

Economic Impact of HEMOS-Cloud Services for M&S Support

Jung Dae Yong[†] · Seo Dong Woo^{††} · Hwang Jae Soon^{†††} · Park Sung Uk^{††††} · Kim Myung Il^{†††††}

ABSTRACT

Cloud computing is a computing paradigm in which users can utilize computing resources in a pay-as-you-go manner. In a cloud system, resources can be dynamically scaled up and down to the user's on-demand so that the total cost of ownership can be reduced. The Modeling and Simulation (M&S) technology is a renowned simulation-based method to obtain engineering analysis and results through CAE software without actual experimental action. In general, M&S technology is utilized in Finite Element Analysis (FEA), Computational Fluid Dynamics (CFD), Multibody dynamics (MBD), and optimization fields. The work procedure through M&S is divided into pre-processing, analysis, and post-processing steps. The pre/post-processing are GPU-intensive job that consists of 3D modeling jobs via CAE software, whereas analysis is CPU or GPU intensive. Because a general-purpose desktop needs plenty of time to analyze complicated 3D models, CAE software requires a high-end CPU and GPU-based workstation that can work fluently. In other words, for executing M&S, it is absolutely required to utilize high-performance computing resources. To mitigate the cost issue from equipping such tremendous computing resources, we propose HEMOS-Cloud service, an integrated cloud and cluster computing environment. The HEMOS-Cloud service provides CAE software and computing resources to users who want to experience M&S in business sectors or academics. In this paper, the economic ripple effect of HEMOS-Cloud service was analyzed by using industry-related analysis. The estimated results of using the experts-guided coefficients are the production inducement effect of KRW 7.4 billion, the value-added effect of KRW 4.1 billion, and the employment-inducing effect of 50 persons per KRW 1 billion.

Keywords : Modeling & Simulation, Cloud Computing, CAE, Engineering, Manufacturing Industry

M&S 지원을 위한 HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 효과

정 대 용[†] · 서 동 우^{††} · 황 재 순^{†††} · 박 성 욱^{††††} · 김 명 일^{†††††}

요 약

클라우드 컴퓨팅은 서비스 사용자 요구에 따라 컴퓨팅 자원을 임대하여 사용하는 컴퓨팅 패러다임이다. 클라우드 컴퓨팅에서 컴퓨팅 자원은 사용자의 서비스 수요에 따라 컴퓨팅 자원을 확장 또는 축소가 가능하여 전체 서비스 비용 절감 효과를 가질 수 있다. 그리고, M&S (Modeling and Simulation) 기술은 컴퓨팅 자원과 CAE 소프트웨어를 통해 엔지니어링 분석 작업 결과를 얻어, 실제 실험 결과가 없이 제품의 상태를 시뮬레이션 수행하여 분석하는 방법이다. M&S 기술은 FEA(Finite Element Analysis), CFD(Computational Fluid Dynamics), MBD(Multibody Dynamics) 및 최적화 분야에서 활용된다. M&S 통한 작업 절차는 전처리, 해석, 후처리 단계로 구분된다. CAE 소프트웨어를 통한 3D 모델링 작업인 전/후처리는 GPU 연산이 집약적이며, 3D 모델 해석은 CPU 또는 GPU 연산이 요구된다. 일반적인 개인 데스크톱에서 복잡한 3D 모델을 해석하는 시간이 많이 소요된다. 결과적으로, M&S를 원활하게 수행하기 위해서는 고성능 컴퓨팅 자원이 요구된다. 이 문제를 해결하기 위해 우리는 통합 클라우드 및 클러스터 컴퓨팅 환경인 HEMOS-Cloud 서비스를 제안한다. 제안한 클라우드 기반 방식에서는 M&S에 필요한 전/후처리 및 솔버 작업을 원활하게 수행할 수 있도록 구성했다. 이 시스템에서 전/후처리는 VDI(Virtual Desktop Infrastructure)에서 수행되고 해석은 클러스터 환경에서 수행된다. 각 용도에 맞게 서로 다른 환경에서 분리하여 컴퓨팅 자원 간에 간섭을 최소화했다. HEMOS-Cloud 서비스는 기업 또는 학교에서 M&S의 경험이 필요로 하는 사용자에게 CAE 소프트웨어와 컴퓨팅 자원을 제공한다. 본 논문에서는 HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 파급효과를 산업연관분석을 활용하여 분석했다. 전문가의 의견을 반영하여 조정된 계수를 통한 분석 결과는 생산유발효과 74억원, 부가가치유발효과 41억원, 취업유발효과 10억원당 50명으로 분석되었다.

키워드 : 모델링 & 시뮬레이션, 클라우드 컴퓨팅, CAE, 엔지니어링, 제조 산업

1. 서 론

클라우드 컴퓨팅은 서비스 사용자 요구에 따라 컴퓨팅 자원을 임대하여 사용하는 컴퓨팅 패러다임이다. 클라우드 컴퓨팅에서 컴퓨팅 자원은 사용자의 서비스 수요에 따라 컴퓨팅 자원을 확장/축소가 가능하여 전체 서비스 비용 절감 효과를 가질 수 있다[1,2]. M&S(Modeling and Simulation) 기술은 컴퓨팅 자원과 CAE

※ 이 논문은 한국과학기술정보연구원의 주요 사업(K-21-L02-C06-S01)과 산업통상자원부의 스마트 적용제조 공정혁신 지원기반 고도화사업(P0013661)으로 수행되었음.

† 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

†† 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

††† 비 회 원 : 한밭대학교 산학융합학부 조교수

†††† 비 회 원 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

Manuscript Received : July 13, 2021

Accepted : August 12, 2021

* Corresponding Author : Seo Dong Woo(seodongwoo@kisti.re.kr)

소프트웨어를 통해 엔지니어링 분석 작업 결과를 얻어, 실제 실험 결과가 없이 제품의 상태를 시뮬레이션을 수행하여 분석하는 방법이다. M&S 기술은 FEA(Finite Element Analysis), CFD (Computational Fluid Dynamics), MBD(Multibody Dynamics) 및 최적화 분야에서 활용된다[3,4].

M&S는 제품 설계를 개선하거나 광범위한 업계에서 엔지니어링 문제를 해결하도록 보조하기 위해 성능을 모의 실험하는 컴퓨터 소프트웨어를 사용한다. M&S 진행 프로세스는 전처리, 해석, 후처리 3단계로 구성된다. 첫 번째로, 전처리 단계에서 엔지니어는 작용 하중 또는 구속 조건 형태로 환경뿐만 아니라 설계의 지오메트리(또는 시스템 표현) 및 물리적 특성을 모델링한다. 두 번째로, 적절한 기초 물리학의 수학적 공식을 사용하여 모델을 해석한다. 마지막으로, 후처리 단계에서는 결과 검토를 위해 엔지니어에게 전달하는 단계이다. M&S 기술을 통해 제품을 분석하기 위해서는 해석하는 분야와 용도에 맞는 CAE 소프트웨어를 활용이 필요하다. CAE 소프트웨어는 컴퓨터 하드웨어 특성에 따라 연산 속도가 차이가 발생한다. CAE 소프트웨어를 통한 3D 모델링 작업인 전/후처리는 GPU 연산이 집약적이며, 3D 모델 해석은 CPU 또는 GPU 연산이 필요하다. 일반적인 개인 데스크톱에서 복잡한 3D 모델을 해석하는 시간이 많이 소요된다. 따라서 사용자가 CAE 소프트웨어를 실행하려면 원활한 처리를 위해 고성능 CPU와 GPU 장치가 있는 워크스테이션 같은 고성능 컴퓨팅 자원이 요구된다.

M&S 사용자의 고성능 컴퓨팅 자원 문제를 해결하기 위해 우리는 통합 클라우드 및 클러스터 컴퓨팅 환경으로 설계했다. 설계한 HEMOS-Cloud 서비스는 M&S에 필요한 전/후처리 및 해석 작업을 원활하게 수행할 수 있도록 SaaS(Software as a Service) 형태의 클라우드 서비스를 제공한다. 이 시스템에서 전/후처리는 원격 GUI 환경에서 모델링 할 수 있는 VDI (Virtual Desktop Infrastructure)에서 수행되고, 해석은 병렬 연산이 가능한 클러스터 환경에서 수행된다. 각 용도에 맞게 서로 다른 환경에서 분리하여 컴퓨팅 자원 간에 간섭을 최소화했다[5].

HEMOS-Cloud 서비스는 기업 또는 학교에서 M&S의 경험이 필요로 하는 사용자에게 CAE 소프트웨어와 컴퓨팅 자원을 제공함으로써 M&S 시장의 디딤돌 역할을 목표로 한다. HEMOS-Cloud는 2015년에 서비스를 설계하여 2016년부터 베타 서비스를 오픈했다. 1년간 베타 서비스에서의 시스템 오류 및 기능, CAE 소프트웨어 라이선스를 확보 후 2017년부터 본격적으로 서비스를 사용자에게 제공하고 있다. CAE 소프트웨어인 ANSYS[6], ABAQUS[7], LS-Dyna[8] 등과 같은 상용 소프트웨어뿐만 아니라, OpenFOAM[9], ParaView[10] 등과 같은 오픈소스 CAE 소프트웨어 서비스를 제공한다. 그리고, KISTI에서 자체적으로 개발한 구조해석을 위한 HEMOS-Structure 소프트웨어와 유체해석을 위한 HEMOS-Fluid 소프트웨어를 제공한다.

본 논문에서는 HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 파급효과를 산업연관분석을 활용하여 분석했다. 한국은행의 산업연관표를 이용하여 생산유발계수, 부가가치유발계수, 취업자유발계수, 영향력계수, 감응도계수를 산출했다. 그리고, 전문가의 의견을 반영하여 조정된 계수를 통한 분석 결과는 생산유발효과 74억원, 부가가치유발효과 41억원, 취업자유발효과 10억원당 50명으로 분석되었다.

2. 관련 연구

다양한 국외 기업은 클라우드 컴퓨팅 서비스와 M&S 문제를 해결하기 위한 엔지니어링 클라우드 환경을 구축하여 제조업 관련 서비스 사용자에게 제공하는 다양한 엔지니어링 솔루션 서비스를 시행하고 있다. 기존 IaaS(Infrastructure as a Service) 제공하는 AWS(Amazon Web Service)[17], Microsoft Azure[18]와 같은 하드웨어 자원 제공뿐만 아니라, CAE 개발 업체인 AnSYS[6], ABAQUS[7], LS-Dyna[8], MSC Software[19] 등 다양한 소프트웨어와 결합하여 사용자에게 제공한다. 대표적인 엔지니어링 클라우드 서비스의 주요 특징을 표는 Table 1과 같다.

Table 1. Engineering Cloud Service Key Features

| Service | Features |
|-----------------|--|
| Rescale [11] | <ul style="list-style-type: none"> Remote desktop service provision (pre/post-processing, analysis) Provision of remote job submission service (analysis) Provides 180 types of software that can be used in aviation, automobile, heavy industry, and life science |
| Uber Cloud [12] | <ul style="list-style-type: none"> Supports pre/post-processing analysis through desktop cloud visualization (DCV) Operating/providing a kind of CAE cloud open market Linking with 51 software providers through Uber Cloud Market |
| CPU24/7 [13] | <ul style="list-style-type: none"> Provides 'CAE as a Service' through remote desktop interface Provide CAE software (AnSYS, ABAQUS, etc.) |
| NIMBIX [14] | <ul style="list-style-type: none"> Provides a cloud platform called JARVICE Provides a web-based application environment called Material Compute Provide GPU-based resources for machine learning software such as TensorFlow and Caffe |
| SIMSCALE [15] | <ul style="list-style-type: none"> Run simulation directly in web browser Provide self-building resources |
| ESI [16] | <ul style="list-style-type: none"> Run in web browser PAM-CRASH dedicated cloud service ESI's own cloud system |

3. HEMOS-Cloud 서비스

이 장에서는 중소·중견 기업 및 학교를 위해 초급 사용자부터 고급사용자까지 쉽고 편하게 사용할 수 있는 M&S 기반 HEMOS-Cloud 서비스의 목적과 시스템 구성, 서비스 종류에 대해 서술한다.

3.1 HEMOS-Cloud 서비스 목적

HEMOS-Cloud 서비스는 중소·중견 기업 및 학교에서 비싼 하드웨어 및 소프트웨어를 지원하기 위한 CAE 소프트웨어의 전/후처리 및 해석 서비스를 제공한다. CAE 소프트웨어 종류는 상용 SW 및 오픈소스 SW, KISTI 자체 개발 SW를 제공한다. 그리고 KISTI 내부 사용자 SW 및 외부 사용자 SW를 구분해서 사용된다. CAE SW 기업과 클라우드 방식으로 서비스를 제공한 CAE SW만 외부 사용자들에게 서비스를 사용할 수 있도록 그룹 관리를 통해 서비스가 이루어진다.

3.2 HEMOS-Cloud 시스템 구성

HEMOS-Cloud 시스템은 서비스 용도에 따라 그룹을 분리하여 운영되어진다. CAE SW 해석을 위한 클러스터 그룹과 CAE SW의 전/후처리를 위한 윈도우 기반 해석 그룹, 리눅스 기반 개발 그룹으로 구성된다. 개발 그룹 같은 경우, Shell 및 GUI 환경을 제공하여 리눅스 개발 환경도 지원한다. 그 외, 시스템 운영에 필요한 마스터 서버, AD 서버, 스토리지, 백업 서버 및 백업 스토리지로 구성된다. 시스템은 2019년 12월 기준으로 Fig. 1과 같이 구성하였다. 이 시스템은 관리서버 3대(마스터, 계정관리, 백업관리), 해석그룹 9대, 설계그룹 9대, 개발그룹 5대, 사용자 스토리지 2대와 백업 스토리지 2대로 구성되어 있다. 사용자를 위한 약 58TB 사용자 스토리지와 시스템 백업을 위한 약 300TB 백업 스토리지로 운영되고 있다.

3.3 HEMOS-Cloud 서비스 종류

HEMOS-Cloud는 CAE 사용자의 작업 형태 및 사용 환경

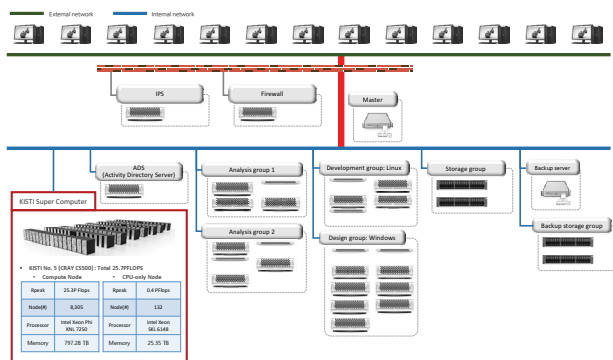


Fig. 1. HEMOS-Cloud System Configuration

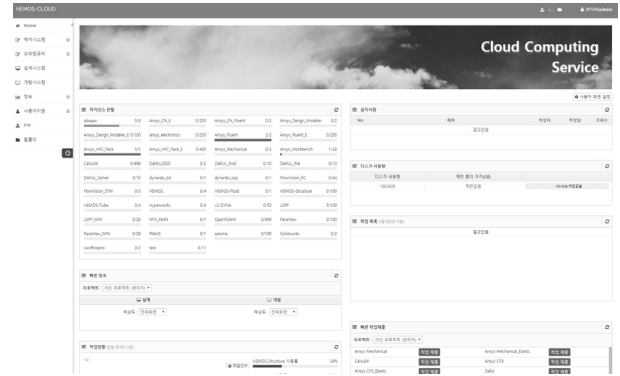


Fig. 2. HEMOS-Cloud Main Page

에 따라, 해석시스템, 슈퍼컴퓨터, 설계시스템, 개발시스템으로 구분하여 서비스를 한다. HEMOS-Cloud의 메인 화면인 Fig. 2에서 서비스 구분 및 사용자 현황을 보여준다.

1) 슈퍼컴퓨터

슈퍼컴퓨터 서비스는 HEMOS-Cloud에서 KISTI 슈퍼컴퓨터 5호기(누리온) 사용자를 위한 누리온 작업 제출 및 데이터 전송 기능을 지원한다. 누리온 서비스를 HEMOS-Cloud 서비스에 접목하여 사용자 편리성 제고 및 활용성을 높이고, 산업체 사용자 대상 대규모 해석 지원 지원할 수 있게 구성하였다. HEMOS-Cloud의 병렬 코어 수는 해석그룹 2개를 합하여 CPU 192 코어를 보여하고 있어 중소규모의 해석 작업에 적합하다. 이 같은 이유로, HEMOS-Cloud의 보유한 CPU 코어를 가지고 대규모 병렬 연산을 수행하기에 적합하지 않다. 그래서, KISTI 슈퍼컴퓨터 5호기 서비스[20]를 이용한 대규모 연산을 제공하고자 HEMOS-Cloud와 연동하여 서비스하게 되었다.

2) 해석시스템

해석시스템은 CAE SW 해석 연산을 지원하는 서비스를 제공한다. 기존 batch 작업 방식을 웹 기반 방식 및 워크플로우 방식으로 사용자에게 쉽고 편하게 이용할 수 있도록 구성되어 있다. 일반 사용자 및 고급 사용자를 위한 기본 작업 제출 방식과 초보 사용자를 위한 워크플로우 작업 제출 방식을 제공한다. Fig. 3에서 각 작업 제출 방식을 나타낸다. 해석 자원은 2가지 타입으로 운영되며, 첫 번째 해석자원 그룹 성능은 제온 E5-2670 2.6GHz CPU 타입으로 80 코어를 구축하였으며, 두 번째 해석자원 그룹2는 제온 E5-2697 v3 2.6GHz 타입으로 112 코어로 구축하였다. 중소규모의 해석을 지원하는 시스템 환경이다.

3) 설계시스템 및 개발시스템

HEMOS-Cloud 시스템은 M&S 전/후처리를 위한 윈도우 기반 설계 시스템과 리눅스 기반 개발 시스템 서비스를 제공



(A) Submit Basic Job



(b) Submit a Workflow-Type Job

Fig. 3. Analysis System Job Submission Types

한다. 설계시스템은 가상화 기술인 VDI를 통하여 물리 노드 9대를 통해 물리 노드 1대 당 가상 노드 4대를 구성하여 가상 노드 36대를 제공한다. 개발시스템은 물리노드 5대로 구성하여 터미널 작업 및 원격 데스크탑 환경을 제공한다.

윈도우 환경 9대 중 물리 노드 7대 성능은 CPU: E5-2698 v3 2.3GHz 32코어, 메모리: 192GB GPU: NVIDIA GRID K2 8GB을 가상화하여 28대의 가상 노드를 사용하고 있다. 나머지 2대의 물리 노드 성능은 CPU: Platinum 8160 2.1GHz 48코어, 메모리: 256GB GPU: NVIDIA Tesla M60 16GB를 가상화하여 8대의 가상 노드를 사용하고 있다. 그리고 마지막으로 리눅스 환경의 물리 노드 성능은 CPU: E5-2640 2.5GHz, 메모리: 32GB, GPU: NVIDIA Quadro 4000으로 구성된 물리 노드 4대와 E5-2680 v2 2.8GHz 메모리: 512GB, GPU: NVIDIA Quadro K6000으로 구성된 물리 노드 1대를 사용하고 있다.

4. HEMOS-Cloud 서비스 경제적 효과

HEMOS-Cloud는 2015년에 서비스를 설계하여 2016년부터 베타 서비스를 오픈했다. 1년간 베타 서비스에서의 시스템 오류 및 기능, CAE SW 라이선스를 확보 후 2017년부터 본격적으로 서비스를 사용자에게 제공하고 있다. 매년 신규 사용자가 증가하고 있는 추세이다. Fig. 4에서 2019까지

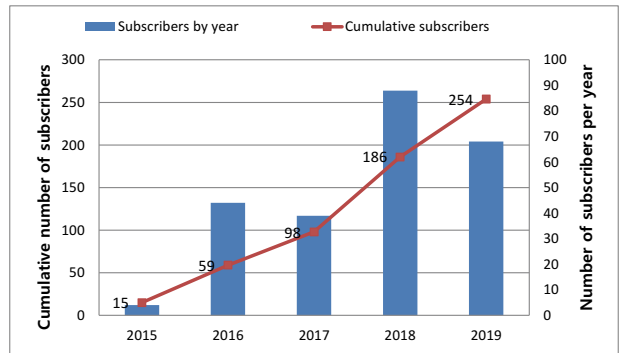


Fig. 4. HEMOS-Cloud User Subscriptions

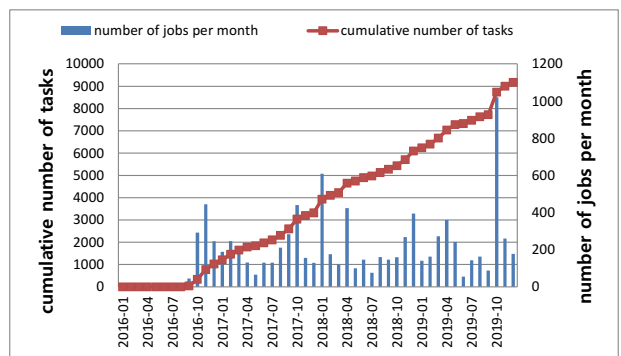


Fig. 5. HEMOS-Cloud Job Submissions

Table 2. HEMOS-Cloud Subscribers and Jobs by Year

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | Total |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Subscribers | 59 | 39 | 88 | 69 | 255 |
| Number of Job | 1,025 | 2,299 | 2,775 | 3,082 | 9,181 |

의 HEMOS-Cloud 서비스 사용자의 가입 추세를 보여준다. HEMOS-Cloud사용자는 2019년까지 총 254명으로 집계된다.

HEMOS-Cloud의 활용성을 알아보기 위해 Fig. 5에서는 베타 서비스 오픈한 시점인 2016년부터 2019년까지의 작업 제출 건수를 나타낸다. 2016년 1월부터 8월까지는 시스템 구축 및 서비스 개발 환경 이전으로 작업 제출 건수가 없다. 2016년 9월부터 베타 서비스를 진행했고, 매년 작업량이 증가하고 있다. HEMOS-Cloud의 연도별 가입자 수 및 작업 제출 건수 정리한 표는 Table 2와 같다.

HEMOS-Cloud 서비스를 위해 2019년까지 사용한 예산은 Table 3과 같이 보여준다. 시범 서비스를 진행 중이고 매년 필요한 장비 및 소프트웨어를 추가 구성하고 있다. 소프트웨어 같은 경우, 대외 서비스를 할 수 없는 소프트웨어가 포함되어 있으면, 내부 사용자를 위해 HEMOS-Cloud에 설치하여 활용하고 있다. 2016년의 소프트웨어 유지비가 많이 잡힌 이유는 산업부 사업을 통해, 추가 예산이 있었으며, 사업에 필요한 소프트웨어를 리스하여 과제를 수행했기 때문이다. KISTI 내부 사용자와 외부 사용자가 이용할 수 있는 소

Table 3. HEMOS-Cloud System Input Budget

| | ~15 year | 16 year | 17 year | 18 year | 19 year | Total |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| Hardware | 153,453 | 245,377 | 73,700 | 77,880 | 118,204 | 668,614 |
| Software purchase and maintenance | - | 700,000 | 423,434 | 271,090 | 341,940 | 1,736,464 |
| Construction cost and maintenance | 100,000 | 100,000 | 50,000 | 33,000 | 39,000 | 322,000 |
| Electricity fee | 1,800 | 3,500 | 4,900 | 5,300 | 5,800 | 21,300 |
| Input manpower cost | 50,000 | 120,000 | 150,000 | 180,000 | 180,000 | 680,000 |
| Total | 255,268 | 1,048,893 | 552,051 | 387,288 | 504,963 | 2,748,463 |

Unit: 1,000 won

Table 4. Software Provided by HEMOS-Cloud

| | Purchase | Maintenance | Lease |
|---------|---|--|---|
| 16 year | LS-DYNA, ANSYS*, NFX*, AVIZO* | - | AFDEX*, SAMADII/SCIV*, FlowNoise*, DAFUL/Meshfree, ANYFOAM*, MAPS-3D* |
| 17 year | Hyperworks* | Solidworks*, ANSYS*, NFX*, OptiSLang*, GTAM* | ANSYS elastic, SAMADII/SCIV*, LS-DYNA |
| 18 year | - | Solidworks*, ANSYS*, HyperWorks*, LS-DYNA | ANSYS Elastic |
| 19 year | - | Solidworks*, ANSYS*, HyperWorks* | ANSYS Elastic, Abaqus |
| Etc | DAFUL(Sponsorship during the joint project April 2017 - March 2019) | | |

* Software for internal users only

소프트웨어 정리한 내용은 Table 4에서 보여준다.

HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 파급효과를 분석하기 위해서는 산업연관분석을 활용한다. 산업연관분석 또는 투입산출분석은 산업연관표를 바탕으로 산업간 상호연관관계를 수량적으로 분석한 방법이다. 산업연관분석은 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등 각종의 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있기 때문에 경제정책의 수립, 정책효과 측정 등에 활용되고 있다[21-23].

HEMOS-Cloud 서비스의 산업연관분석을 적용하기 위해 Table 5와 같이 통합중분류의 '소프트웨어 개발공급 및 기타 IT서비스', '연구개발', '사업관련 전문서비스', '과학기술 및 기타 전문서비스', '사업지원 서비스'와 통합소분류의 '정보서비스', '소프트웨어 개발공급', '기타 IT 서비스', '연구개발', '기타 과학기술서비스 및 전문서비스', '기타 사업지원서비스'에 적용시켰다. 그 이유는 정부 연구개발예산의 Input 요소를 통해 HEMOS-Cloud 서비스의 Output 요소로 그 결과물이 도출되기 때문이다. 또한 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과를 위한 계수 산정에는 통합소분류의 지수를 사용하였다.

한국은행의 산업연관표[24]를 이용하여 생산유발계수, 부가가치유발계수, 취업유발계수, 영향력계수, 감응도계수를 산출하면 Table 6과 같다. 각각의 유발계수는 HEMOS-Cloud 서비스에 대한 최종수요가 한 단위 증가하는 경우 전

Table 5. Industry Linkage Table of HEMOS-Cloud System

| Integrated middle classification (83 divisions) | Integrated sub-category (165 divisions) |
|--|---|
| 62. Software development and supply and other IT services | 610. Information service 621. Software development supply |
| 70. R&D | 629. Other IT Services |
| 71. Business-related professional services | 700. R&D |
| 72. Science and technology and other professional services | 729. Other scientific and technological and professional services |
| 74. Business support service | 749. Other business support services |

* Bank of Korea(2020)[24]

산업에서 직·간접적으로 일어나는 유발효과를 설명한다.

Table 6에서 통합소분류에 속한 '정보서비스', '소프트웨어 개발공급', '기타 IT 서비스', '연구개발', '기타 과학기술 서비스 및 전문서비스', '기타 사업지원서비스'가 제조 디지털 플랫폼에 균등하게 영향을 미친다고 가정하였을 경우 생산유발계수는 1.62, 부가가치유발계수는 0.88이다. 또한, 국민경제는 특정산업군에서 생산해 낸 산출물을 타 산업에서 이용하고 또한 타 산업에서 생산해 낸 산출물이 여타산업에서 이용되는 파급효과, 혹은 가치사슬에 의하여 생산활동이 이루어진다. 본 분석의 가치사슬 상에서 제조 디지털 플랫폼

Table 6. Induction Coefficient of HEMOS-Cloud System

| Integrated sub-category (165 divisions) | Production inducement coefficient | Value-added inducement factor | Coefficient Of influence | Sensitivity coefficient |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 610. Information service | 1.754 | 0.859 | 0.918 | 0.906 |
| 621. Software development supply | 1.351 | 0.900 | 0.708 | 0.769 |
| 629. Other IT Services | 1.647 | 0.841 | 0.862 | 1.107 |
| 700. R&D | 1.632 | 0.875 | 0.854 | 0.525 |
| 729. Other scientific and technological and professional services | 1.726 | 0.906 | 0.823 | 1.586 |
| 749. Other business support services | 1.593 | 0.911 | 0.834 | 1.424 |
| Average Coefficient | 1.62 | 0.88 | 0.83 | 1.05 |

* Bank of Korea(2020)

Table 7. Adjusted Trigger Factor of HEMOS-Cloud System

| Integrated sub-category (165 divisions) | Production Inducement Coefficient | Value-added Inducement Factor | Coefficient Of influence | Sensitivity Coefficient |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 610. Information service | 3.508 | 1.718 | 1.836 | 1.812 |
| 621. Software development supply | 2.702 | 1.8 | 1.416 | 1.538 |
| 629. Other IT Services | 1.647 | 0.841 | 0.862 | 1.107 |
| 700. R&D | 1.632 | 0.875 | 0.854 | 0.525 |
| 729. Other scientific and technological and professional services | 5.178 | 2.718 | 2.469 | 4.758 |
| 749. Other business support services | 1.593 | 0.911 | 0.834 | 1.424 |
| Average Coefficient | 2.71 | 1.48 | 1.38 | 1.86 |

* Recalculated trigger coefficient by weighting 2:2:1:1:3:1

품이 앞에 있는 산업에 영향을 미치는 효과를 전방연쇄효과라고 하며 가치사슬상에서 뒤에 있는 산업에 영향을 미치는 효과를 후방연쇄효과라고 한다. 여기서 감응도계수는 1.05, 영향력계수는 0.83로, 감응도계수는 1보다 크므로 전방 연쇄 효과가 있다. 또한, 영향력계수는 1보다 적으므로 후방 연쇄 효과가 적은 부분으로 해석될 수 있다.

다만, 통합소분류에 속한 6가지 변수에 대해 산/학/연 전문가 10명을 대상으로 각 변수에 대한 가중치를 FGI 통해 정리하였다. 10명의 분포는 대학교수 3명, 출연연 5명, 기업체 2명으로 구성하였다. 그 결과 각각 변수인 '정보서비스', '소프트웨어 개발공급', '기타 IT 서비스', '연구개발', '기타 과학기술서비스 및 전문서비스', '기타 사업지원서비스'가 2:2:1:1:3:1의 가중치로 영향을 준다는 결과를 도출하였다. 이에 이를 반영한 조정된 값을 구하였고 그 결과는 Table 7과 같다.

전문가의 의견을 반영하여 조정된 유발계수 값들을 살펴보면 생산유발계수, 부가가치유발계수, 영향력계수, 감응도계수 모두 평균계수 보다는 상승되어 그 결과치가 달라짐을 알 수 있다. 특히 영향력계수인 경우도 평균계수는 1보다 적었으나 조정된 계수 값은 1보다 커서 후방 연쇄 효과 이유로 결과치가 달라짐을 알 수 있다.

또한, 취업자유발계수도 위의 계수들과 마찬가지로 '정보서비스', '소프트웨어 개발공급', '기타 IT 서비스', '연구개발', '기타 과학기술서비스 및 전문서비스', '기타 사업지원서비스'의 값들을 통해 산정하면 Table 8과 같다. 다만 평균 계수는 균등하게 가정한 계수는 10억원당 10.9명의 유발효과가 있으며, 조정된 계수는 전문가의 의견을 반영한 값으로 10억원당 18.3명의 유발효과가 있는 것으로 산정되었다.

Table 8. HEMOS-Cloud System's Employment Freedom Factor
(Unit: Persons/KRW 100 million)

| Integrated sub-category (165 divisions) | Coefficient of freedom of employment |
|---|---|
| 610. Information service | 8.0 |
| 621. Software development supply | 8.4 |
| 629. Other IT Services | 7.7 |
| 700. R&D | 10.7 |
| 729. Other scientific and technological and professional services | 14.0 |
| 749. Other business support services | 16.6 |
| Average coefficient | 9.76 |
| Adjusted coefficient | 18.30 |

* Recalculated trigger coefficient by weighting 2:2:1:1:3:1

발', '기타 과학기술서비스 및 전문서비스', '기타 사업지원서비스'의 값들을 통해 산정하면 Table 8과 같다. 다만 평균 계수는 균등하게 가정한 계수는 10억원당 10.9명의 유발효과가 있으며, 조정된 계수는 전문가의 의견을 반영한 값으로 10억원당 18.3명의 유발효과가 있는 것으로 산정되었다.

Table 6, 7, 8에서 구한 HEMOS-Cloud 서비스의 유발계수를 바탕으로 경제적 파급효과를 계산하기 위해 우선 생

Table 9. Economic Effect of HEMOS-Cloud System

(Unit: 100 million won, person per 100 million won)

| | production inducement effect | Value-added effect | Employment freedom effect |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Average induced effect | 45 | 24 | 30 |
| Adjusted trigger effect | 74 | 41 | 50 |

산유발효과는 HEMOS-Cloud 서비스를 위한 산업연관표를 통해 산출한 생산유발계수를 곱하여 추정하고, 부가가치유발효과는 HEMOS-Cloud 서비스를 통해 얻을 수 있는 국민경제적인 자산의 순수한 가치이며 생산유발효과 중 부가가치 귀속부분을 부가가치계수를 통해 추정할 수 있다. HEMOS-Cloud 서비스로 관련 시장이 증대함에 따라 취업자의 증가로 이어지는 관점에서 취업자유발효과를 추정할 수 있으며 이는 취업자유발계수를 곱하여 산출할 수 있다. 다만, 2015~2019년 5년간 2,748백만원의 예산투입에 대한 HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 파급효과를 단순하게 한국은행의 산업연관표 계수를 사용했다는 점은 추후 연구에서 보완해야 할 사항으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 HEMOS-Cloud 서비스에 대해 어느 정도의 경제적 파급효과가 있는지 분석된 논문 및 보고서가 없어 본 논문에서 처음으로 경제적 파급효과를 분석했다는 데 의미를 두고 있다. 더불어 산/학/연 10명의 전문가 의견을 반영하여 조정된 유발계수를 사용하여 분석했다는 점은 타 논문과는 차별성을 부각시킬 수 있다는 점이다.

Table 9는 5년 동안 HEMOS-Cloud 서비스에서 유발되는 경제적 파급효과를 설명하고 있다. 그 결과, HEMOS-Cloud 시스템의 변수들의 계수를 균등하다고 가정했을 때 생산유발효과는 45억원, 부가가치유발효과는 24억원, 취업자유발효과는 10억원 당 30명으로 분석되었다. 또한 전문가의 의견을 반영하여 조정된 계수를 통한 유발효과로는 생산유발효과는 74억원, 부가가치유발효과는 41억원, 취업자유발효과는 10억원 당 50명으로 분석되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 M&S 지원을 위한 HEMOS-Cloud 서비스의 목적, 시스템 구성, 활용성에 대해 서술하였다. 본 서비스는 기업 또는 학교에서 M&S의 경험이 필요로 하는 사용자에게 CAE 소프트웨어와 컴퓨팅 자원을 제공함으로써 국내 사용자에게 M&S 분야에서 디딤돌 역할을 수행했다. 그리고, HEMOS-Cloud 서비스에서 발생하는 유발계수에 대해 분석하기 위해, 서비스를 이용한 사용자 및 작업 제출 건, 시스템 투입 예산을 활용했다. 마지막으로, HEMOS-Cloud 서비스의 경제적 파급효과를 산업연관분석을 활용하여 분석했다.

전문가의 의견을 반영하여 조정된 계수를 통한 분석 결과는 생산유발효과 74억원, 부가가치유발효과 41억원, 취업자유발효과 10억원 당 50명으로 분석되었다.

References

- [1] R. Buyya, C. S. Yeo, and S. Venugopal, "Market-oriented cloud computing: vision, hype, and reality for delivering IT services as computing utilities," in *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC '08)*, pp.5-13, 2008.
- [2] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, and S. Lu, "Cloud computing and grid computing 360-degree compared," in *Proceedings of the Grid Computing Environments Workshop (GCE '08)*, pp.1-10, 2008.
- [3] R. Sinha, C. J. Paredis, V. C. Liang, and P. K. Khosla, "Modeling and simulation methods for design of engineering systems," *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol.1, No.1, pp.84-91, 2001.
- [4] T. I. Oren, "The importance of a comprehensive and integrative view of modeling and simulation," In *Proceedings of the 2007 Summer Computer Simulation Conference. Society for Computer Simulation International*, pp.996-1006, 2007.
- [5] HEMOS-Cloud Service [Internet], <https://hemos-cloud.kisti.re.kr>, 2021.
- [6] AnSYS [Internet], <https://www.ansys.com>, 2021.
- [7] LS-Dyna [Internet], <http://www.lstc.com/products/ls-dyna>, 2021.
- [8] ABAQUS [Internet], <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus>, 2021.
- [9] H. Jasak, "OpenFOAM: Open source CFD in research and industry," in *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, Vol.1, Iss.2, pp.89-94, 2009.
- [10] J. Ahrens, B. Geveci, and C. Law, "ParaView: An End-user tool for large data visualization," in *Visualization Handbook*, Elsevier, 2005.
- [11] Rescale [Internet], <https://www.rescale.com>, 2021.
- [12] Uber Cloud [Internet], <https://www.theubercloud.com>, 2021.
- [13] CPU24|7 [Internet], <https://engineeringcloud.io>, 2021.
- [14] NIMBIX [Internet], <https://www.nimbix.net>, 2021.
- [15] SIMSCALE [Internet], <https://www.simscale.com>, 2021.
- [16] ESI [Internet], <https://www.esi-group.com>, 2021.
- [17] AWS(Amazon Web Service) [Internet], <https://aws.amazon.com>, 2021.

[18] Microsoft, Azure [Internet], <https://azure.microsoft.com>, 2021.

[19] MSC Software [Internet], <https://www.mssoftware.com>, 2021.

[20] KISTI National Supercomputing Center [Internet], <https://www.ksc.re.kr>, 2021.

[21] M. Ciaschini, "Input-Output Analysis," London: Chapman and Hall, 1988.

[22] R. E. Miller and P. D. Blair, "Input-Output analysis: Foundations and extensions," 2nd ed, New York: Cambridge University Press, 2009.

[23] S.U.Park, "An economic ripple effect analysis of national science & technology information service: Focusing an input-output analysis," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, Vol.21, No.4, pp.1296-1312, 2018.

[24] Bank of Korea [Internet], <https://ecos.bok.or.kr>, 2021.



정 대 용

<https://orcid.org/0000-0002-9110-3093>
 e-mail : daeyongjung@kisti.re.kr
 2007년 한밭대학교 전자공학과(학사)
 2015년 고려대학교 컴퓨터교육학과
 (석·박사통합)
 2015년~현 재 한국과학기술정보연구원
 선임연구원

관심분야: Distributed System & Cloud Computing



서 동 우

<https://orcid.org/0000-0002-3583-8343>
 e-mail : seodongwoo@kisti.re.kr
 2006년 전남대학교 산업공학과(학사)
 2008년 전남대학교 산업공학과(석사)
 2012년 전남대학교 산업공학과(박사)
 2012년~현 재 한국과학기술정보연구원
 선임연구원

관심분야: VR/AR based post-processing & Digital Product Design & Collaboration Interaction & Service Strategy



황 재 순

<https://orcid.org/0000-0003-2379-8505>
 e-mail : jshwang@kisti.re.kr
 2005년 국민대학교 기계설계학과(학사)
 2007년 국민대학교 기계공학과(석사)
 2011년~현 재 한국과학기술정보연구원
 선임연구원

관심분야: Simulation Based Digital Twin & Reduced Order Model & Computational Fluid Dynamics



박 성 욱

<https://orcid.org/0000-0001-7627-4292>
 e-mail : supark@hanbat.ac.kr
 1996년 전남대학교 경제학과(학사)
 1998년 전남대학교 경제학과(석사)
 2007년 전남대학교 경제학과(박사)
 2020년~현 재 한밭대학교 산학융합학부
 조교수

관심분야: S&T policy & Big Data



김 명 일

<https://orcid.org/0000-0002-7174-255X>
 e-mail : mikim@kisti.re.kr
 1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과(학사)
 2000년 중앙대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2004년 중앙대학교 컴퓨터공학과(박사)
 2004년~현 재 한국과학기술정보연구원
 책임연구원

관심분야: Modeling and Simulation & Supercomputing