냐를 감지하냐 하면 병원 로고가 떠 있느냐, 이미지를 감지하더라고요. 그런데 혹시라도 이미지는 안 뜨더라도 로그인 기능은 다 되는 그런 화면이 떴는데 이 로그가

	만약에 혹시라도 X box가 떴다든지 그랬을 때 이걸 캐치 못해서 장애다, 이렇게 하는 경우가 몇 번 있더라고요. 이런 경우를 확인하려면, RPA가 이상신호를 보냈을 때 그 의미를 파악하고 논의할 수 있는 체계가 중요한 것 같아요.
기술직	시스템 화면이 자주 바뀐다면, RPA 봇 유지 관리도 문제가 될 것 같습니다. RPA는 사람처럼 모양을 인식하지만, 상황에 따라 다를 수 있어요. 봇은 재배치 후 빨간색 버튼을 찾을 수 있지만 색상이나 텍스트가 바뀌어도 버튼을 찾을 수 없는 경우가 발생할 수 있어요. RPA가 위험신호를 보내면, 원인을 계속 트러블 슈팅해야 되니까 거기에 대한 부담감은 좀 있었죠. 지금도 그건 좀 부담은 가지고 있을 거예요. 뭐 PC도 당연히 똑같아야 하겠지만 RPA를 돌리는 환경이 현업마다 다르니까 문제가 될 소지가 있어요. 어떤 사람은 어떤 프로그램을 더 깔아놓고 쓸 수도 있고, 그 프로그램이 이 개발과 간섭이 생겨서 문제가 될 수도 있고. 그러니까 어차피 RPA PC도 완벽하지 않으나 그 괴리감이라고 하면 그 PC 마다 환경이 다른 부분도

	있을 거고, 실제로 그 어플리케이션 프로그램 담당자 하고 서버 프로그램 담당자 하고는 더 큰 괴리가 아마 있을 것 같아요.

RPA에 대한 제안

RPA 를 병원 현장에 성공적으로 도입하기 위해서, 간호직은 RPA 프로젝트를 단계적으로 진행하면서, RPA의 효과를 본 업무를 대상으로 RPA의 기능을 고도화하는 전략을 제안하였다. 행정직은 새로운 RPA 봇을 설계할 때, 선행 경험을 최대한 반영하는 것이 중요하다고 언급하였고, 기술직은 RPA가 내린 결정에 대해 설명력을 제공하는 것이 중요하다고 제안하였다. 또한, RPA 를 미비 의무기록을 찾는 업무에 투입하면 효과적일 것이라는 제안도 있었다. (표 3-8)

표 3-8. RPA에 대한 제안

직종	의견
간호직	그렇다고 모든 부서에 뿌릴 필요는 없고 핵심 멤버들이 브레인스토밍을 해서 적절한 부서와 적절한 곳에 이걸 탑재해서 효과가 있으면 계속 in depth 하게 들어가는 그런 게 좀 개선 포인트인 것 같습니다.
행정직	새로운 봇을 설계 할 때는 아예 과거의 분석을 최대한

	모든 선행 경험을 반영해서, RPA가 이상을 감지할 수 있는 확률을 높이려고 하고 있습니다.
기술직	저는 다른 부분보다 미비 의무 기록을 찾아내는 일을 RPA를 통해서 하면 효과적일 것 같습니다. 저희가, AI라는 게 예외사항들에 대한 것을 리스트 업 해놓고, 복잡한 AI가 아닌 리스트 업 해놓고 담당자가 확인했을 경우에 이것은 이거였다, 이것은 이거였다는 빈도수에 대한 측정을 한 다음에 그 통계치로 RPA가 어느 정도 자기가 우선순위로 뭔가 해놓고 나서 알람을 주든지 이런 약간 개선사항도 있으면 좋지 않을까 생각합니다. 단순히 그냥 멈췄어. 예상치 않은 상황으로 멈췄다고 알람만 주지 말고 멈췄는데 이러이러한 근거로 인해서 이렇게 처리한 다음에 이렇게 처리됐습니다 라고 알람을 줄 수도 있으면 좋겠습니다.

질적연구 가이드라인인 COREQ 에 의한 연구 점검 결과는 표 3-9 와 같다.

표 3-9. Consolidated criteria for reporting qualitative studies

(COREQ): 32-item checklist

No. Item	Guide questions/description	Reported on Page #
Domain 1: Research team and reflexivity		
Personal Characteristics		
1.Inter viewer/facilitator	Which author/s conducted the interview or focus group?	Methods p.32
2. Credentials	What were the researcher's credentials? E.g. PhD, MD	Methods p.32
3. Occupation	What was their occupation at the time of the study?	Methods p.32
4. Gender	Was the researcher male or female?	Methods p.32
5. Experience and training	What experience or training did the researcher have?	Methods p.32
Relationship with participants		
6. Relationship established	Was a relationship established prior to study commencement?	Methods p.32

7. Participant knowledge of the interviewer	What did the participants know about the researcher? e.g. personal goals, reasons for doing the research	N/A
8. Interviewer characteristics	What characteristics were reported about the inter viewer/facilitator? e.g. Bias, assumptions, reasons and interests in the research topic	N/A
Domain 2: study design		
Theoretical framework		
9. Methodological orientation and Theory	What methodological orientation was stated to underpin the study? e.g. grounded theory, discourse analysis, ethnography, phenomenology, content analysis	Methods pp.29−32
Participant selection		
10. Sampling	How were participants selected? e.g. purposive, convenience, consecutive, snowball	Methods pp.29−32
11. Method of approach	How were participants approached? e.g. face−to−	Methods pp.29−32

	face, telephone, mail, email	
12. Sample size	How many participants were in the study?	Results
13. Non-participation	How many people refused to participate or dropped out? Reasons?	N/A
Setting		
14. Setting of data collection	Where was the data collected? e.g. home, clinic, workplace	Methods pp.29-32
15. Presence of non-participants	Was anyone else present besides the participants and researchers?	N/A
16. Description of sample	What are the important characteristics of the sample? e.g. demographic data, date	Results p.49
Data collection		
17. Interview guide	Were questions, prompts, guides provided by the authors? Was it pilot tested?	N/A
18. Repeat interviews	Were repeat inter views carried out? If yes, how many?	N/A

19. Audio/visual recording	Did the research use audio or visual recording to collect the data?	Methods pp.29−32
20. Field notes	Were field notes made during and/or after the inter view or focus group?	N/A
21. Duration	What was the duration of the inter views or focus group?	Methods pp.29−32
22. Data saturation	Was data saturation discussed?	N/A
23. Transcripts returned	Were transcripts returned to participants for comment and/or correction?	N/A
Domain 3: analysis and findings		
Data analysis		
24. Number of data coders	How many data coders coded the data?	Methods pp.29−32
25. Description of the coding tree	Did authors provide a description of the coding tree?	N/A
26. Derivation of themes	Were themes identified in advance or derived from the data?	Results pp.50−67

27. Software	What software, if applicable, was used to manage the data?	Dedoose Methods #8
28. Participant checking	Did participants provide feedback on the findings?	N/A
Reporting		
29. Quotations presented	Were participant quotations presented to illustrate the themes/findings? Was each quotation identified? e.g. participant number	Results pp.50–67
30. Data and findings consistent	Was there consistency between the data presented and the findings?	Results pp.50–67
31. Clarity of major themes	Were major themes clearly presented in the findings?	Results pp.50–67
32. Clarity of minor themes	Is there a description of diverse cases or discussion of minor themes?	Results pp.50–67

제 2 절. RPA 도입 효과에 대한 정량적 분석 결과

1. 시스템 모니터링 경고의 정확도 (Accuracy of alerts)

2021년 1월부터 2021년 9월 15일까지 총 8개월 15일 동안 RPA가 병원정보시스템을 모니터링한 결과를 분석한 결과 총 8번의 위험 경고가 있었다. 이중 5건은 실제로 병원정보시스템에 문제가 있는 진짜 양성 결과였고, 3건은 문제가 없었던 거짓 양성 결과였다. (그림 3-1)

	Predictive Positive	Predictive Negative
Actual Positive	5	0
Actual Negative	3	704

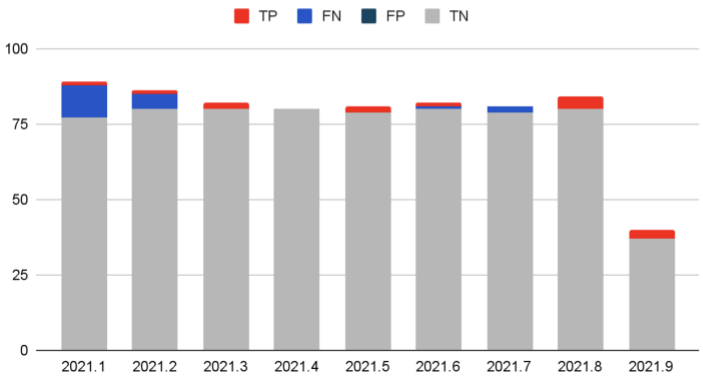

그림 3-1. 병원정보시스템 모니터링의 월별 결과

TP, True positive; FN, False negative; FP, False positive; TN, True negative

분류기는 정확도 (Accuracy) 99.5%, 양성 예측도 (Positive predictive value) 62.5%, 음성 예측도 (Negative predictive value) 100%, 민감도 (Sensitivity) 100% 및 특이도 (Specificity) 99.5%를 기준으로 측정되었다. 모든 성능 저하를 감지하는 것이 목표가 아니라 아니라 심각한 비즈니스 문제를 일으킬 수 있는 주요 사례를 파악하는 것이 주요 목표였기 때문에, 62.5%의 양성 예측도는 관리자에게는 만족스러운 수준이었다. 의료정보팀 행정직이 기대했던 것처럼, 거짓 양성 사례가 적다는 것은 의료정보팀 개발직이 과도한 거짓 경보에 시달리지 않았다는 것을 의미한다. 그러나 이를 위해서는 허용 가능한 양성 예측도를 유지하면서 임계값을 조정해야만 했다. 민감도와 특이도가 모두 높다는 것은 경고 임계값이 보수적이어서 RPA 봇이 대상 프로세스에서 성능 저하의 확실한 증거만 감지했다는 것을 의미한다.

진짜 양성 사례 중에서 아래 두 가지 사례는 정기적인 시스템 점검 절차에서 놓친 문제로, 병원 임상 서비스에 다운타임을 일으킬 수 있었기 때문에 개발자와 관리자 모두에게 의미가 있었다.

2. 시스템 모니터링 경고의 사례 분석

사례 1: 일일 방문 환자수가 많은 부서의 이상 감지

연구대상 병원의 암센터는 모든 과의 암환자가 방문하는 통합 센터로 일일 방문 환자수가 평균 2500 ~ 3000 명이다. 시스템 모니터링을 위한 RPA의 업무 중 병원정보시스템에서 암센터 일일 방문 환자 목록을 조회하는 과제가 있었으며, 3일 연속으로 임계값이 25초를 넘는 값이 기록되었다. RPA 이상 감지 보고 체계 내에 있는 모든 직원이 그 문제를 인지하였으며, 3일 이상 이상 신호가 감지되었을 때, 시스템 오류 가능성을 점검하였다. 오류가 발생된 시점을 전후하여 병원정보시스템에 특이할 만한 점검이나 긴급 빌드는 없었고, 해당 기간 동안 암센터 일일 방문 환자 수가 3000명이 넘는 것을 확인하였다. RPA 담당자는 발견된 문제에 대해 회의를 하였고, 임계값 조정에 대해 고려하였으나, 일일 방문 환자 수가 3000명 이상인 날이 1년에 5% 미만인 것을 확인하고, 임계값 조정 없이 모니터링 하기로 결정하였다.

사례 2: 긴급 프로그램 코드 수정 후 발견된 이상 감지

보험 심사 평가원이 요청한 청구 코드와 관련된 긴급 프로그램 코드 수정 (긴급 빌드)이 15일 오전 9시에 진행되었다. 이후 RPA는 할당된 업무를 완료하는데 소요된 시간이 사전 설정치인 20초를 넘는 사실을 3차례 보고하였고, RPA 담당 행정직과 개발자, 간호사는 해당 문제를 면밀하게 검토하였다. 긴급 빌드 후에 발생한 문제임을 확인하고, 소스 코드를 재점검하였으며, 프로그램 코드에 이상이 발견되어 수정하였다. 수정된 코드를 배포하였으며, 이후 문제는 해결

되어 해당 과제 수행 시간은 다시 20초 이내로 보고되었다. 본 사례에서 발견된 문제는, 프로그램 코드 수정이 빈번하게 일어나는 병원 환경에서 흔하게 발생하는 사례이다. 긴급 빌드 후에 발생하는 2~3초의 프로그램 실행 딜레이는 일반 사용자가 민감하게 발견하기 어려운 차이거나, 발견하더라도 쉽게 무시하고 넘어갈 수 있는 사례이다. 본 사례는 RPA에 의한 엔드 투 엔드 모니터링의 명확한 효과로 볼 수 있는데, RPA가 인간을 대신하여 단순 반복 작업을 수행하고, 수행 시간을 초단위로 측정하였을 때, 시스템 로그 기록으로 발견하기 어려운 문제를 선제적으로 발견하여 해결했기 때문이다. (그림 3-2)

일자	시간구분	걸린시간	환자수
15일	08:30	14:57초	1967
15일	10:30	22:61초	1987
15일	13:00	23:19초	2026
15일	14:30	24:50초	2039
19일	08:30	16:49초	2263
19일	10:30	23:64초	2278
19일	13:40	26:57초	2336
19일	14:30	20:95초	2343
20일	08:30	15:95초	2175
20일	10:30	22:81초	2195
20일	11:05	17:15초	2207
20일	13:40	18:55초	2227
20일	14:30	19:02초	2245
21일	08:30	10:02초	2160
21일	10:30	18:51초	2182
21일	13:40	17:59초	2224
21일	14:30	19:46초	2233

New build was applied to EMR

Problem was identified and fixed

Corrected code was applied to EMR

그림 3-2. RPA가 사전에 발견한 시스템 오류 수정 예시

3. 병원정보시스템 모니터링을 위한 RPA의 업무시간 절감효과

RPA 도입 전에는 의료정보팀 담당자 16명이 하루에 총 287분의 시간을 투입하여 병원정보시스템의 이상을 검사하였지만, RPA 도입 후에는 RPA bot 1개가 일일 4회 77분의 시간을 사용하여 자동으로 병원정보시스템을 모니터링 하게 되었고, 투입 시간은 73% 절감이 되었다. 이외에도 시스템 모니터링 담당자 16명은 절약된 시간인 하루 인당 17.9 분만큼 더 생산적인 업무를 수행할 수 있게 되었다. **(표 3-10)**

표 3-10. 병원정보시스템 모니터링을 위한 로봇 프로세스 자동화의 효과

	도입 전	도입 후	
	담당자 (16명)	RPA Bot (1개)	절감률 (%)
1회 업무시간 (분)	72	19	73%
일일 업무시간 (분)	287	77	

주간 업무시간 (분)	1,433	386	
월간 업무시간 (분)	5,732	1,546	
연간 업무시간 (분)	68,784	18,546	

4. 암 레지스트리 데이터 정제를 위한 RPA의 업무시간 절감 효과

위암 레지스트리 작성을 위한 대상 항목인 총 70가지 변수에 대해 RPA가 적용되었으며 각 임상 과에 소속된 연구원이 평균 19.5 (표준편차 3.0 분) 걸리던 환자 1인당 데이터 추출 작업은 RPA 도입 후 5.1분 (표준편차 1.8분)으로 통계적으로 유의하게 작업시간이 74% 절감되었다. (표 3-11)

표 3-11. 위암 레지스트리 작성 소요 시간 비교

NO.	구분	RPA 적용	입력대상 항목 (적용 항목/총 항목)	평균 소요 시간	RPA 적용 후 평균 소요 시간	p-value

1	Demographic	X 자동연동항목	0/12	19.5 ± 3.0 분	5.1 ± 1.8 분	<0.01
2	Preoperative Evaluation	O	19/28			
3	Operation Record	O	27/34			
4	Pathologic Report	O	24/25			
5	Postoperative	X	0/69			
총 입력대상항목			70/168			

유방암 레지스트리 작성을 위한 대상 항목인 총 83가지 변수에 대해 RPA가 적용되었으며 각 임상 과에 소속된 연구원이 평균 25.4 (표준편차 6.9 분) 소요되던 환자 1인당 데이터 추출 작업은 RPA 도입 후 평균 17.8 (표준편차 5.5 분)으로 통계적으로 유의하게 작업 시간이 30% 만큼 절감되었다. (표 3-12)

표 3-12. 유방암 레지스트리 작성 소요 시간 비교

NO.	구분	RPA 적용	입력대상 항목 (적용 항	평균 소요 시간	RPA 적용 후	p-value

			목/총 항목)		평균 소요 시간	
1	Demographic	O	14/28	25.4 ± 6.9 분	17.8 ± 5.5 분	<0.01
2	Preoperative Evaluation	O	30/34			
3	Operation Record	O	5/9			
4	Pathologic Report	O	19/20			
5	Postoperative	O	15/30			
총 입력대상항목			83/121			

* α : RPA 미적용 항목 및 재검증 소요시간

제 4 장. 고찰

제 1 절. 연구의 의의

본 연구에서는 병원정보시스템의 암 레지스트리 데이터를 정제하고 시스템을 모니터링 하는 업무를 RPA를 도입하여 개선한 효과를 혼합 분석 방법론을 사용하여 밝혔다. 이는 병원 현장에 적용한 RPA의 효과를 분석한 최초의 연구이다. 연구대상 1개 병원에 적용된 RPA는 56개의 작업을 종단간 모니터링 방법을 통해 하루 4회, 연중 무휴로 점검함으로써 병원정보시스템의 오류를 민감하게 찾아낼 수 있는 기반을 제공하였으며, 시스템 성능 저하 분류기의 성능은 정확도 (Accuracy) 99.5%, 양성 예측도 (Positive predictive value) 62.5%, 음성 예측도 (Negative predictive value) 100%, 민감도 (Sensitivity) 100% 및 특이도 (Specificity) 99.5%로 측정되었다. RPA 도입 전에는 의료정보팀 담당자 16명이 하루에 총 287분의 시간을 투입하여 병원정보시스템의 이상을 수동으로 검사하였지만, RPA 도입 후에는 RPA bot 1개가 일일 4회 77분의 시간을 사용하여 자동으로 병원정보시스템을 모니터링 하게 되었고, 투입 시간은 73% 절감이 되었다. 따라서, 시스템 모니터링 담당자 16명은 절약된

시간인 하루 인당 17.9 분만큼 더 생산적인 업무를 수행할 수 있게 되었다. 위암 레지스트리 작성을 위해서 총 70가지 변수를 추출하는데 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출은 RPA 도입 후 작업시간이 74% 절감되었다. 유방암 레지스트리 작성을 위해서 총 83가지 변수에 대해 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출은 RPA 도입 후 30% 작업시간이 단축되었다. PARiHS 프레임워크를 이용한 심층 인터뷰 결과 14명의 연구참여자들은 RPA의 가능성에 대하 긍정적인 의견을 갖고 있었으며, RPA가 성공적으로 적용되기 위해서는 병원 환경에서 대상 업무의 프로세스를 명확하게 정의하고 단순 반복할 수 있는 단위 업무를 확실하게 구분하는 것이 중요하다는 통찰을 제공하였다. RPA 도입의 위험 요소로는 위양성 경고로 인한 경고 피로 (alert fatigue)를 지적했으며, 이를 극복하기 위한 수단으로 RPA 에서 감지된 이상을 관리하는 거버넌스 체계가 중요하다는 사실이 밝혀졌다.

그동안 환자의 건강 결과를 개선하는데 RPA를 도입한 선행 연구는 거의 없었다. 질환을 관리하는데 RPA를 도입하면 효과적일 수 있다는 제안을 한 보고는 있었지만, 실제로 RPA를 도입한 후의 효과를 입증한 연구는 없었다. Thinimit et al.은 녹내장을 스크리닝 하는데 RPA의 효과를 분석하였고 안과 선별 시스템 내에 RPA 프레임워크를 통합하면 수술 비용과 시간이 크게 감소하고, 적시 치료가 가능하며, 환자 경험을 개선하고, 대규모 집단 녹내장 선별이 가능

할 수 있다고 보고하였다.[69] Jerry et al.은 항생제 감수성 결과를 분석하는데 RPA를 도입한 효과를 보고하였다.[70] Kobayashi et al.은 노인 돌봄을 위한 로봇에 RPA를 적용하는 사례들을 제안하였다. [71] Shwetha et. al은 원거리에 있는 심장질환자의 활력 징후를 모니터한 데이터를 입력하는 과정을 RPA로 자동화 얻을 수 있는 효과에 대해 보고하였다.[72]

그밖에 병원의 물류, 청구, 행정, 인사, 원무 업무 과정을 개선하는데 RPA가 도움을 줄 수 있다고 제안한 연구들은 있지만, 실제 RPA의 효과를 입증한 연구는 거의 없었다. Liu et al.은 시뮬레이션 시나리오를 통해 RPA로 병원의 물류를 개선할 수 있는 가능성이 있다고 보고하였다. [73] Kim et al.은 병원에서 보험심사평가원에 의료비를 청구하기 전 자가 점검하는 절차에 RPA를 도입한 효과를 분석하여 발표하였다. [74] Ratia et al.은 의료 현장에서 RPA를 도입했을 때의 효과에 대해 인터뷰 연구를 진행하였고, 행정, 인사, 원무 관리에 도움을 줄 수 있다고 결론을 내렸다. [75]

본 연구는 RPA를 1개 병원 현장에 실제로 적용했을 때, 두가지 대표 업무에 대해 어떤 효과를 얻을 수 있는지 입증하였다. 특히, 병원정보시스템의 안정성을

모니터링 하는 업무는 하루 4회, 365일 연속해서 자동으로 수행되는 작업으로, 병원 현장에서는 전례가 없었던 시스템 모니터링 방법

이다. 마치, 광부들의 안전을 위해 하루에 4번 광산을 스스로 방문하여 유독가스가 있는지 확인하고 돌아오는 이전에는 존재하지 않았던 카나리아 새와 같다. 경고를 스스로 보내는 RPA 분류기의 성능도 괄목 할만 하다. 특이도 99.5%와 음성 예측도 100%는 RPA가 이상 신호를 보내지 않으면 매우 높은 신뢰성으로 시스템 관리자가 안심을 할 수 있다는 의미이다. 민감도 100%와 양성 예측도 62.5%는 RPA가 시스템의 이상을 매우 민감하게 찾아내며, 실제 위험 신호를 보냈을 때, 이상이 있을 가능성도 62.5%에 이른다는 의미로, 위험신호가 오면 관리자가 철저하게 점검을 해야 한다는 결론을 내릴 수 있다. 양성 예측도는 사전 확률로 통합되는 예측 대상 사건의 발생률에 영향을 받는다. 즉, 발생률이 높은 사건일 수록 양성 예측도가 올라가게 되므로 양성 예측도의 의미를 파악하려면 대상 사건의 발생률과 비교를 해야 한다. 따라서, 본 연구에서 주목한 만한 점은 측정된 양성 예측도가 9개월의 기간 동안에 측정된 시스템 오류의 발생률을 훨씬 상회 한다는 점인데, 실제 수행된 712회의 모니터링 중 실제 시스템 오류가 총 5회 발견되었기 때문에, 시스템 오류 발생률은 0.7% 이며 62.5% 의 양성 예측도는 실제 오류 발생률의 89배에 이르는 높은 정확도이다. 정리하면, 실제 RPA가 위험 신호를 보내면 이는 실제 오류 발생률의 89배 정도로 민감하고 정확하게 발견하여 보낸 신호이기 때문에, 시스템 관리자는 시스템 오류에 대해 면밀하게 점검해야 한다는 의미이다.

또한 본 연구에서는 실제 발생한 두가지 사례를 통해, RPA가 감지한 시스템 오류에 대해 어떤 방식으로 대응을 할 수 있는 살펴보았다. 첫번째 사례는 사전에 정의된 모니터링 업무를 RPA가 수행하는데 소요된 시간이 임계값을 넘었을 경우 의료정보팀 보고체계가 작동하여 어떻게 효과적인 조치를 취했는지 보여준다. 연구 대상 병원의 통합 암센터는 일일 외래 방문 환자수가 2500명에 이른다. 외래 방문 환자 수가 많으면 시스템의 부하가 늘어나게 되며 이는 시스템의 성능 저하로 직결될 수 있다. 병원정보시스템으로 수행할 수 있는 과부하 작업 중에서 암센터 외래 환자 전체를 조회하는 작업을 RPA의 대상작업으로 설정하였고, 모니터링 업무를 시작해서 끝내는데 (종단간 모니터링. End-to-end) 설정한 시간은 25초였다. 그런데, 실제로 해당 업무를 수행하는데 25초가 넘는 상황이 수차례 발생하였고, RPA는 위험 신호를 그림 9에 제시된 위험 보고 대상자에게 모두 전달하였다. 일차적으로는 시스템 관리자 (개발직) 선에서 위험 신호가 반복적으로 발생하는지 모니터링 하였고, 위험 신호가 지속적으로 발생하는 것을 인지한 후에는 의료정보최고책임자가 참석하는 회의에 정식 안건으로 올렸다. RPA 담당 직원들이 모두 참여하여 면밀하게 해당 사례를 검토한 결과 위험 신호의 원인이 될 만한 특이할 만한 사건은 없었고, 외래 방문 환자수가 며칠 동안 평소보다 10% 이상 증가한 것을 확인하였다. 연간 외래 환자수를 확인해본 결과 외래 환자수가 증가하는 것은 일시적을 것이라고 판단하여, 임계값의 조정 없이 모니터링 하기로 결론을 내렸다.

본 사례는 RPA의 위험 신호가 시스템의 급격한 변화나 오류로 인한 위험을 의미하지는 않았으나, 외래 환자 수가 특정 숫자 이상으로 증가하였을 때, 시스템의 성능이 저하될 수 있는 중요한 사실을 발견한 경우이다. 즉, RPA의 위험 신호가 즉각적인 시스템 수정을 요구하지는 않지만, 장기적인 관점에서 시스템을 개선할 때, 외래 환자수 증가에 맞게 시스템의 하드웨어 사양이나 프로그램 코드를 개선해야 하는 점을 시사한다.

두번째 사례는 RPA가 시스템 오류를 민감하게 감지하여, 긴급 소프트웨어 코드 수정 후 발생한 문제를 신속하게 해결한 경우이다. 해당 사례는 보험 심사 평가원이 요청한 청구 코드와 관련된 긴급 프로그램 코드 수정 (긴급 빌드)이 병원정보시스템에 적용된 후 발생하였다. 이후 RPA가 할당된 업무를 완료하는데 소요된 시간이 사전 설정 임계값인 20초를 넘는 사실이 수차례 보고되었고, RPA 담당 행정직과 개발자, 간호사는 해당 문제를 검토한 후 긴급 빌드 후에 발생한 문제임을 확인하고, 소스 코드를 재점검하였으며, 프로그램 코드에 이상이 발견되어 수정하였다. 본 사례는 프로그램 코드 수정이 빈번한 병원 환경에서 흔하게 발생하는 사례로, 긴급 빌드 후에 발생하는 2~3초의 프로그램 실행 딜레이를 RPA가 발견하여 선제적으로 문제를 해결한 경우이다. 이때도, 그림 9에서 제시된 보고 체계가 작동하였는데, RPA가 위험 신호를 보내기 전후에 긴급 빌드가 이루어진 상황을 신속하게 파악하여, 의료정보책임자의 지시

하에 수정 코드의 오류를 발견하여 문제를 선제적으로 해결한 사례로 이전에 사람이 개입하여 수행하는 시스템 점검 절차에서는 쉽게 무시되거나 발견하기 힘든 사례이다.

심층 인터뷰 참여자들은 RPA가 병원 현장에서 성공하는 촉진 요건으로 RPA가 발견한 이상 신호에 대응하는 거버넌스 체계가 중요하다고 강조하였다. RPA가 기존의 방법으로는 찾지 못한 병원정보시스템 오류를 민감하게 찾아내는 만큼, 발견된 문제의 원인을 분석하고 필요한 조치를 취하는 체계를 사전에 구성하는 것이 중요하다. 특히, 이는 인터뷰에서 언급된 RPA도입의 위협 요소와도 연관이 되는데, 프로그램에 의한 위험 신호의 과부하 (Alert fatigue) 는 병원 직원들의 업무를 오히려 방해할 수 있기 때문에, 위험 신호를 보내는 임계값을 유연하게 조정하는 노력이 필요하다. 실제로, 병원정보시스템이나 병원정보시스템과 연동되어 운영되는 임상의사결정 시스템의 위험 신호 과부하로 인한 직원이나 의료진의 소진과 피로를 발생시킨다. 선행연구들에 따르면, 의사들은 약물의 알레르기나 고위험 약물에 대한 임상의사결정 시스템의 경고 중 90% 이상을 무시 (override) 하는 경향이 있다.[76-79] 또한, Kruse et. al은 체계적 문헌고찰 연구를 통해 병원정보시스템 도입 후 의사들은 문서작업과 병원정보시스템 내의 업무 때문에 자율성이 감소로 상실감이 증가하고 있으며, 이는 일과 삶의 균형이 부족해지고, 스케줄이 대한 통제력이 줄어들어, 피로나 동료들과의 관계악화까지 이어질

수 있다고 보고하였다.[80] 이는 정보통신기술을 이용하여 병원 현장의 업무를 개선하려고 했을 때, 사용자가 겪을 수 있는 피해를 시사하는데, 이런 위험에 사용자가 반복적으로 노출이 되면, 사용자의 순응도가 떨어질 수 있어서[81,82], RPA를 시용한 시스템을 설계할 때 반드시 고려해야할 요소이다.

암 레지스트리 데이터를 작성하는 업무에도 RPA는 효과를 보였다. 레지스트리 작성을 담당한 연구원들의 업무를 완전히 대체하지는 못했지만, 연구원들이 일하는 시간의 17~50% 를 RPA가 절감시켜 주었다. 단순 반복적인 업무를 RPA가 대신 함으로써, 담당 연구원들은 RPA가 작성한 데이터를 최종 확인하고, RPA로 입력하기 어려운 수술 후 정보를 추가로 입력만 하면 되도록 업무 프로세스가 개선 되었다. RPA를 암 레지스트리 데이터 정제에 활용하게 된 과정을 보면, PARiHS 프레임워크 기반의 심층 인터뷰 질문으로 통해 얻게 된 통찰이 실제 사례에 적용되는 과정을 확인할 수 있다. 성공적인 기술 도입은 기술에 대한 사전 지식과 기술을 적용시키는 환경과 기술 도입을 지원하는 촉진 요소에 의해 결정된다. 연구 대상 병원에 RPA를 도입하기 전에 RPA 운영과 관련된 대부분의 담당자들은 RPA의 기술적인 특징이나 가능성에 대해 잘 알지 못했지만, RPA 도입 프로젝트에 참여하면서 RPA에 대한 사전지식을 쉽게 습득할 수 있었다. 또한, 적용 대상 업무인 암 레지스트리 정제 작업은 시작부터 끝까지 개별 단위 업무가 잘 정의되어 있어서, RPA를

적용시키기에 용이한 환경적 여건을 제공해 주었다. 그리고, 레지스트리 작업을 하던 연구원들은 적극적으로 RPA를 활용하였고, RPA 기술지원을 담당한 의료정보팀 직원들은 프로젝트가 성공할 수 있도록 기술적인 지원을 지속적으로 제공하였다. 이런 노력들이 더해져서, 연구대상 병원의 환경에 맞는 암 레지스트리 데이터 추출을 위한 RPA 기반의 업무 프로세스가 정의될 수 있었으며, 이는 실제적인 업무시간 절감 효과까지 이어질 수 있었다.

연구대상 병원에 적용된 RPA는 실행 흐름 제어 기능 (조건, 반복 등), 광학 문자 인식 기술 (Optical Character Recognition, OCR), 규칙 기반의 텍스트 확인 기술, 이미지 패턴 매칭 기능을 제공한다. 각각의 개별 요소 기술로 보면, 획기적이거나 최신 기술은 없지만, RPA에 요구된 기능을 수행하기 위해 필요한 기술들을 최적으로 통합하여 사용하는 점을 알 수 있다. 병원 업무를 효율적으로 개선하기 위해서도 비슷한 접근법이 필요하다. 소프트웨어 간에 혹은 하드웨어 간에 직접 통신을 하면서 수행하는 업무 과정 중에는 사람의 개입이 필요 없다. 하지만, 병원에서 사용하는 소프트웨어는 사람의 개입이 필요 없을 정도로 완벽하게 통합되어 있는 경우는 흔치 않은데, 병원에서 수행하는 업무의 종류가 다양하고, 그만큼 그 업무들을 지원하는 프로그램의 종류도 다양해서, 사람의 개입 없이 각 프로그램이 수행하는 기능을 통합하는 것이 어렵기 때문이다. RPA는 이런 소프트웨어 간의 혹은 소프트웨어와 사람 간의 간극을 메

꿔 줄 수 있다. 예를 들어, 인공지능 소프트웨어를 병원정보시스템과 연동하려면 기존에는 시스템 통합 (System integration, SI) 방식으로 병원정보시스템과 인공지능 소프트웨어를 연동시켜야 했다. 그렇지 않을 경우 사용자는 독립형 (standalone) 방식으로 앱이나 웹이 구현된 인공지능 소프트웨어에 접속해서 결과 수치를 얻기 위한 필요 변수를 일일이 입력해야 한다. RPA를 사용하면 이런 절차가 간편해 질 수 있는데, 시스템 통합을 하지 않더라도, 사용자의 행동을 모사하는 RPA의 기능적 특성을 사용하여, 인공지능 소프트웨어를 실행하여 필요한 변수를 입력하고, 원하는 결과를 얻기까지의 과정을 자동화할 수 있기 때문이다.

병원의 업무를 자동화 솔루션 도입으로 개선하는 방법에 대해서는 그동안 약제부와 진단검사의학과의 업무를 개선하는 방법에 대한 연구가 주로 진행되었다. James et al. 은 병원 약제부에서 약물을 불출할 때 불출 자동화 시스템 (Automated dispensing system, ADS) 을 적용하였을 때, 불출 효율이 증가하고 불출 사고를 줄일 수 있음을 보고하였다.[83] Batson et al.은 ADS의 효과에 대한 체계적 문헌고찰을 수행하였고,현재까지의 연구 결과를 종합하면 약물 관련 프로세스를 개선하기 위해 ADS를 도입하는 것을 권장해야 한다고 보고하였다.[84] Angeletti는 진단검사 의학과 업무에 자동화 솔루션을 도입하여 검사 결과 보고 시간을 줄일 수 있음을 보였다. [85]

본 연구에서 보인 RPA를 사용한 병원 업무의 자동화는, 이와 같은 개별 업무 부서 수준의 자동화가 다른 의미를 갖는데, 사용자의 행위를 모사하는 RPA를 사용하면 소프트웨어 간 혹은 소프트웨어와 하드웨어 간 연동 표준이 확립되어 있지 않더라도, 인간이 수동으로 소프트웨어를 실행해서 데이터를 조회하고 확인하고 필요한 곳에 데이터를 입력하는 행위를 RPA가 그대로 모사할 수 있기 때문이다. 가트너에 따르면 병원의 업무 자동화는 4가지 단계로 진행될 수 있다. 자동화로 달성하고자 하는 목표를 설정하고, 대상 업무 프로세스를 새로 디자인하며, 새로 정의된 단위 업무에 사용할 자동화 도구를 선택하여 자동화를 실현한 후 수익 증대나 비용 절감 혹은 고객 만족도 향상이나 업무 오류 감소 같은 결과를 측정하는 과정을 거칠 수 있다.[86] (그림 4-1)

달성하고자 하는 비즈니스 목표 설정	프로세스 리디자인	자동화 도구 선택	결과 평가
새로운 작업 방법	확대	RPA	수익 증가
새로운 서비스	변경	Analytics	고객만족도 향상
참여율 제고	제거	NLP	비용 절감
새로운 사업영역	은폐	OCR	오류 감소
비용 절감		Biometric	
효율 개선		AI	
		Machine Learning	
		Chatbots / Voice Bots	
		iBPM	
		Low-code	

그림 4-1. 자동화 프로세스 확립을 위한 네 가지 단계

그 과정 중에 RPA는 낮은 수준의 자동화 도구로서 기능하게 되지만, RPA로 대체할 수 있는 개발 단위 업무만 명확히 정의된다면, 어떤 자동화 도구 와도 연동하여 활용할 수 있는 가능성을 갖고 있으며, 어떤 시나리오에서도 활용할 수 있는 잠재력을 갖고 있다.

제 2 절. 연구의 한계점

본 연구는 몇 가지 한계점을 갖고 있다. 첫째, 본 연구는 병원 현장에서 실제로 적용된 RPA의 사례를 분석하고 그 효과를 혼합 분석 방법론을 통해 제시한 최초의 연구라는 장점이 있지만, 동시에 이는 연구 대상 1개 병원에서 입증된 사례라서 일반화하기 어려운 단점도 존재한다. 즉, 본 연구에서 입증한 RPA의 효과에 대한 외적 타당도 검증이 다른 병원에서도 필요하다. 하지만, 본 연구 대상 병원에 적용한 방법론은 다른 병원이나 의료 현장에도 큰 어려움 없이 적용할 수 있는 방법이다. 즉, RPA 적용 대상이 되는 업무의 단위 업무를 명확히 정의하고 RPA로 대체할 수 있는 부분을 발견하는 것이다. 또한, RPA의 가능성과 한계를 프로젝트 참여자가 명확

하게 인식하도록 지원하며, RPA 운영 중의 의사 결정을 위한 거버넌스 체계를 마련하여, 경고 피로를 줄이고, 적시에 선제적으로 개입하는 과정이 필요하다는 점이다. 기술적으로 보면, RPA는 사용자의 행동을 모사하므로 어떤 형태의 소프트웨어도 통합시킬 수 있는 가능성이 있다. 이런 이유로, 1개 병원에서의 효과를 검증한 본 연구의 결과는 다른 병원에 쉽게 적용하여 검증하는 것이 가능하다. 둘째, 본 연구에서는 RPA 도입 후 암 레지스트리 데이터 정제와 병원정보시스템 모니터링 업무에서 나타난 시간 절감 효과에 대해서는 정량적으로 제시했지만, 비용 절감 효과를 제시하지는 못했다. RPA의 효과를 확실하게 파악하기 위해서는 비용-효과 분석이 향후에 더 필요할 것이다. 셋째, 본 연구에서 사용한 심층 인터뷰 방식의 정성적 평가 방법은 인터뷰 연구가 갖는 한계를 내재적으로 갖고 있다. 소수의 참여자를 인터뷰했기 때문에 인터뷰 대상자들의 편향된 의견이 반영되었을 가능성이 있다. 하지만, 본 연구는 그런 정성적 연구의 한계를 극복하고자, 인터뷰 질문을 구성하는 단계부터 선행연구에서 많이 사용된 PARiHS 프레임워크를 활용했으며, 참여자에게 가능한 객관적인 정보를 얻기 위해, 반 구조화된 질문지를 사용하여 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰 내용을 정리하는 과정에서도 연구자의 편향을 배제하기 초기에 코딩 된 내용에 이견이 있을 경우 합의에 이를 때까지 토론하였으며, 의견 일치를 보지 못할 경우 제3자를 입회하여 토론을 진행한 후 최종 의견을 도출하였기 때문에 정성적 결과가 가질 수 있는 편향을 최소화하고자 노력 하

였다.

제 5 장. 결론

제 1 절. 요약 및 결론

본 연구에서는 수도권의 1개 3차 병원에 로봇 프로세스 자동화 기술이 병원정보시스템의 암 레지스트리 데이터를 정제하고 병원정보시스템을 모니터링 하는 업무를 개선한 효과를 혼합 분석 방법론을 사용하여 밝혔고, 이는 병원 현장에 적용한 RPA의 효과를 분석한 최초의 연구이다. 병원정보시스템 오류를 찾아내는 RPA의 성능은 정확도 (Accuracy) 99.5%, 양성 예측도 (Positive predictive value) 62.5%, 음성 예측도 (Negative predictive value) 100%, 민감도 (Sensitivity) 100% 및 특이도 (Specificity) 99.5%로 측정되

었다. RPA 도입 후에는 RPA bot 1개가 일일 4회 77분의 시간을 사용하여 자동으로 병원정보시스템을 모니터링 하게 되었고, 투입 시간은 73% 절감이 되었다. 따라서, 시스템 모니터링 담당자 16명은 절약된 시간인 하루 인당 17.9 분만큼 더 생산적인 업무를 수행할 수 있게 되었다. 위암 레지스트리 작성을 위해서 총 70가지 변수를 추출하는데 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출은 RPA 도입 후 작업시간이 74% 절감되었다. 유방암 레지스트리 작성을 위해서 총 83가지 변수에 대해 RPA가 적용되었으며 환자 1인당 데이터 추출은 RPA 도입 후 작업시간이 30% 단축되었다. 심층 인터뷰 결과 14명의 연구참여자들은 RPA가 성공적으로 적용되기 위해서는 병원 환경에서 대상 업무의 프로세스를 명확하게 정의하고 단순 반복할 수 있는 단위 업무를 확실하게 구분하는 것이 중요하다는 통찰을 제공하였다. RPA 도입의 위험 요소로는 위양성 경고로 인한 경고 피로 (alert fatigue)를 지적하였다. 또한, RPA가 성공적으로 도입되기 위해서는 RPA 에서 감지된 이상을 관리하는 거버넌스 체계가 중요하다는 결론을 내렸다.

제 2 절. 향후 과제

본 연구는 의료 현장에 도입된 RPA의 효과를 최초로 증명하였다. 후속 연구에서는 RPA의 정량적 성과를 더 객관적으로 평가하기 위해서 비용 효과 분석을 수행해야 할 것이다. 또한, 본 연구에서 제

안된 RPA 적용 가능 시나리오를 바탕으로 RPA의 적용 업무를 확대하고, 그 효과를 측정하는 후속 연구도 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Kim Y-G, Jung K, Park Y-T, et al. Rate of electronic health record adoption in South Korea: a nation-wide survey. International journal of medical informatics 2017;101:100-107.
2. Wikipedia. Electronic health record. Wikipedia.
3. Inamura K, Kim JH. History of PACS in Asia. European Journal of Radiology 2011;78(2):184-189.
4. Kim C-y, Lee J-S, Kim Y-I. Early stage evolution of a hospital information system in a middle income country: A case study of Korea. International journal of healthcare technology and management 2002;4(6):514-524.
5. Seo K, Kim H-N, Kim H. Current Status of the Adoption, Utilization and Helpfulness of Health Information Systems in

Korea. International Journal of Environmental Research and Public Health 2019;16(12):2122.

6. Bahensky JA, Jaana M, Ward MM. Health care information technology in rural America: electronic medical record adoption status in meeting the national agenda. The Journal of Rural Health 2008;24(2):101-105.

7. HealthIT.gov. National Trends in Hospital and Physician Adoption of Electronic Health Records (https://www.healthit.gov/data/quickstats/national-trends-hospital-and-physician-adoption-electronic-health-records).

8. Min K-P, Han T-H. IT 기반의 디지털병원 현황 및 방향. Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers 2011;29(4):54-60.

9. Kong H-J. Managing unstructured big data in healthcare system. Healthcare informatics research 2019;25(1):1-2.

10. Lee S, Kim H-S. Prospect of Artificial Intelligence Based on Electronic Medical Record. Journal of Lipid and Atherosclerosis 2021;10(3):282.

11. Van der Aalst WM, Bichler M, Heinzl A. Robotic process automation. Springer; 2018:269-272.

12. IRPAAI. Your gateway to the automation and AI marketplace. (https://irpaai.com/definition-and-benefits/).

13. LaPointe J. Gaining Visibility into Healthcare Workforce Management Cuts Costs.

(https://revcycleintelligence.com/news/gaining-visibility-into-healthcare-workforce-management-cuts-costs).

14. Klubnikin A. How much does robotic process automation cost? itrex. (https://itrexgroup.com/blog/robotic-process-automation-cost/#).

15. Murdoch R. Robotic Process Automation Guide To Building Software Robots. Automate Repetitive Tasks & Become An RPA Consultant 2018.

16. Taulli T. The robotic process automation handbook. The Robotic Process Automation Handbook https://doi org/101007/978-1-4842-5729-6 2020.

17. Team FR. Hyperautomation Technology Toolkit for Organizations. Gartner 2020.

18. Chan WF. Quick Answer: How to Choose the Right Use Cases for Robotic Process Automation. Gartner 2021.

19. Larsen E, Fong A, Wernz C, Ratwani RM. Implications of electronic health record downtime: an analysis of patient safety event reports. Journal of the American Medical Informatics Association 2018;25(2):187-191.

20. Jenkins D, Qureshi RS, Moinudheen J, Pathan SA, Thomas SH. Evaluation of electronic medical record downtime in a busy emergency department. Qatar Medical Journal 2020;2020(1):20.

21. Fernández MT, Gómez AR, Santojanni AM, Cancio AH, Luna DR, Benítez SE. Electronic Health Record System Contingency Plan

Coordination: A Strategy for Continuity of Care Considering Users' Needs. MedInfo2015:472-476.

22. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future healthcare journal 2019;6(2):94.

23. Wang F, Preininger A. AI in health: state of the art, challenges, and future directions. Yearbook of medical informatics 2019;28(01):016-026.

24. Zhang R, Liu L. Security models and requirements for healthcare application clouds. 2010 IEEE 3rd International Conference on cloud Computing: IEEE; 2010:268-275.

25. Plsek PE, Greenhalgh T. The challenge of complexity in health care. Bmj 2001;323(7313):625-628.

26. Tutty MA, Carlasare LE, Lloyd S, Sinsky CA. The complex case of EHRs: examining the factors impacting the EHR user experience. Journal of the American Medical Informatics Association 2019;26(7):673-677.

27. Greenhalgh T, Papoutsi C. Studying complexity in health services research: desperately seeking an overdue paradigm shift. Springer; 2018:1-6.

28. Bate P, Robert G. Bringing user experience to healthcare improvement: the concepts, methods and practices of experience-based design: Radcliffe Publishing, 2007.

29. Muehlen Mz, Ho DT-Y. Risk management in the BPM lifecycle. International Conference on Business Process Management:

Springer; 2005:454-466.

30. Musa MA, Othman MS. Business Process Reengineering in Healthcare: literature review on the methodologies and approaches. Rev Eur Stud 2016;8:20.

31. Mishuris RG, Linder JA. Electronic health records and the increasing complexity of medical practice:"it never gets easier, you just go faster". Journal of general internal medicine 2013;28(4):490-492.

32. McDonald K, Schultz E, Chapman T, et al. Prospects for Care Coordination Measurement Using Electronic Data Sources (Prepared by Stanford University under subcontract to Battelle on Contract No. 290-04-0020-AHRQ-SQI-II). Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality 2012.

33. Diba K, Batoulis K, Weidlich M, Weske M. Extraction, correlation, and abstraction of event data for process mining. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery 2020;10(3):e1346.

34. Wang X, Williams C, Liu ZH, Croghan J. Big data management challenges in health research—a literature review. Briefings in bioinformatics 2019;20(1):156-167.

35. Chang F, Dean J, Ghemawat S, et al. Bigtable: A distributed storage system for structured data. ACM Transactions on Computer Systems (TOCS) 2008;26(2):1-26.

36. Dean J, Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on

large clusters. Communications of the ACM 2008;51(1):107-113.

37. Vassiliadis P, Simitsis A, Skiadopoulos S. Conceptual modeling for ETL processes. Proceedings of the 5th ACM international workshop on Data Warehousing and OLAP2002:14-21.

38. Doan A, Halevy AY. Semantic integration research in the database community: A brief survey. AI magazine 2005;26(1):83-83.

39. Halevy A. Technical perspective schema mappings: rules for mixing data. Communications of the ACM 2010;53(1):100-100.

40. Haas LM, Hentschel M, Kossmann D, Miller RJ. Schema and data: A holistic approach to mapping, resolution and fusion in information integration. International Conference on Conceptual Modeling: Springer; 2009:27-40.

41. Halevy A, Rajaraman A, Ordille J. Data integration: The teenage years. Proceedings of the 32nd international conference on Very large data bases2006:9-16.

42. Doan A, Domingos P, Halevy AY. Reconciling schemas of disparate data sources: A machine-learning approach. Proceedings of the 2001 ACM SIGMOD international conference on Management of data2001:509-520.

43. Jordan MI, Mitchell TM. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science 2015;349(6245):255-260.

44. Ghahramani Z. Probabilistic machine learning and artificial intelligence. Nature 2015;521(7553):452-459.

45. Alex B, Grover C, Haddow B, et al. Assisted curation: does text mining really help? Biocomputing 2008: World Scientific; 2008:556-567.

46. Winnenburg R, Wächter T, Plake C, Doms A, Schroeder M. Facts from text: can text mining help to scale-up high-quality manual curation of gene products with ontologies? Briefings in bioinformatics 2008;9(6):466-478.

47. Krallinger M, Valencia A. Text-mining and information-retrieval services for molecular biology. Genome biology 2005;6(7):1-8.

48. Peters SE, Zhang C, Livny M, Ré C. A machine reading system for assembling synthetic paleontological databases. PLoS one 2014;9(12):e113523.

49. Zhang C, Kumar A, Ré C. Materialization optimizations for feature selection workloads. ACM Transactions on Database Systems (TODS) 2016;41(1):1-32.

50. Ivankova NV, Creswell JW. Mixed methods. Qualitative research in applied linguistics: A practical introduction 2009;23:135-161.

51. Furukawa M, Pollack E. Achieving HIMSS Stage 7 designation for EMR adoption. Nursing management 2020;51(1):10-12.

52. Kowall J, Cappelli W. Magic quadrant for application performance monitoring. Gartner Research ID G 2012;232180.

53. Heger C, van Hoorn A, Mann M, Okanović D. Application performance management: State of the art and challenges for the future. Proceedings of the 8th ACM/SPEC on International

Conference on Performance Engineering2017:429-432.

54. Ahmed TM, Bezemer C-P, Chen T-H, Hassan AE, Shang W. Studying the effectiveness of application performance management (apm) tools for detecting performance regressions for web applications: An experience report. 2016 IEEE/ACM 13th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR): IEEE; 2016:1-12.

55. Rycroft-Malone J. The PARIHS framework—a framework for guiding the implementation of evidence-based practice. Journal of nursing care quality 2004;19(4):297-304.

56. Stetler CB, Damschroder LJ, Helfrich CD, Hagedorn HJ. A guide for applying a revised version of the PARIHS framework for implementation. Implementation science 2011;6(1):1-10.

57. Bergström A, Ehrenberg A, Eldh AC, et al. The use of the PARIHS framework in implementation research and practice—a citation analysis of the literature. Implementation Science 2020;15(1):1-51.

58. Tong A, Sainsbury P, Craig J. Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): a 32-item checklist for interviews and focus groups. International journal for quality in health care 2007;19(6):349-357.

59. Lee M, Heo E, Lim H, et al. Developing a common health information exchange platform to implement a nationwide health information network in South Korea. Healthcare informatics

research 2015;21(1):21-29.

60. Lee K, Jung SY, Hwang H, et al. A novel concept for integrating and delivering health information using a comprehensive digital dashboard: An analysis of healthcare professionals' intention to adopt a new system and the trend of its real usage. International Journal of Medical Informatics 2017;97:98-108.

61. Cho M, Kim K, Lim J, et al. Developing data-driven clinical pathways using electronic health records: The cases of total laparoscopic hysterectomy and rotator cuff tears. International journal of medical informatics 2020;133:104015.

62. Yoo S, Lim K, Baek H, et al. Developing a mobile epilepsy management application integrated with an electronic health record for effective seizure management. International Journal of Medical Informatics 2020;134:104051.

63. Yoo S, Kim S, Lee K-H, et al. Electronically implemented clinical indicators based on a data warehouse in a tertiary hospital: its clinical benefit and effectiveness. International journal of medical informatics 2014;83(7):507-516.

64. Baek M, Koo BK, Kim BJ, et al. Development and utilization of a patient-oriented outpatient guidance system. Healthcare informatics research 2016;22(3):172-177.

65. Yoo S, Jung SY, Kim S, et al. A personalized mobile patient guide system for a patient-centered smart hospital: Lessons learned from a usability test and satisfaction survey in a tertiary

university hospital. International journal of medical informatics 2016;91:20-30.

66. Kim S, Lee K-H, Hwang H, Yoo S. Analysis of the factors influencing healthcare professionals' adoption of mobile electronic medical record (EMR) using the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT) in a tertiary hospital. BMC medical informatics and decision making 2015;16(1):1-12.

67. Gentles SJ, Charles C, Ploeg J, McKibbon KA. Sampling in qualitative research: Insights from an overview of the methods literature. The qualitative report 2015;20(11):1772-1789.

68. Noy C. Sampling knowledge: The hermeneutics of snowball sampling in qualitative research. International Journal of social research methodology 2008;11(4):327-344.

69. Thainimit S, Chaipayom P, Gansawat D, Kaneko H. Robotic Process Automation-Based Glaucoma Screening System: A Framework. Advances in Computer Vision and Computational Biology: Springer; 2021:569-578.

70. Jerry J, O'Malley D. Use of robotic process automation (RPA) for rapid analysis and interpretation of multidrug resistant organisms and COVID-19 results. Antimicrobial Resistance and Infection Control 2021.

71. Kobayashi T, Arai K, Imai T, Tanimoto S, Sato H, Kanai A. Communication robot for elderly based on robotic process automation. 2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and

Applications Conference (COMPSAC): IEEE; 2019:251-256.

72. Shwetha R, Kirubanand V. Remote Monitoring of Heart Patients Using Robotic Process Automation (RPA). ITM Web of Conferences: EDP Sciences; 2021:01002.

73. Liu W, Zhang W, Dutta B, Wu Z, Goh M. Digital twinning for productivity improvement opportunities with robotic process automation: Case of greenfield hospital. Int J Mech Eng Robot Res 2020;9(2):258-263.

74. Kim J, Kim D. Automation of the process of examining and requesting medical care benefit cost using robotic process automation. ICIC Express Letters, Part B: Applications 2021;12(6):587-592.

75. Ratia M, Myllärniemi J, Helander N. Robotic process automation-creating value by digitalizing work in the private healthcare? Proceedings of the 22nd International Academic Mindtrek Conference2018:222-227.

76. Nanji KC, Seger DL, Slight SP, et al. Medication-related clinical decision support alert overrides in inpatients. Journal of the American Medical Informatics Association 2018;25(5):476-481.

77. Nanji KC, Slight SP, Seger DL, et al. Overrides of medication-related clinical decision support alerts in outpatients. Journal of the American Medical Informatics Association 2014;21(3):487-491.

78. Isaac T, Weissman JS, Davis RB, et al. Overrides of medication

alerts in ambulatory care. Archives of internal medicine 2009;169(3):305-311.

79. Weingart SN, Toth M, Sands DZ, Aronson MD, Davis RB, Phillips RS. Physicians' decisions to override computerized drug alerts in primary care. Archives of internal medicine 2003;163(21):2625-2631.

80. Kruse CS, Mileski M, Dray G, Johnson Z, Shaw C, Shirodkar H. Physician Burnout and the Electronic Health Record Leading Up to and During the First Year of COVID-19: Systematic Review. Journal of Medical Internet Research 2022;24(3):e36200.

81. Khalifa M, Zabani I. Improving Utilization of Clinical Decision Support Systems by Reducing Alert Fatigue: Strategies and Recommendations. ICIMTH2016:51-54.

82. Langemeijer M, Peute L, Jaspers MW. Impact of alert specifications on clinicians' adherence. User Centred Networked Health Care: IOS Press; 2011:930-934.

83. James KL, Barlow D, Bithell A, et al. The impact of automation on workload and dispensing errors in a hospital pharmacy. International Journal of Pharmacy Practice 2013;21(2):92-104.

84. Batson S, Herranz A, Rohrbach N, Canobbio M, Mitchell SA, Bonnabry P. Automation of in-hospital pharmacy dispensing: a systematic review. European Journal of Hospital Pharmacy 2021;28(2):58-64.

85. Angeletti S, De Cesaris M, Hart JG, et al. Laboratory automation

and intra-laboratory turnaround time: experience at the University Hospital Campus Bio-Medico of Rome. Journal of Laboratory Automation 2015;20(6):652-658.

86. Bishop M. Automation Mixology: When to Use RPA, AI and BPM for U.S. Healthcare Payers. Gartner 2021.

Abstract

Effectiveness of Robotic Process Automation for Medical Data Abstraction and Monitoring of a Hospital Information System

Se Young Jung

Department of Clinical Medical Sciences

The Graduate School

Background: Hospital Information System (HIS) refers to a system or program that processes data generated by hospitals providing medical services and provides integrated services to care, nursing, staff, administration, finance, logistics, and personnel. Two problems occurred as HIS was distributed, and the functions provided were expanded. The first problem is that the process of extracting research data from HIS is not easy. Second, as the scope of HIS support hospital work increases, the system becomes heavier, which makes it vulnerable to system errors.

Purpose: Robotic Process Automation (RPA) is a technology that automates simple tasks that humans have to repeatedly process through robot software and has the potential to solve the above two problems. Therefore, in this study, the effects of medical data processing and HIS monitoring through RPA were analyzed for a tertiary hospital.

Method: The effectiveness of the introduction of RPA was analyzed using Mixed methods approach, which uses both quantitative and qualitative methods.

Results: RPA applied to the hospital provided the basis for sensitive detection of errors in hospital information systems by checking 56 tasks four times a day through end-to-end monitoring methods, with 99.5% accuracy, 62.5% precision, and

99.5% negative sensitivity. Before the introduction of RPA, 16 medical information team officials spent a total of 287 minutes a day to manually check for abnormalities in the HIS, but after the introduction of RPA, one RPA bot automatically monitored the hospital information system using 77 minutes four times a day, and the input time was reduced by 73%. RPA was applied to extract a total of 70 variables for gastric cancer registry creation, and data extraction per patient reduced working time by 74% after the introduction of RPA. RPA was applied to a total of 83 variables to prepare the breast cancer registry, and data extraction per patient was reduced by 30% after the introduction of RPA. In-depth interviews using the PARiHS framework showed that 14 study participants had positive opinions about the possibility of RPA and provided an insight that it is important to clearly define the process of target tasks in a hospital environment and clearly distinguish simple repeatable unit tasks. As a risk factor for the introduction of RPA, alert fatigue due to false positive warnings was pointed out, and as a means of overcoming this, it emphasized the importance of a governance system to manage abnormalities detected in RPA.

Conclusion: RPA introduced in hospital can effectively perform tasks of continuously monitoring hospital information systems while saving input resources and saves time for refining cancer registry data.

Keywords: Hospital Information System, Electronic Medical Record, Robotic Process Automation,

Student Number: 2018-31166