국가 소프트웨어 정책 Think Tank

월간 SW 중심사회

MONTHLY SOFTWARE ORIENTED SOCIETY

ISSN 2586-5021 | 통권 제57호

2019. 03

No.57 Mar, 2019

ISSUE

클라우드 가상화 기술의 변화

– 컨테이너 기반의 클라우드 가상화와 DevOps

Changes in Cloud Virtualization Technology - Container-based Cloud Virtualization and DevOps

COLUMN

공공SW사업 제도의 방향 설정
The Orientation of Public IT Procurement Policy

비틀어 생각하기 : 제4차 산업혁명, 규제완화 그리고 안전
Think Out of the Box : The Fourth Industrial Revolution, Deregulation and Safety

TREND

개인 이동수단을 위한 자율주행에 관련한 연구 동향 및 전망
Research Trends and Prospects on Autonomous Driving for Personal Mobility

인공지능을 활용한 스마트 스피커 및 전자상거래 동향
Smart Speaker and E-commerce Trends using AI

블록체인, 교육을 바꾸다
Block chain, leading the change in education

2019년 블록체인을 기다리는 당면 과제
What should be a focus on blockchain industry in 2019

국제사회 대북제재 현황과 SW분야의 남북경협
Current Status of the International Sanctions against North Korea and Inter-Korean Economic Cooperation in the Field of Software

북한 SW인력과 교육 현황
Status of North Korean SW Manpower and Education

SPRi 소프트웨어정책연구소

CONTENTS

04

칼럼 | COLUMN

공공SW사업 제도의 방향 설정
The Orientation of Public IT Procurement Policy

비틀어 생각하기 : 제4차 산업혁명, 규제완화 그리고 안전
Think Out of the Box : The Fourth Industrial Revolution, Deregulation and Safety

15

동향 | TREND

개인 이동수단을 위한 자율주행에 관련한 연구 동향 및 전망
Research Trends and Prospects on Autonomous Driving for Personal Mobility

인공지능을 활용한 스마트 스피커 및 전자상거래 동향
Smart Speaker and E-commerce Trends using AI

블록체인, 교육을 바꾸다
Block chain, leading the change in education

2019년 블록체인을 기다리는 당면 과제
What should be a focus on blockchain industry in 2019

60 통계 | STATISTICS

국내 소프트웨어 생산 현황
Domestic Software Production

국내 소프트웨어 수출 현황
Domestic Software Export

64 이슈 | ISSUE

클라우드 가상화 기술의 변화
– 컨테이너 기반의 클라우드 가상화와 DevOps
Changes in Cloud Virtualization Technology
- Container-based Cloud Virtualization and DevOps

국제사회 대북제재 현황과 SW분야의 남북경협
Current Status of the International Sanctions against North Korea and Inter-Korean Economic Cooperation in the Field of Software

북한 SW인력과 교육 현황
Status of North Korean SW Manpower and Education

공공SW사업 제도의 방향 설정

The Orientation of Public IT Procurement Policy

이현승 Lee, Hyun Seung • **책임연구원** Principal Researcher, SPRi • hslee94@spri.kr

들어가며

지난 2017년 5월 새 정부 출범 이후 공공SW사업 분야에서 가장 큰 변화는 두가지일 것이다. 첫째는 2017년 12월 국정현안점검조정회의에서 발표한 「SW산업 육성을 위한 공공SW사업 혁신방안」이다. 이 방안은 2017년 7월부터 9월까지 운영된 「SW '아직도 왜' TF」를 통해 '요구사항 명확화'를 위한 사전심사제와 '과업변경·추가 시 적정대가 지급'을 위한 과업심의위원회 의무화 등공공SW업계의 요구사항을 대폭 수용하였다. 둘째는 좁은 의미의 SW산업 진흥이 아닌 국가 전반의 SW진흥을 위한 SW산업진흥법 전부개정안이 2018년 11월 30일 국회에 제출된 것이다. 이 전부개정안에는 앞서 언급한 공공SW사업 혁신방안도 상당수 포함하고 있다.

공공SW사업 관련 제도개선은 이번이 처음이 아니라 지난 20여 년간 끊임없이 제기되어 왔다. 이번 칼럼에서는 공공SW사업 제도가 지향해야 할 근본적인 원칙 몇 가지에 대한 필자의 의견을 제시해 보고자 한다.

사업금액 조정이 실제로 가능한 제도여야 함

공공SW사업은 주로 시스템통합, 시스템관리 등 IT서비스 사업이기 때문에 사전에 공고된 사업범위에 따라 정액도급계약을 체결해 수행된다. 지금까지는 공공SW 사업범위가 불명확했으며, 이에 따라 발주기관의 무리한 요구를 하더라도 수주기업은 수행할 수밖에 없어 손해를 입어 온 피해자라는 인식이 지배적이었다. 그렇기 때문에 공공SW사업 혁신방안도 보다 철저한 요구사항 상세화를 방안으로 제시했고, 그럼에도 불구하고 발생하는 추가과업 또는 과업의 변경과 그에 따른 계약변경을 공정하게 처리하기 위해 과업심의위원회를 의무화한 것이다.

그러면 과업심의위원회의 가장 핵심적인 역할은 무엇인가? 이름이 과업심의위원회이니 과업을 심의하여 확정하는 것? 필자의 의견은 좀 다르다. 과업심의위원회의 핵심은 사업기간 연장과 계약금액의 변경에 관한 심의라고 본다.

잠깐 눈을 돌려 공공건설을 보자. 공공SW사업과 공공건설사업은 같이 용역으로 분류되기도 하고 정액도급계약이 대다수여서 흔히 비교대상으로 삼는다. 일반적으로 SW기업들은 공공건설 분야의 계약금액조정제도를 부러워 하곤 한다. 그러나 공공건설에서도 발주기관과 사업자 간의 분쟁은 발생하고 있고 이를 해결하기 위한 판결과 제도변경이 계속 일어나고 있다.

2014년 언론보도에 따르면 건설업계의 공공건설 대금청구소송이 늘어났는데, 이는 저가로 발주된 공사에 참여해서 손실을 본 건설사들이 발주처의 횡포에 적극 대응한 결과로 보고 있다. 특히 소송대상이 지방자치단체에서 대형 발주처까지 확대된 것은 어려워진 업계의 현실을 반영한 것으로 보인다.[1] 2015년에는 발주기관의 지시에 따라 야간 작업시간이 줄어들어 사업기간과 인건비가 늘어난 경우도 설계변경이라는 판결이 확정되어 건설업계 입장에서는 계약금액 조정이 좀 더 원활해졌다.[2] 또한 법원도 건설사의 추가대금 청구를 인정하는 경향을 보여 왔다.

1 뉴스1코리아(2014.11.20.), "건설업계 '관급공사 공사비 지급해라',... 공사대금 청구 소송만 22건". http://news1.kr/articles/?1962308
2 법무법인 지평, "추가공사비 소송의 제반 쟁점", 건설부동산 뉴스레터 2016년 4월호. http://www.jipyong.com/newsletter/real_estate/37_201604/data/judgement.pdf

그렇다고 건설사의 추가대금 청구가 항상 인정되지는 않는다. 그동안 발주기관의 요구가 없는 추가공사에 대한 대금청구는 불가능하다는 것이 법원의 확고한 입장이며,[3] 여러 해에 걸쳐 진행되는 장기계속공사계약에서 각 차수별로 공사비용을 조정한 경우에는 총 공사기간이 늘어난 것에 대한 총괄조정은 할 수 없다는 판결도 나왔다.[4] 더불어 앞서 언급한 야간 작업시간 제한을 설계변경으로 보는 판결의 영향 때문인지 2016년에는 건설공사 표준품셈[5]이 개정되어 작업시간제한 할증률을 명시하기에 이르러,[6] 추가청구금액 상한이 제도적으로 설정되도록 변경되었다. 이처럼 공공건설에서는 발주기관과 수주자 간의 구체적인 갈등 속에서 판결에 따라 계약해석 기준이 정립되고 그에 따라 제도가 같이 변경되고 있다.

공공SW사업에서도 추가대금청구 소송이 발생하고 있는데,[7] 소송까지 진행되는 것은 발주기관이나 수주자 어느 쪽이든 상당한 시간과 비용을 부담해야 하므로 소송 이전에 당사자들 간에 합의하여 사업기간과 계약금액을 조정하는 것이 가장 바람직할 것이다.

필자가 보기에는 공공SW업계의 관심도 사업 초기 과업범위를 확정하는 것보다는 무리한 과업추가 또는 변경의 통제와 그에 상응하는 대가지급에 더 쏠려 있다. 그러므로 각 발주기관별로 설치될 과업심의위원회의 실효성 여부도 사업 수행 중에 발생할 수 있는 계약변경 요청에 대한 심의를 얼마나 공평하고 공정하게 수행해내는지에 달려 있다. 그러므로 제안요청서의 요구사항이 상세화될 경우[8]에는 최종적으로는 계약 체결 이후의 과업의 변경이나 추가 여부를 보다 손쉽고 명확하게 판단할 수 있으므로 과업심의위원회의 활동도 과업변경 등의 여부를 확정하는 것보다는 적정 사업기간의 재산정, 그리고 계약금액 조정에 집중될 수 있을 것이다.

만약 요구사항 상세화와 과업심의위원회가 제대로 동작하지 못해서 또다른 제도개선을 모색해야 하더라도 프로젝트가 진행되면서 발주기관의 요구사항 또는 원하는 시스템의 그림이 구체화되는 SW사업의 특성에 맞게 계약의 변경은 언제나 가능해야 한다. 그래야만 공공SW업계에서도 적극적으로 해당 제도를 활용하여 개별 공공SW사업에서 정당한 대가를 받을 수 있을 것이고 제도의 안정성도 높아질 것이다.

---

3 권형필(2018.3.22.), "원칙적으로 추가 공사에 대한 합의가 없는 이상, 추가 공사대금 청구를 할 수 없다(대법원 2005다638** 판결)", 리걸인사이트.
http://legalinsight.co.kr/archives/67979 (최종 방문일 : 2019.2.26.)

4 법률신문(2015.1.8.), "관급공사 공기 핑계 비용 추가청구 제동", 법률신문 판결큐레이션.
https://www.lawtimes.co.kr/Case-Curation/view?serial=89980&page=6

5 국가에서 시행하는 공공 건설공사의 예정가격의 적정성과 객관성·투명성을 확보하기 위해 어떤 일에 소요되는 재료의 수량과 노무공량을 셈하는 기준으로 자재·노무·장비·가설·일반경비 등 2416개 항목에 대한 정부고시가격을 말한다.
(출처 : http://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2016021613185662961)

6 건설경제(2016.10.28.), "〈전선애변호사의 건설판례 플러스〉 작업시간 단축과 공사대금".
http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201610270949239570489

7 예를 들면, 주식회사 엔디에스가 2011년 2월 한국토지주택공사를 상대로 제기한 용역대금청구사건은 엔디에스의 청구가 일부 인정된 채로 2015년 1월 6일 확정되었고, 2018년 7월 경에는 현대BS&C가 주축이 된 콘소시엄이 경찰병원을 상대로 72억원에 달하는 추가용역대금 청구소송을 제기하여 현재 1심이 진행 중이다.

8 요구사항 상세화는 가장 기본적으로는 과업규모를 충실히 산정하여 적정예산이 할당되게 하고, 사업자들이 입찰참여를 결정할 때에 보다 정확한 정보를 제공하여 해당 사업의 적정금액이 시장원리에 따라 결정될 수 있도록 하는 역할을 한다.

공공SW사업의 원가내역을 보다 세밀하게 산정 및 평가해야 함

이상하게 생각하실 분들이 많을 것 같다. 원가내역을 세밀하게 산정하고 평가해야 한다니? 프로그래머 1명의 생산성이 엄청난 차이를 보일 수 있는 공공SW사업을 건설사업처럼 취급하는 건 부당하게 보일 수도 있다.

하지만 공공SW사업을 추진하는 측에서도 예산을 미리 마련해 두어야 하니, 결국 원가내역을 뽑아볼 수밖에 없다. 문제는 그것이 해당 사업의 다양한 구성요소를 충분히 고려하고 있는지, 그리고 시장에서 형성된 가격을 적정히 반영하고 있는지 여부이다. 특히 상용SW 구매와 하도급이 항상 논란이 되고 있는데, 필요한 상용SW 제품군의 시장가격 확인, 하도급 가능한 부분들에 대한 시장상황을 반영한 가치 산정이 중요하다.

그러면 이렇게 산정한 원가내역으로 총 사업금액을 계산해서 심의 후 예산을 할당하면 그 뿐인가? 투찰가격은 각 기업들의 영업비밀이므로 물어보지 않는 것이 정당한 것인가? 그렇지 않다. 특히 구축사업의 경우에는 특정 상용SW를 어떤 가격과 조건에 조달할 것인지, 정보시스템의 어느 부분을 어떤 기업에게 하도급할 것인지가 매우 중요하다. 영국에서는 특정 업체가 제시한 가격이 이상하게(abnormally) 낮을 경우 계약 담당 공무원은 업체에게 가격산정의 근거를 제출하도록 요구하고 그 근거가 합리적이지 않을 경우 해당 업체를 입찰에서 배제하도록 하고 있다. 또한 미국에서도 [그림 1]에서 보듯이 제안요청서에 별도 문서에 가격요소를 상세히 기재할 것을 요구하고 있다. 그러므로 국내에서도 가격평가 시 세부 원가내역을 제출받아 심사하는 방식을 도입하는 것을 적극 검토할 필요가 있다.

그림 1 미국 아칸소주 사회복지정보시스템 고도화사업 RFP의 비용산정 부분

1.21 COST
All charges must be included on the Official Proposal Price Sheets and shall be included in the costing evaluation. To allow time to evaluate proposals prices must be valid for 120 days following RFP opening. Bidder(s) must include ALL pricing information on the Official Price Proposal Sheet ONLY and must clearly mark said page(s) as pricing information. The electronic version of the Official Proposal Price Sheet must also be sealed separately from the electronic version of the technical proposal.

NOTE:
1) The State will not be obligated to pay any costs not identified on the Official Proposal Price Sheet.
2) Any cost not identified by the successful bidder but subsequently incurred in order to achieve successful operation will be borne by the bidder.
3) Official Proposal Price Sheets may be reproduced as needed.
4) Vendor(s) may expand items in the Pricing Table 2 to identify all proposed services to include an hourly rate and description of service. A separate listing, which must include pricing, may be submitted with the "Official Proposal Price Sheet" ONLY.

한편, 국내 SW산업진흥법은 상용SW 분리발주와 하도급 사전승인제를 실시하고 있으며, 하도급보다는 공동수급체를 장려하는 규정을 시행하고 있다. 그러나 이는 원가를 세밀하게 산정하고 입찰기업의 제안가격을 세부 단위로 살펴보는 것과는 조금 거리가 있다. 입찰한 IT서비스 기업들이

사전협상을 통해 확정한 다양한 상용SW 구매 및 기술지원의 공급처와 가격 등 거래조건, 1차 하도급업체까지의 역할분담 및 맡은 부분별 하도급금액을 상세히 기재해서 제출하고 이를 엄정하게 심사하게 된다고 가정해 보자.

그렇다면 패키지SW업체의 가격협상력 증대를 위해 도입된 상용SW 분리발주와 수직적 하도급관계를 수평적 파트너관계로 전환하고자 도입한 공동수급체 장려조항이 의도하는 바를 일괄발주에서도 구현해 낼 수 있다. 그렇다면 상용SW 분리발주에 따른 발주기관의 부담도 줄어들지만 무엇보다도 공공SW사업자들의 제살깎기식의 저가입찰과 그 여파로 상용SW업체와 하도급업체에 부담이 전가되는 것을 방지할 수 있다.

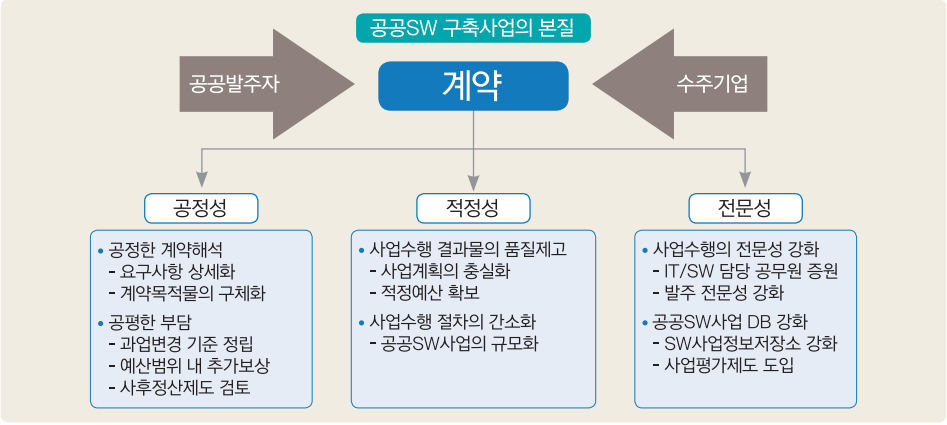
노파심에 덧붙이자면, 우선협상대상자에게 각 세부 내역의 최저가의 조합을 요구하는 일은 있어서는 안된다. 발주기관의 제안요청서에 대응하여 입찰기업들이 제시하는 세부 가격내역은 시장의 실거래가격들의 집합이기는 하나, 총액은 입찰기업의 종합적인 역량의 성과로 최저가의 조합은 시장에서 실재하지 않는 이론적인 가격이다. 또한 개별 구매 시 발생하는 발주 등 부대비용을 감안하면 오히려 발주기관의 부담이 커질 것이다.

공공SW사업의 문제점을 계약과 시장의 관점에서 해소하려는 원칙이 중요

이번에는 앞서의 두 가지 방향까지 포함하는 보다 큰 원칙을 말해보고자 한다.

먼저 좀 더 시계를 뒤로 돌려 보자. 지난 2016년 8월 말 열린 민관합동 SW TF에서 분할발주를 포함하여 공공SW사업 발주제도를 선진화하기 위한 연구반 구성이 제안되었다. 그 제안에 따라 1개월여의 준비를 거쳐 2016년 10월 17일 첫 회의가 열렸고 약 7개월간 운영되었다. 필자도 그 연구반에 참여하였는데, 연구반의 성과는 2017년 6월 13일 필자가 몸담고 있는 SW정책연구소 대회의실에서 열린 제31회 SPRi 포럼에서 발표되었다.([그림 2] 참조)

그림 2 공공SW사업 발주관리 선진화의 방향



발표의 요지는 다음과 같았다. 현재 공공SW사업 발주제도의 준수율 자체는 높으나 시장의 체감정도가 미흡하다. 가장 중요한 '요구사항 상세화'는 실제 사업규모의 대략적인 산정이 어려울 정도이며 과업변경기준도 확립되어 있지 않아서 업계에서 오랜 숙원이 아직 해결되고 있지 않다. 또한 공공SW사업이 본격적으로 추진된 게 20년이 넘었는데도 불구하고 아직까지 발주기관과 수주기업의 여건을 고려한 지원제도가 미비하다는 것이었다. 그래서 공공SW사업이 발주기관과 수주기업 간의 장기간에 걸친 계약이라는 점에 주목해 발주제도의 선진화라는 추상적인 목표를 계약의 공정성, 적정성, 이행능력의 전문성 강화라는 것으로 새롭게 정의하고 이 프레임웍에 맞춰 업계의 오랜 요구사항들에 대응하는 다양한 개선방안을 제시하였다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이 요구사항 상세화나 과업변경기준 정립은 공공SW사업 혁신방안의 밑거름이 되어 SW산업진흥법 전부개정안에도 포함되었다.

공공조달은 공공성을 고려하고, 조달절차에서 환경, 인권, 노동, 고용, 공정거래, 소비자 보호 등 사회적·환경적 가치를 반영[9]하는 조금 특수한 시장이라고 볼 수 있다. 그러나 '시장'이기 때문에 기본적으로는 '가격결정기구'라는 시장의 본질적 기능을 유지하면서 다양한 정책목표를 달성하기 위해 제도를 운영해야 한다. 또한 모든 공공조달제도가 그러하듯, 공공SW사업도 계약의 일종이기에, 계약당사자인 발주기관과 수주기업이 계약 내용을 제대로 이해하고 충실히 이행하는 것이 중요하다. 그리고 공공SW사업이 장기간에 걸쳐 수행되고 그 결과물인 정보시스템도 수년간 운영된다는 특성을 고려하면, 계약의 원활한 이행과 목적달성, 단기간의 비용이 아닌 장기간의 총소요비용, 국민 또는 공무원인 사용자의 만족도 간의 조화를 추구하는 방향으로 제도가 운영되어야 할 것이다.

그렇지 않을 경우에는 다양한 형태로 부작용이 생길 수 있다. 예를 들면, 공공SW사업에서 기술능력만 평가하자는 주장이 있는데, 이럴 경우에는 공공SW시장의 가격조절기능은 상당 부분 상실될 것이며, 공공SW사업자 간의 혁신을 통한 가격경쟁의 유인동기도 감소할 것이다. 또 지금까지 사업자 선정과정의 공정성 시비를 피하고자 조달청에 발주를 위탁하고 발주기관의 개입을 줄이다 보니, 발주기관의 업무특성과 요구사항을 정확하게 이해하면서 그에 적합한 업체를 선정하기가 어려워졌다. 그리고 사업자 선정 시 유사사업 수주실적만 평가하다 보니 성실하고 꼼꼼하게 사업을 마무리해 좋은 평판을 얻은 업체와 그렇지 않은 업체를 분별해 내기가 쉽지 않다. 따라서 계약과 시장의 원활한 작동이라는 철학을 계속 견지하면서 이런 문제점들을 해결해 나가야 한다.

나가며

세상에 완벽한 제도라는 것은 없을 것이다. 전혀 고쳐질 필요가 없는 제도라는 것이 어디 있겠는가? 공공SW사업 부문에서도 각국 별로 나름의 문제점과 대응방안을 모색해 제도를 개선하고 있으며,

9 조달사업법 제1조(목적) 이 법은 조달사업을 공공성을 고려하면서도 효율적으로 수행하기 위하여 조달사업의 운영 및 관리에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

그럼에도 분쟁은 항상 발생하고 있다. 영국에서는 일부 IT 대기업 위주로 공공SW시장이 독과점화되고 있다는 인식 아래, 민간 클라우드의 적극적인 도입, 대형 SW사업 억제, 계약기간 단축을 통한 IT기업 간 경쟁 증대를 꾀하고 있다. 미국에서도 폭증하는 데이터센터 등으로 인해 IT예산을 보다 효율적으로 사용하고자[10] 2009년 클라우드 퍼스트정책을 도입해 민간 클라우드를 적극 도입하는 한편, IT현대화법을 제정해 기존(Legacy) 시스템을 현대화하고 있다.

미국 연방정부기관들이 민간 클라우드를 도입하는 것이 순조롭기만 하지는 않았다. 2013년 중앙정보국(CIA)이 아마존(AWS)과 맺은 10년 6억 달러 규모 계약에 IBM이 소송을 걸었는가 하면, 2018년 5월에 오라클은 국방부와 린 클라우드(REAN Cloud) 회사 간의 계약에 이의를 제기했다.[11] 또 미국 국방부의 10년간 100억 달러 규모의 민간 클라우드 도입 프로젝트인 'JEDI' 사업을 둘러싸고 클라우드 업체 간의 경쟁이 격화되고 있다. 2018년 10월에 IBM이 미국 감사원(GAO)에 항의문서를 제출하고,[12] 오라클이 연방법원에 현재의 사업추진절차가 위법하다며 소송을 제기했다.[13] 거기에 12월에는 국방부가 아마존에 특혜를 제공했다는 문건이 워싱턴 정가에 유포되는 등 분쟁이 갈수록 심해지고 있다.[14]

그러나 이러한 분쟁 속에서 미국 연방정부의 IT조달제도가 바뀔까? 필자는 그럴 가능성이 낮다고 본다. 국방부의 'JEDI' 프로젝트의 경우 제도의 문제가 아닌 특정 사업의 문제이기 때문에 추진과정에서 위법사항이 있다면 그것을 시정하는 것이 우선될 것이다. 그리고 몇몇 IT업체가 사업을 분할할 것을 원한다 해서 그것이 발주기관의 이익 또는 국가 전체의 이익이라고 입증되지 않는 이상 사업의 추진방식을 변경할 이유가 없기 때문이다. 이런 점에서 미국의 공공IT조달제도는 성숙하다고 볼 수 있다.

국내 공공SW사업에 관해 2000년 초반부터 20여 년 동안 진행된 제도개선에 대한 논의들을 살펴보면 주로 발주기관의 갑질과 특정 기업과의 불공정한 유착관계를 없애고, 하도급 또는 상용SW 구매 관계에서 하도급인이나 구매자의 횡포를 제어하는 데 초점이 맞춰져 있었고, 나름대로의 성과를 거두었다. 그러나 점점 제도가 복잡해지면서 발주자와 관리감독해야 할 주무부처의 부담은 늘어만 가는데 업계가 제기한 문제점들도 속시원히 해결되지는 않는 상황이다.

그렇다면 공공SW시장의 '시장'과 '가격'에 의한 자정능력을 믿어보는 것은 어떨까? 그 믿음에 바탕하여 공공SW사업 제도가 지향해야 할 근본적인 원칙에 관한 논의가 시작되기를 기대한다.

10 미국 연방정부의 이러한 노력에도 불구하고 IT예산은 2011년 754억 달러에서 2018년에는 849억 달러로 최근 7년간 연평균 2% 증가했다.(출처 : 미국 연방정부 IT대시보드 https://itdashboard.gov/#learn-basic-stats)

11 디지털데일리(2018.8.9.), "100억달러 구모 美 국방부 클라우드 사업... 뜨거운 각축전". http://www.ddaily.co.kr/news/article.html?no=171505

12 디지털데일리(2018.10.14.), "11조 원 규모 '펜타곤 ' 클라우드 사업... AWS 견제나선 IT 공룡들". http://www.ddaily.co.kr/news/article.html?no=173605

13 테크크런치(2018.12.12.), "Oracle is suing the US government over $10B Pentagon JEDI cloud contract process". https://techcrunch.com/2018/12/12/oracle-is-suing-the-u-s-government-over-10b-pentagon-jedi-cloud-contract-process/

14 디일렉(2018.12.23.), "아마존-美 국방부 뒷거래 의혹 확산... '11조 원' 클라우드 계약 수주전". http://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=382

비틀어 생각하기 : 제4차 산업혁명, 규제완화 그리고 안전

Think Out of the Box : The Fourth Industrial Revolution, Deregulation and Safety

진회승 CHIN, Hoeseung • **책임연구원** Principal Researcher, SPRi • hschin@spri.kr

제4차 산업혁명을 촉진하기 위해 규제완화가 중요한 정책수단으로서 제시되고 있다. 그런데 그 규제완화의 주요대상이 안전기준 등 안전에 관한 사항이 많아서 규제완화에 대한 반대가 커서 정책이 쉽게 진행되지 못하는 경우가 많은 듯하다. 제4차 산업혁명을 촉진하기 위한 규제완화가 안전을 저해하는 것일까? 아니면 그렇지 않은 것일까?

필자는 제4차 산업혁명을 촉진하기 위한 규제완화가 우리 사회의 안전을 저해하는 것으로 동일시하는 것은 두 가지 측면에서 옳지 않다고 생각한다. 첫째는 규제가 많다고 안전이 더 확보된다는 보장이 없다는 점, 둘째는 현재의 하드웨어 안전 중심의 규제가 소프트웨어 안전이 중심이 되는 제4차 산업혁명 기술에 그대로 적용되기 어려운 점이다.

안전과 규제의 상관관계 : 규제가 많을수록 안전하다?

과거에 비해 사회 기반 인프라나 운용 시스템이 연결화, 거대화, 그리고 복잡화되면서 사회전체를 안전하게 관리하기 어려워지고 있다. Beck(1997)[1]이 말하는 소위 '위험사회'가 되고 있다고 할 수 있을 것이다. Beck은 사회가 발전하면 위험도 그만큼 늘어난다고 주장하였는데 지난 우리나라에서 발생한 여러 사고들을 되돌아보면 타당한 듯도 하다.

이러한 위험에 대응하기 위해 그간 우리 사회는 사고가 발생할 때마다 새로운 규제를 신설하기도 하고 기존의 규제를 강화하기도 하였다. 이는 결국 정부가 안전을 책임지고 관리해야 한다는 우리 사회의 합의이기도 했다. 이처럼 정부가 최종적으로 개입하여 사회의 위험을 관리하는 것은 이론적으로 두 가지 이유가 지적된다. 첫째는 시장실패이다. 위험의 외부성이라는 특성과 정보비대칭성 등으로 인해 위험에 대한 적정한 시장가격이 형성되지 못한다는 것이다. 둘째는 시장행위자들이 위험을 이해 못하는 등 비합리적 이유로 위험을 무시하는 행위이다. 소위 안전 불감증 등이 이러한 행태에 해당한다 할 수 있다.

최근의 정부 규제정책을 보면 규제를 완화하거나 혁신, 재설계하려는 노력이 주된 활동이지만 안전규제 등은 여기서 제외하려는 모습을 보이는 것도 이러한 관점이 반영된 것이라 할 수 있다. 국무조정실에서 관리하는 우리나라 규제정보포털(규제등록시스템)[2]을 보면 규제가 몇 개라고 특정할 수 없을 정도로 복잡화되고 있는데 특히 안전 등의 분야에서는 규제량이 지속적으로 증가하고 있다. 규제등록 시스템에서 안전과 직접 관련된 법령상 규제를 검색하면 5,500개에 이르는 것을 봐도 짐작할 수 있다.

그런데 이렇게 규제가 강화되는데도 언론이나 방송에서는 사고가 끊이지 않고 사상 최초, 최악의 사고라는 수식어를 심심치 않게 들어야 한다면 '과연 규제가 우리 사회의 위험을 줄여 주고 있는 것일까?' '규제가 많을수록 우리 사회는 안전해지는 것일까?'라는 의문이 제기되지 않을 수 없다.

이에 대해 필자는 2가지 측면에서 해석이 가능하다고 생각이 된다. 첫 번째는 규제와 안전 간에 인과관계가 항상 존재하느냐에 관한 것이다. 논리적으로도 '위험증가 → 규제강화'하면 그 결과 '위험감소 → 규제감소'로 이어져야 하는데 규제가 계속 강화되거나 증가한다는 것은 규제와 안전 간에 항상 비례관계가 존재하는 것은 아닐 것이라는 추정이 가능할 수 있기 때문이다. 두 번째는 규제가 존재하는 상황에 대한 해석이다. 규제가 많다는 것은 위험요소가 현재 그만큼 존재한다는 반증일 수 있고 규제로 인해 안전해지지 않았다는 의미일 수 있다. 또한 앞에서 지적했듯이 '위험상황 → 규제 → 위험감소 → 규제감소'로 가야 하는 것인데 현실에서는 이러한 순환관계가 아닌 '사고 → 규제, 사고 →

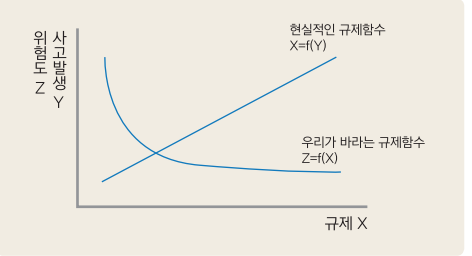
1 Beck, U., Riskogesellshaft, 홍성태 역(1997), 『위험사회 : 새로운 근대성을 향하여』, 새물결.
2 https://www.better.go.kr/zz.main.PortalMain.laf, 행정규제의 투명하고 합리적인 운영을 위하여, 중앙행정기관은 「행정규제기본법」에 따라 모든 소관 행정규제를 규제개혁위원회에 등록한다.

규제'의 단절적이고 반복적인 규제 생성체계로 이루어져 있다면 규제는 안전과 비례하는 것이 아니라 사고발생에 비례하는 것일 수 있다. 규제가 많으면 안전할 것이라는 믿음은 일종의 '패러독스'라고나 할까 해석상 오해의 소지가 존재할 수 있다. 규제의 필요나 효과에 대해 우리가 지속적으로 관심을 가져야 할 이유가 있는 것이다.

이를 그림으로 표현하면 다음의 두 가지 그림으로 나타낼 수 있다. [그림 1]은 규제와 안전의 관계에 관한 그래프이다. 일정 수준까지는 규제가 증가하면 안전이 강화되다가 일정 수준을 넘어가면 규제의 증가로 오히려 안전이 저해되는 결과를 가져올 수도 있다는 것을 보여주고 있다. 지나친 규제는 실제 이를 지키기 어렵게 되어 규제체계가 형해화될 우려가 있고, 규제기관이 책임을 회피하기 위해 남용하는 수단에 불과한 것으로 변질될 수 있기 때문이다. [그림 2]는 규제 그리고 사고발생 또는 사회적 위험 간의 관계에 대한 그래프이다. 만약 규제가 안전을 강화하는 순기능으로 지속적으로 작용한다면 규제가 많을수록 안전이 강화되는 즉, 사회적 위험(사고)이 규제에 반비례하는 함수가 될 것이다. 이는 우리가 규제에 바라는 바람직한 함수라 할 수 있을 것이다. 반면에 사고가 발생할 때마다 규제가 강화되는 생성체계라면 독립변수는 사고발생 수가 될 것이고 종속변수가 규제가 되는 『규제=f(사고 또는 위험)』의 함수의 형태가 될 것이다. 우리 정치행정시스템과 사회문화 등을 감안할 때 규제생성은 사고발생에 비례한 것에 가까울 것으로 생각된다. 만약 그렇다면 규제완화를 우리 사회의 위험도가 증가하는 것으로 간주하는 것은 오류를 범할 수 있다. 그러므로 그 규제완화가 실제 발생시킬 위험이 무엇인지 그를 해결할 대체적인 방법이 있는지 여부 등을 제대로 보는 것이 먼저 이루어져야 할 것이다.

그림 1 안전과 규제와의 관계

그림 2 규제에 대한 현실과 이상



현재의 규제체계가 항상 최선인 것은 아니다 : 시대에 변화에 맞추어 부단히 혁신해야

제4차 산업혁명 기술에 대해 '현재의 규제'를 완화하지 않고 지속 적용하여야 한다는 명제가 성립하려면, 제4차 산업혁명 기술을 적용함에 있어 현재의 규제체계가 최선이고, 현재의 규제를 완화할 경우 사회적 위험이 지금보다 더 증가하는 것이 명확해야 한다.

그런데, 제4차 산업혁명은 기존 산업에 IT가 융합하는 것이 핵심인데, 이는 우리 역사상 아직 경험해 보지 못한 수준의 것이다. 따라서 이에 대한 규제체계가 아예 없거나 현재 규제체계를 적용하기 어려운 부분이 있고, 하드웨어보다 소프트웨어 안전이 더 중요해지면서 안전의 대상과 본질이 변화한다고 볼 수 있다. 이러한 점으로 보건대 현재의 하드웨어 중심 규제체계가 제4차 산업혁명 소프트웨어 기술에 대해서도 최선이라기에는 한계가 있다.

또한 제4차 산업혁명 기술들이 도입되거나 현실화할 경우 안전 등에 대한 책임문제가 제기되는 것은 불가피하지만, 제4차 산업혁명이 추구하는 소프트웨어 기반 사회는 사람이 아닌 소프트웨어에 의해 관리, 운영되는 체제로서 사람의 개입이 축소되는 특성이 있는 바, 소프트웨어가 안전하다면 현재 사람에 의한 운영체계보다 더 안정적이고 통제가 가능한 시스템이라 할 것이다. 더구나 소프트웨어에는 안전 불감증이 존재하지 않는다. 따라서 앞에서 서술한 정부개입과 규제의 이론적 근거가 제4차 산업혁명 기술에도 그대로 적용될 수 있는 것인지는 좀 더 관찰할 필요가 있다. 이러한 관점에서 보면 제4차 산업혁명 기술들에 대한 규제완화가 우리 사회에 위험을 증가시킨다고 단정하고 이를 반대하는 것은 지나친 단순화의 오류를 범할 가능성이 있다. 즉, 제4차 산업혁명 기술을 도입, 운용하기 위한 규제완화가 사회적 큰 틀에서는 안전을 저해하는 것이 아닐 수 있다.

'안전은 규제'라는 도식적, 형식적 논리에 매몰되기보다는 실질적으로 소프트웨어 기반 사회에서 안전을 확보하기 위한 새로운 노력이 필요하다. 신산업과 기술이 기존의 규제를 모두 충족해 가면서 창출되기는 어렵다. 기술의 성격이나 적용 방식이 다르고 새로운 것이기 때문에 기존의 안전기준을 적용하는데 한계가 있고 완전히 새로운 접근이 필요하다. 규제에 따른 효용과 비용을 조화롭게 감안하는 지혜도 필요하다. Wildavsky(1988)[3]가 주장한 것처럼 현재와 전혀 다른 소프트웨어 기반 사회에서 안전이 구축되기 위해서는 시행착오가 필요하다는 점을 인정할 필요가 있다. 과학기술의 발달로 사회적으로 안전해졌다는 경험적 증거들을 굳이 찾지 않더라도 지나친 사전적 규제와 경직된 규제체계로 인해 더 안전할 수도 있는 새로운 사회체계인 소프트웨어 기반 사회의 도래 자체를 부정하는 우를 범해서는 안 될 것이다.

이런 측면에서 최근 우리 정부의 규제 샌드박스 도입 등 일련의 실험적 시도는 매우 필요한 것으로 평가된다. 통제된 상황 또는 일정 실험 후 필요 시 안전을 위한 규제의 내용이나 강도, 범위를 정한다면 시행착오로 인한 비용을 최소화할 수 있을 것이다.

3 Wildavsky, A.(1988), 『Searching for Safety』, New Brunswick & London : Transaction Books.

개인 이동수단을 위한 자율주행에 관련한 연구 동향 및 전망

Research Trends and Prospects on Autonomous Driving for Personal Mobility

서영희 Seo Young Hee • **선임연구원** Senior Researcher, SPRi • yhseo@spri.kr

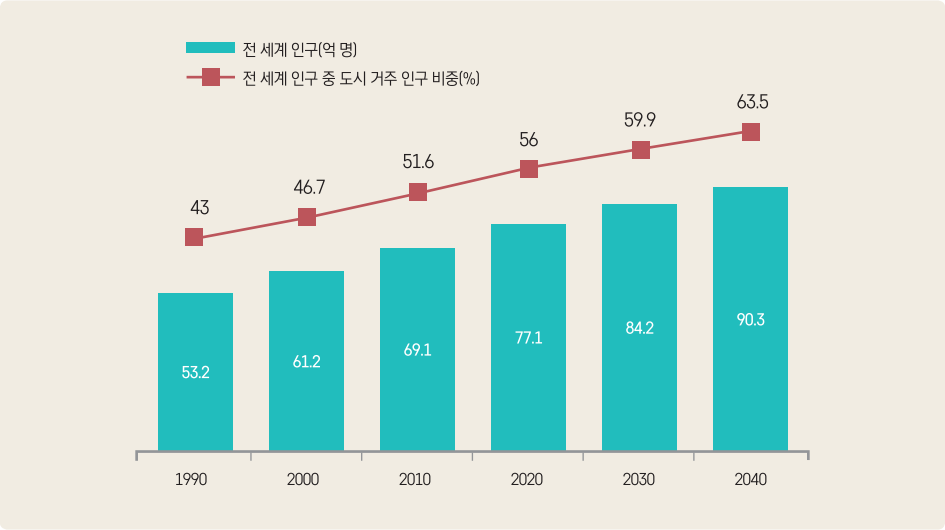
- 개인 이동수단(Personal Mobility, 이하 퍼스널 모빌리티)은 상대적으로 단거리를 이용하기 위한 1~2인용 소형 이동수단으로서 지속적인 도심화 및 환경오염 등의 사회문제의 해결책으로 대두되고 있다. 국내외 연구자들은 자율주행 기술을 활용한 퍼스널 모빌리티에 관련한 R&D를 수행하고 있으며, 향후 자율주행기술의 도입 및 확산을 위해 이동성 및 편리성이 높은 퍼스널 모빌리티에 단계적 적용이 가능하다.

- As a compact mobile vehicle for one to two people to take advantage of relatively short distances, personal mobility is emerging as a solution to social problems such as continuous urbanization and environmental pollution. Domestic and foreign researchers are carrying out R&D on personal mobility using autonomous vehicle technology. In the future, it is possible to gradually apply it to personal mobility with high mobility and convenience in order to introduce and spread autonomous vehicle technology.

지속적인 도심화 속에서 이동성과 편리성을 향상시키는 퍼스널 모빌리티

현재 세계는 인구의 절반이 도심에 거주하고 있고, 지속적인 도시화가 진행되고 있다. 전 세계 인구는 2040년 기준으로 90억 명 중 64%가 도시에 거주할 것으로 예상된다.[1] 2017 인구주택 총조사에 따르면 2017년 11월 기준, 한국의 총 인구는 5,142만 명이다. 그중 수도권(서울·경기·인천) 인구는 2,552만 명으로 전체 인구의 49.6%를 차지하고 있다. 이러한 도심 인구 과밀화 현상은 교통 체증과 자동차 관련된 공해의 발생 증가로 인한 환경 문제로 이어지고 있다. 복잡하고 교통 체증이 증가하는 도심에서 차량의 이동성과 주차 문제 등으로 인해 주요 국가에서는 배기량을 자동차의 등록세나 부가가치세, 그리고 보유세 등에 대한 과세 근거로 삼고 있다.

그림 1 전 세계 인구 및 도시 거주 비중



※ 출처 : KB금융지주 경영연구소(2015), "스마트 모빌리티 현황과 전망"(World Urbanization Prospects(UN) 재인용).

또한, 일본 후지경제 분석 자료에 의하면 세계 퍼스널 모빌리티 시장은 2020년까지 수량으로 1억대까지 늘어날 전망이다. 특히 직립 탑승형 시장규모는 2015년 4,000억 원에서 2030년 26조 원으로 급속히 성장할 것으로 전망한다.[2]

이에 따라 도시 내 이동성 및 편의성을 향상시키고, 환경오염을 최소화하는 교통서비스 및 개인 이동수단인 퍼스널 모빌리티(Personal mobility)의 필요성이 대두되고 있다. 퍼스널 모빌리티에 대한

1 KB금융지주 경영연구소(2015), "스마트 모빌리티 현황과 전망".
2 서울연구원(2018), "개인교통수단 보급 확대에 따른 대응방향".

정의는 연구자마다 다르게 규정하고 있으며, 킥보드나 스케이드 보드부터 소형 전기차까지 넓은 범위로 구분하기도 한다. 연구자마다 퍼스널 모빌리티의 동력이나 형태에 대한 정의는 조금씩 다르지만, 공통적으로 "상대적으로 단거리를 이동하는 것을 목적으로 하는 소형 이동 수단"으로 정의하고 있다.

표 1 퍼스널 모빌리티에 대한 다양한 정의

구분	정의
일본 국토교통성 (2012)	선진 기술을 이용한 입식 전동이륜차나 시내에서 이용하는 것을 목적으로 하는 1~2인이 타는 소형 전동 콘셉트카 등을 포함
전황수(2013)	근거리 및 중거리를 주행할 수 있는 전기구동 방식의 개인용 이동수단을 통칭하며, 소형 전기 자동차, 세그웨이, 전기 자전거, 전기 오토바이 등을 포함[3]
IRS Global (2015)	스마트한 전자제어 장치가 탑재되어, 별도의 수동조작 없이 스스로 균형을 잡고 세밀하게 주행할 수 있는 미래형 이동수단
도로교통공단 (2015)	1~2인이 상대적으로 단거리를 이용하기 위한 개인용 이동기기[4]
지우석·박경철 (2016)	신 개인이동 교통수단(스마트 퍼스널 모빌리티 : Smart Personal Mobility Device)이란 기존의 내연기관 방식을 탈피한 방식의 구동방식을 사용하고 1~2인이 타고 다닐 수 있는 이동수단을 총칭[5]
박종준 (2017)	주로 전기를 동력으로 하여 1인 또는 2인이 이용하는 교통수단을 말하며, 전기 자전거, 전동 킥보드, 전동 휠 등의 다양한 형태의 이동장치를 포함[6]

이 동향에서는 교통 체증의 증가에 따라 이동의 편리성을 제공하고 환경오염을 최소화하는 퍼스널 모빌리티 분야에서 자율주행 SW기술을 접목한 국내외 연구 동향 및 전망을 소개하고, 시사점을 도출하고자 한다.

국내외 퍼스널 모빌리티 분야의 자율주행에 관련한 연구 동향

국내 기업들은 소형 이동수단인 퍼스널 모빌리티에 자율주행 기술을 활용하고자 하는 계획을 발표하였다. KT와 언맨드 솔루션(Unmanned Solution)은 자율주행 사업화를 위한 업무협약(MOU)를 체결(2018.5.)하고 퍼스널 모빌리티의 자율주행 사업화를 진행할 계획이다.[7] 협약에 따라 KT는 자율주행 V2X(Vehicle to Everything) 통신 인프라, 관제 플랫폼 구축 그리고 주행 패턴 빅데이터

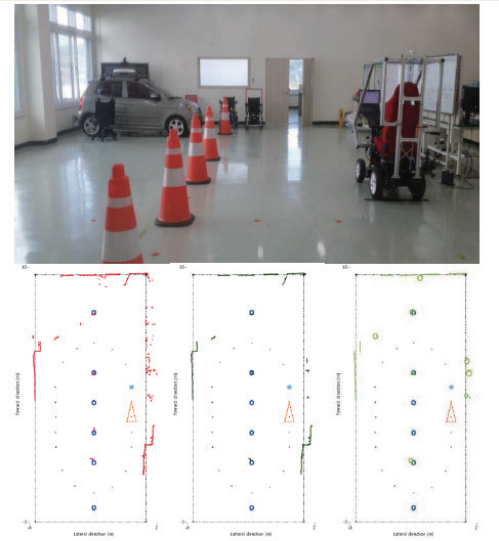
3 정보통신산업진흥원(2013), "퍼스널 모빌리티 개발 동향", 주간기술동향 1618호.
4 도로교통공단(2015), "교통수단의 구분 및 관리에 대한 도로교통법령 개정방안연구".
5 경기연구원(2016), "새로운 개인이동교통수단 시대는 이미 시작, 제도적 대응은 미흡".
6 박종준(2017), "개인형 이동수단 관련 법제에 대한 고찰".
7 디지털타임즈(2018), "자율주행 사업 속도내는 KT… 언맨드솔루션과 업무 협약".

분석을 수행하고 언맨드 솔루션은 자율주행 관련 하드웨어 제작 및 솔루션 개발역량을 바탕으로 자율주행 차량 제작을 추진하기로 하였다.

현대자동차는 상점과 고객 간의 거리, 위치, 시간 등을 고려하여 최적의 라이더를 배정하는 플랫폼을 제공하는 메쉬코리아에 225억 원을 투자하였다. 현대자동차는 해당 투자를 통해 물류 알고리즘 기술과 관련 인프라에 무인 배달차량과 같은 자율주행 기술을 적용한다는 계획을 발표하였다.[8]

서울대학교 차세대융합기술연구원은 [그림 2]와 같이 장애인 또는 노인의 이동성 향상을 위해 자율주행이 가능한 1인용 스마트 퍼스널 모빌리티 플랫폼 개발 연구를 수행하였다.

그림 2 스마트 퍼스널 모빌리티의 지각 시스템에 대한 평가 실험



※ 출처 : 전대성·김재환(2015), "자율주행 가능한 1인용 스마트 퍼스널 모빌리티 플랫폼 개발".

충북대학교 스마트카연구센터는 초소형 전기차를 이용한 개방형 자율주행 플랫폼을 개발하고 2017년 대학생 자율주행 경진대회에 참가한 8개 대학교에 지원되어 구현된 성능을 검증하였다.[9] 충북대 연구진은 초소형 2인용 전기차 '다니고'를 이용하여 라이더(LiDAR), 카메라, GPS, IMU(Inertial Measurement Units, 관성 측정 장비) 센서와 긴급정지 등의 안전장치 등으로 전장을 구성하였고, 여러 ECU(Electronic Control Unit, 전자제어장치)들을 제어하기 위한 VCU(Vehicle Control Unit, 차량제어장치)를 장착하여 개방형 자율주행 플랫폼을 개발하였다.

8 조선.com(2018), "현대차, '라스트 마일' 시장 진출..자율주행·퍼스널 모빌리티 사업 모색".
9 이호원(2018), "초소형 전기차를 이용한 개방형 자율주행 플랫폼 개발", 충북대학교 스마트카연구센터.

그림 3 초소형 전기차를 이용한 개방형 자율주행플랫폼

※ 출처 : 충북대학교 스마트카연구센터(2018), "초소형 전기차를 이용한 개방형 자율주행 플랫폼 개발".

해외 퍼스널 모빌리티 분야의 자율주행 관련 연구 동향

일본의 야마하(YAMAHA)는 자율주행 소프트웨어가 장착된 실험용 전기 오토바이인 모토로이드(MOTOROID)를 발표하였다.[10] 모토로이드에는 얼굴 인식 기술 등의 인공지능 기술이 적용되어 오토바이 소유주의 손동작, 제스처 등에 반응하여 동작한다. 더욱 개인적인 경험을 위해 탑승자에게 특정 상황에 대한 되먹임(Feedback)을 보내는 촉각(Haptic, 햅틱)의 인간-기계 소통 기능이 포함될 예정이다. 개인의 이동성을 중시한 모토로이드는 45회 도쿄 모터쇼 2017과 CES(소비자 가전 전시회) 2018에 전시되어 개념 모형으로서 많은 관심을 받았다.

BMW그룹의 모터사이클 부문인 BMW 모토라드(BMW Motorrad)는 2018년 9월에 자율주행 시스템을 탑재한 오토바이의 시연 영상을 공개하였다. 모토라드의 목표는 오토바이 주행 중 탑승자가 의식을 잃어도 오토바이가 쓰러지지 않고 정차하는 등 위험한 상황에서 보다 나은 안정성을 높이는 것이다.

10 데일리시큐(2018), "야마하, 곧 자율주행 오토바이 선보인다".

그림 4 BMW의 자율주행 오토바이(BMW R1200GS)

※ 출처 : BMW Motorcycle magazine(2018), "Self-Driving BMW R1200GS Motorcycle Presented at BMW Motorrad Tech day 2018".

일본의 미래로봇 기술 연구센터인 fuRo에서 개발한 초소형 모빌리티 ILY-A는 사용자의 안전을 위한 지능형 안전 기능이 장착되어 있고 오작동에 대해 끊임없이 진단하고 모니터링하며, 잠재적 사고가 발생하기 전에 예방한다.[11]

그림 5 ILY-A의 4가지 모드- a) 차량, (b) 킥보드, (c) 카트, (d) 이동 모드

※ 출처 : Hideaki YAMATO(2017), "Pedestrian-Space Personal Mobility, ILY-A, with Features of Transformation and Safety Function".

11 앱스토리 매거진(2018), "자율주행 그 이상, 곧 출시될 스마트 모빌리티".

자율주행 기술 적용은 어디에서부터?

자율주행기술의 선도국인 미국은 완전자율주행기술이 화물차부터 도입될 것이라고 전망하고 있으나 국내는 소형차부터 적용하고자 하는 움직임이 있다. 시장조사기관인 IHS 마킷(Markit)[12]과 코트라(KOTRA)에 따르면, 미국 내 완전자율주행 화물차 시장은 2025년부터 2035년까지 연평균 43%씩 증가해 2035년엔 미국 화물차의 15%가 완전자율주행이 가능할 것으로 전망[13]하였다. 또한 IHS는 화물차가 승용차보다 차체가 높고 운행 환경이 단조로워 자율주행기술 도입이 상대적으로 용이하다고 언급하고, 신호, 보행자 등의 변수가 상대적으로 적은 고속도로를 주로 이용해 SW 개발도 수월하다고 분석하였다.

그러나 국내에서는 2017년 11월에 차량용 윤활유를 과적하여 문제가 발생한 대형 트럭 참사 등 대형 차량에 대한 우려가 크기 때문에 사고 피해 규모가 상대적으로 작은 소형차부터 적용하고자 하는 시도를 보이고 있다. 또한 국내 도로가 미국과는 다르게 좁고, 신호가 많아 자율주행 기술이 제대로 구현되지 않을 가능성이 높다는 지적이 제기되었다.

이에 따라 국내 자동차 업체들은 사고 피해 규모가 상대적으로 작은 소형차나 쏘카, 그린카와 같은 차량 공유 시스템 위주로 자율주행기술을 도입하고 순차적으로 보급을 확대하려는 전략을 가지고 있다.[14]

시사점

국내외 퍼스널 모빌리티 관련 업체 및 연구소는 1~2인용 소형 이동수단에 자율주행 기술을 활용한 연구를 수행하고 있다. 해외의 경우, 오토바이나 킥보드/차량/카트 등 다양한 형태의 퍼스널 모빌리티에 자율주행 기술을 적용하려는 연구가 진행되고 있다. 한국은 1~2인이 이용하는 소형 자동차를 대상으로 연구하고 있다.

특히 퍼스널 모빌리티는 세계시장에서 급속한 성장이 예측되고, 이동의 편리성 및 도심화, 환경오염, 주차 공간의 부족 등 사회문제의 해결책을 제공하고 있기 때문에 향후 전망이 밝다.

그러므로 도시의 인구 증가 및 미세먼지 저감 등 사회적 문제에 적극적으로 대응하고, 국내 자율주행 자동차의 도입과 확산을 위해서는 이동성의 장점이 있는 다양한 형태의 1~2인용 퍼스널 모빌리티를 대상으로 단계적으로 자율주행기술을 적용하고 이를 점차 확대 적용하는 방향도 하나의 대안이 될 수 있다.

12 IHS(Information Handling Services) Markit은 IHS와 Markit Ltd.가 합병된 세계 정보 제공 업체
13 한국일보(2018.6.), "완전자율주행기술 도입은 "미국에선 화물차, 한국선 소형차부터"".
14 한국일보(2018.6.), "완전자율주행기술 도입은 "미국에선 화물차, 한국선 소형차부터"".

인공지능을 활용한 스마트 스피커 및 전자상거래 동향

Smart Speaker and E-commerce Trends using AI

박태형 Park, Tae Hyoung • **책임연구원** Principal Researcher, SPRi • parkth@spri.kr

- 스마트 스피커는 가정에서 IoT 기기와 연동을 통해 스마트홈 플랫폼으로 자리 잡고 있다. 전자상거래 분야에서도 AI 플랫폼이 기존의 축적된 사용자 데이터베이스를 도구로 하여 인공지능에 기반한 검색광고 등에 적극 활용되고 있다. 인공지능 기술을 활용한 제품과 서비스의 확대를 위해서는 신뢰성과 용이성 등 고객의 만족도를 높이는 데 많은 역량을 투입할 필요가 있다.

- Smart speakers are becoming a smart home platform through inter-working with IoT devices at home. In the field of e-commerce, the AI platform is actively utilized in search advertisements based on artificial intelligence using existing accumulated user DB as a tool. To expand products and services that utilize artificial intelligence technology, it is necessary to invest a lot of resources into improving customer satisfaction, such as reliability and ease of use.

인공지능 시장의 성장

인공지능은 기계학습 알고리즘과 컴퓨팅 능력, 그리고 빅데이터를 기반으로 하고 있으며, IoT, 자율주행, 헬스케어, 핀테크, 로봇산업 등 제4차 산업혁명의 핵심 기반 기술로 자리매김하고 있다. 세계 인공지능 시장 규모는 2018년 195억 달러로 전년 대비 56% 증가했으며, 2017년부터 연평균 55.4%로 가파르게 성장하면서 오는 2022년에는 1,132억 달러에 달할 것으로 전망된다.

표 1 세계 인공지능 시장 규모

구분	2017	2018(E)	2019(E)	2020(E)	2021(E)	2022(E)	CAGR (2017~2022)
시장 규모 (증감률)	125	195 (56.0)	310 (59.0)	470 (51.6)	730 (55.3)	1,132 (55.1)	55.4%

※ 출처 : IDC(2018); KB증권(2018.11.) 재인용[1]
※ 주1) IDC에서는 모든 시장 데이터에 대해 전년도 기준 환율로 재환산하여 발표하므로, 매년 시장 규모는 기존 발표 데이터와 차이가 있음.
※ 주2) (E)는 전년 대비 결과로 해당 연도를 예측한 예측치(Predictive Estimate)의 의미임.

이러한 세계 인공지능 시장의 성장에 발맞추어 국내에서도 음성인식 기술을 적용한 가전제품, 음성인식 쇼핑 등 다양한 제품과 서비스가 본격적으로 출시되고 있으며, 사용자층도 확대되고 있다.

이 동향에서는 음성인식 인공지능 기술이 활용된 생활 밀접형 제품과 서비스인 스마트 스피커 및 전자상거래 동향을 중심으로 살펴보고자 한다.

스마트 스피커 : 글로벌 시장 경쟁의 본격화

아마존은 2014년 11월 음성인식 인공지능 비서인 '알렉사(Alexa)'를 탑재한 스마트 스피커인 '에코(Echo)'를 출시한 이후, '에코 탭(Tap)', '에코 닷(Dot)', '에코 쇼(Show)', '에코 룩(Look)' 등 다양한 에코 시리즈를 선보이면서 세계 스마트 스피커 시장을 주도하고 있다.

그러나 후발 주자인 구글이 2016년 10월 음성인식 인공지능 비서인 '구글 어시스턴트(Google Assistant)'를 탑재한 스마트 스피커인 '구글 홈(Google Home)'을 출시하면서 빠른 속도로 아마존 에코를 추격하기 시작했다.

1 IDC에서는 모든 시장 데이터에 대해 전년도 기준 환율로 재환산하여 발표하므로, 매년 시장 규모는 기존 발표 데이터와 차이가 있다. 표에서 (E)는 전년 대비 결과로 해당 년도를 예측한 예측치(Predictive Estimate)의 의미이다.

구글은 스마트 스피커 외에 '스마트 디스플레이'를 미국에서 정식 출시하였는데, 이는 아마존의 스마트 디스플레이인 '에코 쇼'를 겨냥한 것으로 에코 쇼에서 가장 인기 있던 서비스인 유튜브를 삭제한 것은 자사 스마트 디스플레이만의 킬러 앱으로 유튜브를 제공하기 위한 사전 포석인 것으로 분석된다.

애플은 음성인식 인공지능인 '시리(Siri)', 마이크로소프트는 '코타나(Cortana)'를 탑재한 스마트 스피커를 출시하였다. 애플은 스마트 스피커 시장에서는 후발주자로 인식되며, 2017년 6월 음성인식 인공지능의 대표격인 시리를 탑재한 '홈팟(Home Pot)'을 출시하였다. 또한 마이크로소프트는 에코와 구글 홈을 따라잡기 위해 자체 제품이 아닌 음향 전문업체인 하만카돈과 협력하여 코타나를 탑재한 '인보크(InVoke)'를 출시하였다.

시장조사업체인 Canalys에 따르면, 2017년 3/4분기만 해도 글로벌 스마트 스피커 시장에서 아마존의 점유율은 74.7%로 압도적이었으나, 불과 1년 후인 2018년 3/4분기에는 아마존 31.9%, 구글이 29.8%의 점유율로 1위 자리를 놓고 아마존과 구글 간의 각축이 지속되는 양상이다.[2] 세계시장에서 아마존의 점유율 감소와 아마존과 구글 간의 경쟁구도는 중국시장의 급성장과 알리바바와 샤오미 등 중국 업체들의 점유율이 빠르게 확대된 것에 영향을 받은 것으로 보인다.

중국의 경우, 알리바바와 샤오미는 2017년 3/4분기에는 점유율이 0%대였으나, 중국 시장의 성장에 힘입어 2018년 3/4분기에는 각각 11.1%와 9.7%의 시장점유율을 기록하고 있다.

표 2 2018년 3/4분기 세계 스마트 스피커 시장 점유율

Rank	Vendor	Q3 2017	Q3 2018	Growth
#1	amazon	74.7%	31.9%	1.3%
#2	Google	24.6%	29.8%	187%
#3	Alibaba 天猫	0.1%	11.1%	>200 times
#4	Xiaomi	0.1%	9.7%	>300 times
Others		0.5%	17.4%	>70 times
Overall market		8.3 million	19.7 million	137.0%

Source: Canalys estimates (sell-in volume), Smart Speaker Analysis, November 2018 canalys

※ 출처 : www.canalys.com

2 "Amazon reclaims top spot in smart speaker market in Q3 2018". www.canalys.com

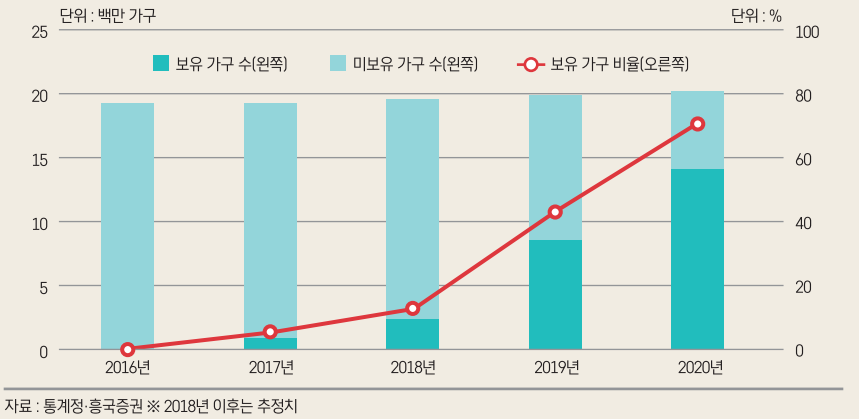
우리나라는 SKT가 2016년 8월 '누구(Nugu)'를 처음 선보인 이후, KT는 2017년 1월 IPTV 셋톱박스 일체형인 '기가지니(Giga Genie)'를 출시했으며, 네이버는 2017년 8월 자체 인공지능인 '클로바(Clova)'를 탑재한 '웨이브'와 '프렌즈'를, 카카오는 2017년 11월 자체 인공지능인 '카카오아이(Kakaoi)'를 탑재한 '카카오미니'를 출시하였다.

SKT는 T맵과 11번가 및 Btv, 멜론, KT는 올레TV와 지니뮤직, 네이버는 검색과 쇼핑 및 네이버 뮤직, 카카오는 카카오톡과 연계된 서비스와 멜론 등으로 인공지능 서비스를 확대하고 있다.

국내 스마트 스피커 업체들은 음악 스트리밍 서비스를 번들로 제공하거나 서비스 제휴 등을 통한 전략을 추진하면서 다른 분야로 제공 서비스를 확대 중이다.

초기에는 기존 통신사업자 위주의 시장주도 양상이었으나, 검색엔진을 기반으로 하는 네이버, 카카오 등 인터넷 사업자가 시장을 주도할 것으로 전망된다.

그림 1 국내 AI 스피커 보유 가구 수 전망



자료 : 통계청·흥국증권 ※ 2018년 이후는 추정치

※ 출처 : 한국경제메거진(2018.4.11.), "AI 스피커의 승자는 결국 '네이버와 카카오'" 재인용.

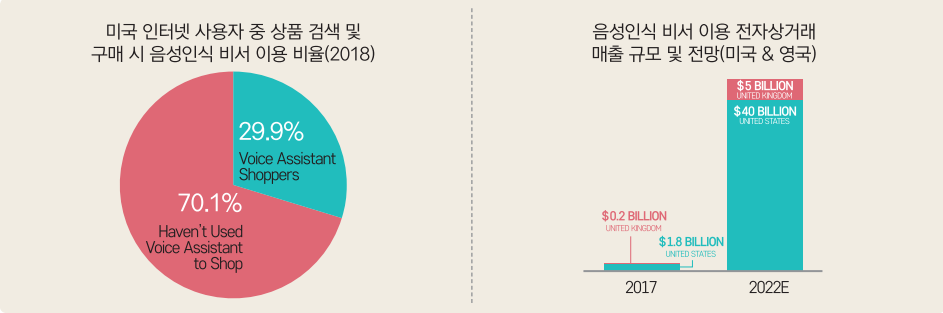
전자상거래 및 검색 광고 : 음성인식 인공지능 플랫폼의 확대

기존 전자상거래 업체는 인공지능 플랫폼을 통해 축적된 사용자 데이터베이스를 표적(Target) 마케팅을 위한 도구로 사용하면서 알고리즘에 기반한 추천 시스템 등을 전자상거래에 활용하고 있다. 아마존은 에코를 이용한 음성 주문 기능을 추가하면서 전자상거래에 이미 인공지능을 활용하고 있다.

구글, 네이버 등 인터넷 업체들과 통신사업자들도 인공지능을 통해 전자상거래 영역으로 사업영역을 확대하고 있다. 구글은 월마트, 이베이 등 글로벌 소매업체들과의 제휴를 통해 구글 홈의 전자상거래 기능을 강화하고 있으며, 네이버는 기존 스토어팜을 인공지능을 활용한 개인 맞춤형 쇼핑몰로 개편하면서 생필품을 시작으로 상품군을 확대하고 있고, 카카오미니도 음식 주문 및 장보기 서비스를 제공하고 있다.

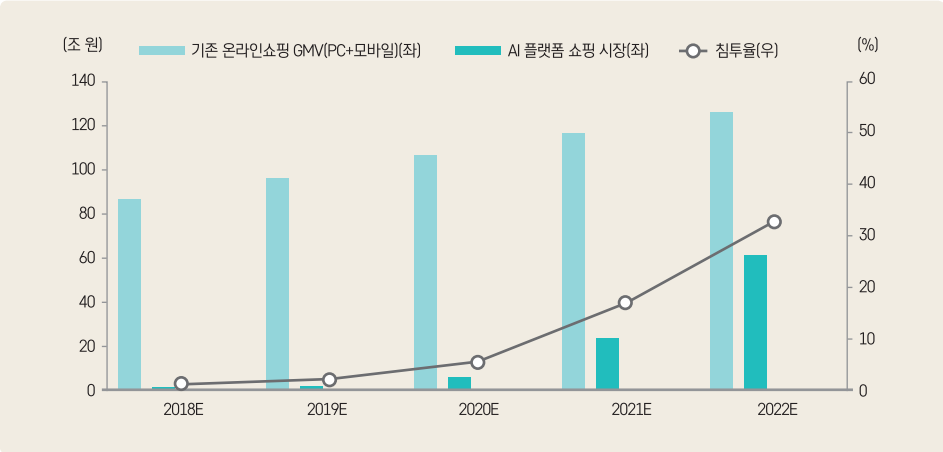
가트너는 2020년까지 전자상거래 기업 중 최소 60%가 AI를 사용할 것이며, 전자상거래 매출의 30%는 AI 기술에 힘입어 성장할 것으로 전망하고 있다.[3]

그림 2 음성인식 인공지능을 이용한 상품 검색 및 전자상거래 매출



※ 출처 : RichRelevance(2018); OC&C(2018).

그림 3 국내 e-커머스 시장 내 AI 플랫폼 쇼핑의 침투율(Penetration) 전망 추이



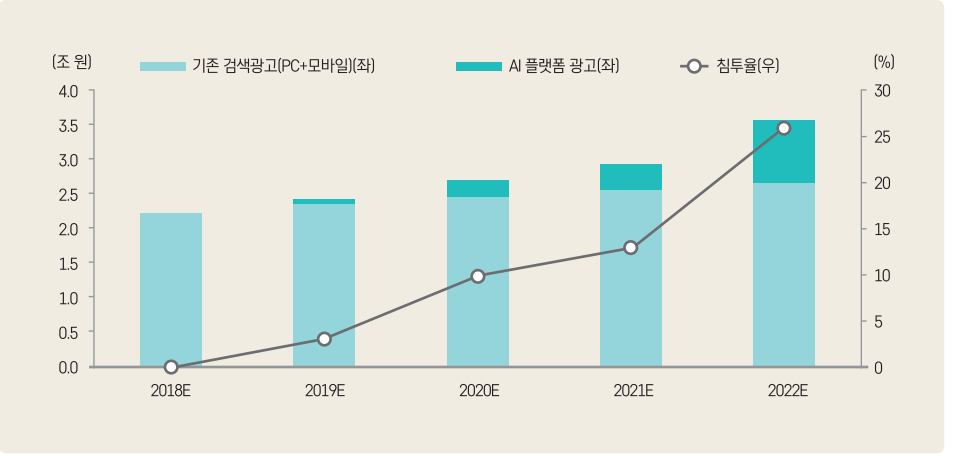
※ 출처 : 흥국증권(2018.3.), "AI 플랫폼 : 4차 산업혁명의 서막".

3 "2020년 전자상거래 기업 60%가 AI 도입"(ZDNet, 검색일 : 2019.2.11.).

인공지능 플랫폼이 확대되면 기존 문자 기반 검색의 효용성이 줄어드는 대신, 음성 검색의 의존도가 높아지면서 검색 광고 시장에서 인공지능을 활용하는 비중이 높아질 것으로 예상된다. 특히, 스마트 스피커, 스마트 홈 등 자연스럽게 경험해 볼 수 있는 경로가 늘어남에 따라 전자상거래 시장에 새로운 마케팅 기회를 제공할 것으로 기대된다.[4]

국내의 경우, 검색 광고 시장이 2018년 2.2조 원에서 2022년 2.6조 원으로 증가할 것으로 예상되는데, 이 중 음성인식 인공지능 플랫폼을 통한 검색 광고 비중이 2018년 3%에서 2022년 26%까지 증가할 것으로 전망된다.

그림 4 국내 검색광고 시장에서 AI 플랫폼 광고의 침투율(Penetration) 전망 추이



※ 출처 : 흥국증권(2018.3.), "AI 플랫폼 : 4차 산업혁명의 서막".

시사점

기계학습의 발달로 인해 인공지능의 성능이 향상되고, 관련 생태계가 확장될수록 사용자의 인터넷 이용방식도 변화하고 있다. 또한 아마존, 구글 등 인공지능 선두 업체들은 최종 사용자와 접점 확대를 위해 인공지능에 모든 서비스를 연결시키는 전략을 추진하고 있으며, 이에 따라 향후 인공지능 스피커나 가전제품, 자동차 등 다양한 기기를 통한 인터넷 이용 비중이 증가하면서 인터넷 이용 플랫폼이 보다 다양해질 것으로 예상된다. 특히, 아마존과 구글의 격전지로 부상한 음성인식 인공지능 스피커는 가정에서 IoT 기기와 연동을 통해 스마트홈 플랫폼으로 자리 잡고 있다.

4 2019년 디지털 마케팅 키워드 '5G·AI·숏폼 동영상·음성검색·VRAR'(IT조선, 검색일 : 2019.2.13.).

전자상거래 분야에서는 인공지능기술을 적용하는 과제에 기업의 70%가 만족스럽다고 생각하고 있다.[5] 그러나 스마트 스피커를 통해 쇼핑을 즐기는 고객들이 증가함에도 불구하고, 음성인식의 오류, 자연스러운 대화의 어려움, 외부소음으로 인한 음성 명령의 오인식 등 오히려 소비자의 불만을 제기하게 만드는 상황이 발생하기도 한다.[6]

인공지능 기술을 활용하여 기존 제품과 서비스의 결합을 통해 새로운 영역으로 확장하고자 하는 기업들은 고객의 수요가 어디에 있는지를 파악하고, 어떻게 결합하여 고객의 만족도를 제고할 것인지를 전략적으로 분석할 필요가 있다. 또한 결과의 신뢰성과 활용의 용이성 등 고객의 만족도를 높이는 데 많은 역량을 투입해야 할 것이다.

5 "가트너, '인공지능 도입한 전자상거래 업체 프로젝트, 70%가 성공적'"(데일리비즈온, 검색일: 2019.2.13.).
6 "쏟아져 나오는 AI 스피커, 소비자 반응은 왜 별로일까"(중앙일보, 검색일 : 2019.3.13.).

블록체인, 교육을 바꾸다

Block chain, leading the change in education

김용성 KIM, Yongsung • **선임연구원** Senior Researcher, SPRi • kys1001@spri.kr

- 최근 제4차 산업혁명 시대 도래에 따라 빅데이터, 인공지능과 같은 신기술들이 등장하였고, 에듀테크 분야도 이러한 흐름에 맞추어 빠르게 변화하고 있다. 이러한 변화에는 교육 관련 데이터의 안정성, 투명성 등과 같은 해결해야 할 문제들이 발생하기 쉬운데, 이를 해결하기 위한 방안으로 블록체인 기술을 활용하는 사례들이 증가하고 있다. 블록체인 기술을 활용할 때 발생할 수 있는 보안, 규제 등의 문제들이 점차 해결된다면 블록체인은 미래의 에듀테크 분야를 변화시킬 수 있는 핵심 기술이 될 것이다.

- New technologies such as big data and artificial intelligence have emerged in the recent era of the 4th industrial revolution, and 'EduTech' field is also rapidly changing in line with this trend. These changes are likely to pose new problems such as how to keep the stability and transparency of education-related data, and there is an increasing number of cases using blockchain technology to solve these problems. If security and regulatory issues that may arise when using the blockchain technology can be worked out gradually, blockchain may play the role of the key technology in changing the future field of 'EduTech'.

블록체인을 통한 교육의 변화

2017년 말 암호화폐 광풍으로 인해 블록체인에 대한 대중들의 관심이 뜨거웠었으나, 약 1년이 지난 지금 대중들은 암호화폐보다는 블록체인 기술에 더욱 많은 관심을 보이고 있다. 또한 글로벌 기업들과 주요국은 산업을 넘어 사회 전반의 패러다임을 전환시킬 수 있는 블록체인의 가능성에 주목하고 있다.[1]

캐나다 미래학자인 돈 탭스콧(Don Tapscott)은 정보 인터넷(Internet of Information)을 가져온 인터넷 기술이 디지털 변혁의 1세대라면 블록체인은 2세대라고 하였다. 이러한 시대적 흐름에 맞추어 블록체인 기술을 금융, 의료, IoT, 클라우드, 부동산 거래, 보험, 헬스케어[2] 등과 같은 다양한 분야에 도입하고 있으며, 관련된 기업들의 숫자도 빠르게 증가하고 있다. 가트너는 블록체인 시장의 규모가 2030년 약 3,400조 원에 이를 것이라고 전망하고 있으며, 세계경제포럼에서는 2025년까지 글로벌 GDP의 10%가 블록체인 플랫폼에서 발생할 것이라는 관측이 제기된 바 있다.[3]

최근 제4차 산업혁명 시대의 도래에 따라 다양한 최신 기술들이 등장하였고, 교육에 이러한 기술들을 적극적으로 활용하고 있다. 즉, 교육(Education)과 빅데이터, 인공지능과 같은 최신 기술(Technology)들이 결합된 형태로 교육이 이루어지고 있으며, 이를 통한 시너지 효과를 가져올 수 있다. 이를 '에듀테크(EduTech)' 혹은 '에드테크(EdTech)'라고 부르며, 미국, 아시아, 유럽 등을 중심으로 관련 시장이 확장되고 있다.[4,5]

하지만, 기존 에듀테크 분야에서는 몇 가지 해결해야 할 문제점[6]들이 존재한다. 첫 번째, 데이터의 안정성 문제이다. 에듀테크 분야에서 핵심은 데이터이며, 이러한 데이터들을 효과적으로 관리해야 할 필요가 있다. 일반적으로 이러한 데이터들은 중앙 집중식 서버에 저장되어 있기 때문에, 서버의 안정성과 보안성 수준에 따라 데이터 관리 수준이 직결된다. 두 번째, 데이터의 투명성 문제이다. 즉, 기존 방식에서는 데이터의 조작에 대한 위험에 그대로 노출되어 있다. 각종 증명과 관련된 데이터(학위 증명 등), 학습활동 데이터 등을 특정 개인 혹은 집단이 악의적 목적으로 조작할 수 있는 가능성이 있다. 세 번째, 시장의 형평성 문제이다. 즉, 기존 에듀테크 시장은 특정 기업 혹은 제작자가 대부분의 이익을 가져가는 구조이며, 참여를 원하는 소수가 공평하게 시장에 참여할 수 없는 구조를 가지고 있다.

이와 같이 에듀테크에서 발생할 수 있는 여러 가지 문제점들을 보다 효과적으로 해결할 수 있는 새로운 수단으로 '블록체인'을 활용하는 기업들이 많아지고 있으며, 이와 관련된 여러 가지 사례들에 대해서 소개한다.

1 데이터산업연구소(2018), 『블록체인 기술, 시장 전망과 블록체인 기반 주요 프로젝트 실태와 전략』.
2 CB Insight(2019), "Banking Is Only The Beginning: 50 Big Industries Blockchain Could Transform".
3 Byline Network(2018), "에듀테크에서 블록체인 사용 매뉴얼".
4 네이버 지식백과, "에듀테크".
5 아이스크림에듀 뉴스룸(2018.10.4.), "英 스타트업 절반이 에듀테크…481조 시장으로 폭발성장".
6 Byline Network(2018), "에듀테크에서 블록체인 사용 매뉴얼".

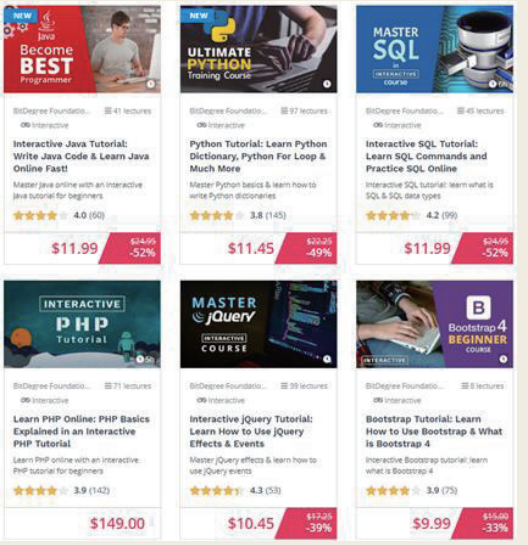
블록체인이 교육(에듀테크)에 활용되는 사례

1. 온라인 교육 플랫폼

블록체인 기술을 활용한 온라인 교육 플랫폼에서는 중개인의 개입 없이 학생과 교사가 직접 상호작용할 수 있다. ODEM(On-Demand Education Marketplace)[7]은 학생, 교수자, 서비스 제공업체를 직접 연결하여 양질의 교육을 저렴하게 제공하는 블록체인 기반의 교육 플랫폼이다. 이 플랫폼을 통해 학생은 자신의 개인 소개서를 만들 수 있으며, 그에 맞는 교육 프로그램을 검색하고 구매할 수 있다. 또한, 학생은 여러 가지 활동에 대한 대가로 토큰(ODEM token)을 받을 수 있으며, 경매 방식의 가격 제시를 통해 수강하기를 원하는 프로그램과 서비스의 가격을 협상할 수 있다. 학생이 프로그램을 수료한 이후에는 인증서가 발급되는데, 이것은 모두 블록체인에 게시된다. 교수자는 학생들이 쉽게 찾아볼 수 있도록 개인 약력을 만들 수 있고, 여러 콘텐츠와 프로그램을 제작하여 플랫폼에 게시한다. 또한 학생과 협력하여 프로그램을 개선할 수 있으며, 제작한 프로그램과 콘텐츠의 운영 성과에 따른 보상을 토큰으로 받게 된다.

BitDegree[8]는 ODEM과 유사한 서비스를 제공하는 교육 플랫폼이다. 이 플랫폼 또한 학습자과 교수자를 직접 연결해 주며, 매우 다양한 종류의 교육 프로그램들을 제공하고 있다.

그림 1 BitDegree에서 제공하는 다양한 교육 프로그램



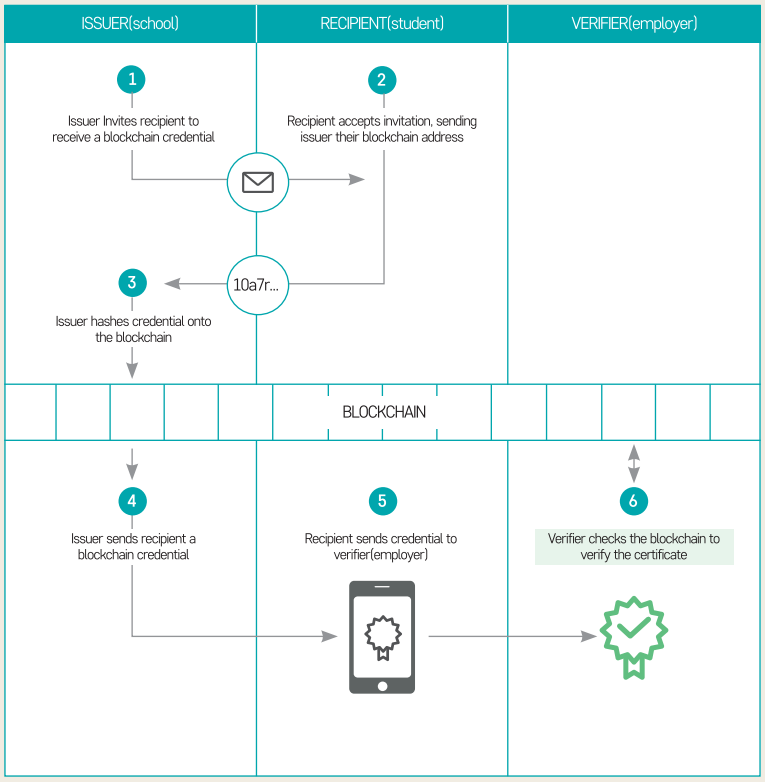
※ 출처 : BitDegree(https://www.bitdegree.org/)

7 ODEM.io, https://odem.io/index.php
8 BitDegree, https://www.bitdegree.org

2. 자격 확인[9]

최근 온라인에서는 가짜 학위 및 자격증을 쉽게 구할 수 있는 문제점이 존재한다. 하지만 이것들의 진위 여부를 확인하기 위한 글로벌 인증 데이터베이스가 없다. 즉 이를 확인하기 위해서는 해당 대학이나 기관에 직접 연락하는 방법을 취할 수밖에 없었다. 이러한 과정은 매우 많은 시간과 노력이 소요되므로, 이를 해결하기 위한 새로운 기술이 필요하다. MIT는 블록체인 기반의 blockcerts라는 앱을 통해 졸업생들의 자격(학위 등)을 확인할 수 있도록 하고 있다.[10] 이를 통해 대학교는 졸업장을 공식적으로 인정할 수 있으며, 고용주는 학생에 대한 모든 기록을 블록체인 내에서 검증할 수 있다. 또한, 이러한 인증을 블록체인에 배치하면 자격의 분실, 손상 등의 확률이 줄어든다.

그림 2 Blockcerts 동작 원리



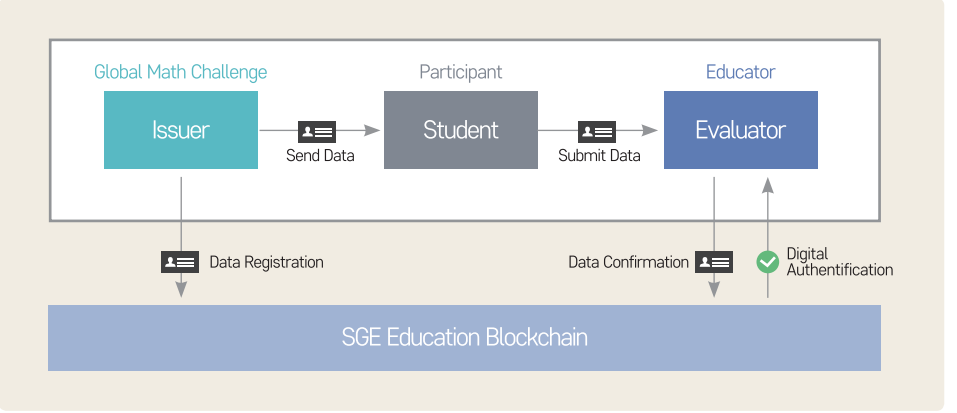
※ 출처 : Blockcerts(https://www.blockcerts.org/guide/)

9 Tech in Asia(2018), "Blockchain could revolutionize education next. Here's how".
10 블록체인뉴스(2018.6.3.), "MIT, 이달부터 졸업장·성적표도 블록체인으로 발급".

3. 학생 기록 관리[11,12]

Sony Global Education은 IBM과 협정을 맺고 블록체인을 사용하여 학생 기록을 안전하게 공유하는 교육 플랫폼을 개발했다. 이를 통해 여러 교육 기관들의 데이터를 누구나 쉽고 안전하게 활용할 수 있는 새로운 교육 및 학습 서비스 기반을 마련하였다. 이를 활용하면 운영자는 이전에 수집한 다양한 데이터를 기관의 종류와 상관없이 안전하게 통합하고 연결할 수 있다. 또한 학교 성적 및 교육 기록에 관한 데이터를 가져와서 디지털 증명서를 작성하고 이를 안전하게 다른 교육 기관에 제공할 수 있다. 그리고 인공 지능 기술을 사용하여 수집된 데이터를 분석하고, 이를 활용하여 교육 기관의 교육과정 및 학생 관리에 대한 개선 사항을 제공할 수 있다.

그림 3 Sony Global Education Blockchain 활용 예시(Global Math Challenge)



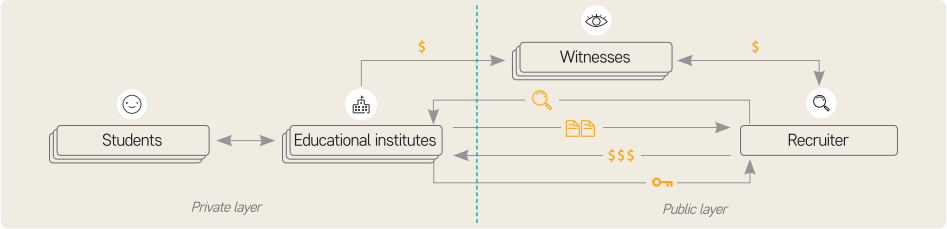
※ 출처 : Sony Global Education(https://blockchain.sonyged.com/)

4. 인적 자원 관리[13]

DISCIPLINA는 교육 및 채용 분야에서 질적인 변화를 만들기 위하여 블록체인 기반의 학력과 경력 등의 개인 통합 약력을 만드는 플랫폼이다. 이 플랫폼에서는 사용자의 개인 정보나 학력과 같은 기밀 정보를 저장하고 이를 통해 검증된 개인 약력을 만든다. 또한 전문 분야별 프로필 검색에 효과적인 알고리즘을 통해 채용 담당자가 개인 이력 데이터를 경력이나 전문 분야에 따라 효율적으로 검색하여 필요한 자격을 갖춘 후보자를 찾을 수 있도록 도와준다. 이렇게 저장된 데이터는 손실의 위험이 없으며 신뢰도가 보장된다는 장점을 가진다.

11 Sony Global Education(2017.8.9.), "Sony Develops System for Authentication, Sharing, and Rights Management Using Blockchain Technology".
12 Forbes(2018.8.20.), "20 Ways Blockchain Will Transform (Okay, May Improve) Education".
13 "DISCIPLINA", https://disciplina.io/

그림 4 DISCIPLINA 블록체인 아키텍처



※ 출처 : DISCIPLINA(https://disciplina.io/)

5. 수업료 납부[14]

일부 대학교(University of Nicosia, King's College in New York 등)에서는 암호화폐를 사용한 수업료 납부를 허용하기 시작했으며, 이러한 수업료 납부 정책을 도입하는 대학이 점점 늘어나고 있다.[15] 암호화폐를 사용하여 수업료를 납부하는 가장 큰 이유 중 하나는 외국인 입학생 입장에서 입학금 지불 절차가 복잡한 문제가 있었으며, 이러한 과정을 단순화시킬 수 있기 때문이다. 또한 이는 외국인 유학생의 송금 비용 절감 효과를 가져올 수도 있다.[16] 학교측에서는 암호화폐로 학비를 받게 되면 거래를 추적하기도 쉽다는 장점이 있다. 실제로 2014년에 해당 정책을 도입한 이후 Nicosia 대학교 전체 학생의 약 2%가 Bitcoin을 이용하여 수업료를 납부했다. 이뿐만 아니라 미국의 유치원[17]에서도 비트코인과 이더리움을 이용하여 수업료 납부를 허용한 사례도 있다.

시사점

국내외 교육 및 에듀테크 시장은 제4차 산업혁명 시대에 맞추어 빠르게 변화하고 있다. 이러한 변화로 야기되는 여러 가지 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 블록체인이 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 하지만 블록체인 기술은 아직 초기단계에 있으며, 블록체인 기술에 사용되는 분산원장 기술 역시 적절한 감시나 점검을 받지 않고 있다. 또한 목적에 맞지 않는 데이터 저장에 활용할 경우 오히려 처리 비용과 시간이 증가하는 단점을 가져올 수 있다. 그리고 아직 기술 수준이 미흡하기 때문에 해킹 등의 공격에 완전히 자유로울 수 없는 것이 현실이며,[18] 정부의 법적인 규제[19] 또한 해결해야 할 과제 중 하나이다. 교육에 블록체인을 활용하는 것이 능사는 아니지만, 이러한 문제점들이 점차 해결된다면 미래 교육(에듀테크)의 핵심 기술로 급부상할 것이다.

14 Medium(2017.12.7.), "4 Ways Blockchain Could Change the Education System".
15 Steemit(2018), "금융의 강국 스위스 비트코인으로 수업료 받다".
16 Tech Recipe(2018.10.30.), "佛비즈니스스쿨, 수업료 비트코인으로…".
17 이투데이(2017.6.29.), "美 유치원, 비트코인·이더리움 수업료 납부 허용".
18 ITWorld Korea(2017.11.14.), "블록체인의 5가지 문제점".
19 월간조선 뉴스룸(2018.11.1.), "'블록체인' 기술, 정부는 규제 강화, 세계는 양성화에 박차".

2019년 블록체인을 기다리는 당면 과제

What should be a focus on blockchain industry in 2019

이중엽 Lee, Joong Yeup • **선임연구원** Senior Researcher, SPRi • ilovebiz@spri.kr

- 블록체인 산업에 대한 시각이 보다 이성적으로 바뀌었다. 이에 따라 기대에 비해 성과가 많지 않다는 점에서 블록체인이 최선의 대안인가라는 의문도 제기되고 있다. 때문에 올해는 블록체인 기술의 실질적인 가치를 증명해 보이는 것이 매우 중요하다. 블록체인 적용이 단편적 개선에 그치지 않고 생태계를 구성하는 근본적인 변화를 이끌어 낼 수 있도록 문제에 대한 명확한 가치제안과 투자확대를 이끄는 지속 가능한 전략수립이 필요하다.

- The viewpoint to blockchain industry has changed more rationally over time. The question whether the blockchain is the best alternative is also on the rise because little of significance has been achieved. Therefore, it is very important to demonstrate the tangible values and benefits of blockchain technology this year. We have to focus more on the fundamental changes of blockchain ecosystem. What is necessary is not only fragmentary improvement in application level, but also a clear value proposition to resolve pain point and develop a sustainable strategy to drive the implementation of the blockchain technology on a more comprehensive level.

2018년 한 해 동안 비트코인은 2,600만 원에서 360만 원선까지 급락했다. 이와 함께 블록체인과 암호 자산에 대한 기대도 보다 이성적으로 바뀌고 있다. 블록체인이 제4차 산업혁명시대의 주요 기술로 자리 잡기에는 보여 준 것이 충분하지 않다. 기술은 보다 성숙되어야 하고 제도와 정책의 뒷받침이 필요한 부분도 남아있다. 그리고 무엇보다 블록체인 도입으로 효과를 볼 수 있는 산업이나 서비스 혹은 과업이 어떤 것인지 면밀히 살펴야 할 것이다. 블록체인 기술의 하이프사이클이 바닥에 가까워질 것으로 보이는 올해 블록체인 산업은 중요한 기로에 놓이고 있다. 거품을 걷어 내고 제대로 산업으로 자리 잡을 수 있을지는 '블록체인의 실질적인 가치 증명'이라는 과제를 어떻게 풀어내는가에 있다. 보스턴컨설팅과 맥킨지의 최근 보고서를 통해 블록체인이 풀어야 할 과제를 확인해 본다.

블록체인의 역설(Paradox) 해결하기(BCG, 2019.1.)

물류·유통 분야는 금융에 이어 블록체인 기술 활용이 가장 활발하게 이루어질 산업으로 기대되고 있다.[1] 일반적으로 블록체인은 다수 참여자나 복수의 가치사슬을 연계할 때 더욱 효과적이다. 물류·유통 분야에서 블록체인 활용이 필요하다고 보는 주요 이유도 다양한 가치사슬을 가진 복수의 이해당사자들을 연계하여 정보를 효율적으로 공유하는 것이 필요하다는 점을 들고 있다. 블록체인이 구축되면 모든 참여자는 신뢰할 수 있는 하나의 통로(single version of truth)를 제공 받아 사기 위험을 줄이고 실시간 추적·가시성을 확보할 수 있다. 또한 스마트계약을 활용하면 반복적인 프로세스를 자동화할 수 있다는 이점도 가진다. [그림1]에서와 같이 물류·유통에서 블록체인이 해결할 수 있는 문제점은 이외에도 다양하다.

그림 1 블록체인이 해결할 수 있는 물류유통 분야 문제점

※ 출처 : BCG(2019)

1 IDC(2018)는 블록체인 세계시장 규모가 2017년 7.5억 달러 규모에서 2022년 110억 달러 수준으로 연평균 70%대의 성장을 보일 것으로 보고 있으며 상위 3분야를 Financial Service(36%), Distribution & Services(25%), Manufacturing & Resources(22%)로 보았다.

그런데 최근 보스턴컨설팅그룹(BCG)이 발표한 보고서[2]는 이러한 잠재된 편익(potential benefits)에 비해 실제 블록체인의 도입은 매우 느리게 진행되고 있다고 평가했다. BCG가 물류·유통업계(T&L, Trade and Logistics) 대표 100여 명을 대상으로 진행한 설문조사 보고서의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 응답자의 대다수(88%)는 블록체인 기술이 산업을 붕괴(disrupt)시키는 수준의 영향을 일정부분 줄 수 있을 것으로 예상
- 그리고 대부분(59%)이 향후 2~5년 내에 그런 변화가 발생할 것으로 생각
- 그러나 여전히 다수(74%)는 형식적으로 기회를 탐색하거나 전혀 고려하지 않음

BCG는 실제 필요성을 알고 있지만 적용 확산으로 이어지지 않는 이유에 대해 블록체인을 통해 해결하려던 부분이 오히려 도입의 장애물이 되는 역설(Paradox)이 발생하고 있다고 설명했다. 물류·유통 산업은 일반적으로 여러 나라에 걸쳐 다양한 주체들이 참여하고 복잡한 규제 요건들이 포함되어 있다. 이렇게 여러 주체들이 참여하여 다양한 가치사슬이 존재하는 분야는 블록체인을 적용하기 적합한 곳으로 본다. 하지만 현재 물류·유통 산업은 고도로 파편화되어 있는 가치사슬들이 공통적인 기술 표준이나 플랫폼의 채택을 방해하고 있다. 또한 산업계 주체들 간의 조정력 부족과 표준의 부재는 도입 비용을 증가시키고 결국 잠재적 수익을 감소시킨다. 이와 함께 경쟁이 심한 물류·유통 산업 특성상 참가자들이 정보 공유를 꺼리는 점도 이유로 들었다. 기업들이 오랜 관계를 유지해온 중개업자와 참여자들에게 의존하고 있으며 이외에는 정보를 공유하기를 꺼린다는 것이다. 실제로 많은 기업이 정보의 비대칭성을 이용하여 매출과 이익을 창출하고 있다고 정리했다. 추가로 BCG의 조사에서 물류·유통 임원의 16%만이 블록체인 기술과 그들의 산업에 미치는 영향에 대해 명확하게 이해하고 있다고 느낀다고 응답했다. 블록체인이 자사의 10대 전략 우선순위 안에 든다고 대답한 임원은 20%에 불과했다. 아직 블록체인 기술에 익숙하지 않은 점도 기술에 대한 신뢰 문제를 극복하는 데 중요한 장애물로 볼 수 있다는 것이다.

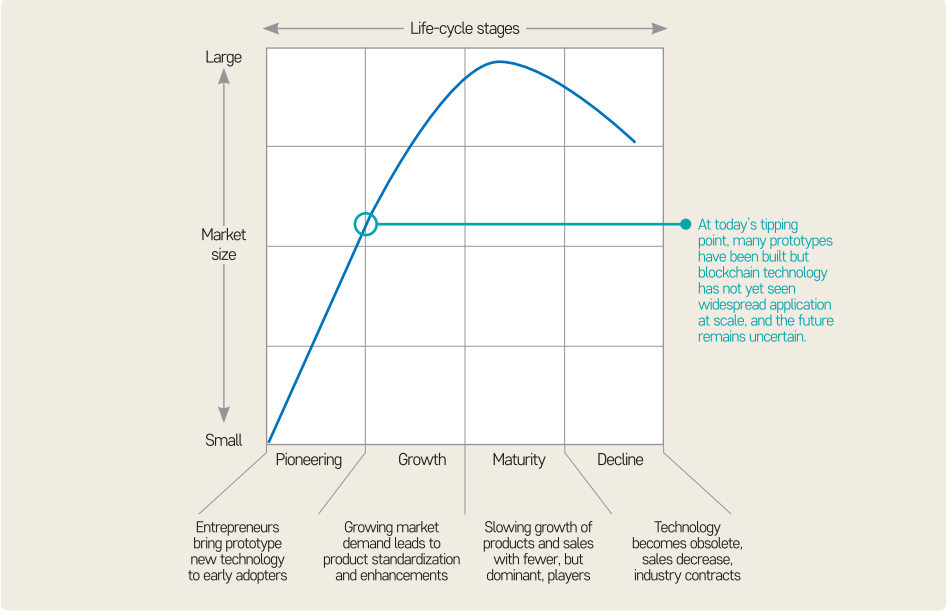
오컴의 면도날(Occam's razor) 극복(Mckinsey, 2019.1.)

맥킨지의 최근 보고서[3]도 블록체인이 잠재적인 국면전환자(Game Changer)로서 부상했으나 투입 대비 성취는 떨어진다고 본다. 그리고 보다 근본적으로 블록체인 기술이 기존 산업의 대안이 될 수 있는가보다는 꼭 블록체인으로 해결해야 할 필요가 있는가로 접근해야 한다는 것이다. 맥킨지가

2 BCG(2019.1.), "Resolving the Blockchain Paradox in Transportation and Logistics".
3 Mckinsey(2019.1.), "Blockchain's Occam problem".

제시한 오컴의 면도날(Occam's Razor)[4]은 단순한 해결책을 가장 최선으로 보는 문제해결 방법이다. 이에 비추어 볼 때, 블록체인 솔루션은 정돈되지 않은 느낌(Somewhat Clunky)을 준다고 평한다. 현재 블록체인은 분권화된 환경, 비효율적인 데이터 관리, 트랜잭션의 한계와 대기시간 등이 고려되어야 한다. 이런 모든 부분을 잘 고려하여 구현하면 기존 비즈니스 환경의 솔루션이 될 수 있다는 가정은 블록체인의 활용범위를 모호하게 만든다. 불필요한 가정을 잘라내고 해결해야 하는 문제의 본질에 단순하게 접근할 때 오컴의 올바른 정답을 찾아낼 수 있다. 블록체인은 만능 해결책이 될 수 없다. 맥킨지는 비트코인으로 인해 주목받은 '결제'시장에서도 대체 솔루션들의 등장과 핀테크 투자자들의 동향을 감안할 때, 블록체인이 새로운 지불수단으로서 정답이 아닐 수 있다고 본다. 물론 블록체인이 현재 초기 기술이라는 점은 간과하지 않는다. 그는 고전적인 생명주기(Lifecycle) 이론을 예로 들며 산업이나 제품의 진화를 개척, 성장, 성숙, 쇠퇴의 4단계로 나눌 수 있다고 제안한다. 1단계에서는 기술이 불완전하며 매출이 저조하고 투자수익률이 마이너스인 경향도 있다. [그림2]에서와 같이 블록체인의 대다수 프로젝트가 아직도 1단계에 머무르고 있지만 명확한 문제(Pain point)의 해결에 집중할 경우 가능성을 확인할 수 있다. 또한 기술적인 문제도 제3세대 솔루션 등을 통해 해결 방법을 찾아가고 있다는 점도 빼놓지 않는다.

그림 2 시장 규모에 따른 블록체인 생명주기



※ 출처 : Mckinsey(2019)

4 오컴의 면도날(Occam's Razor 또는 Ockham's Razor)은 14세기 영국의 프란체스코회 수사였던 오컴의 윌리엄(William of Ockham) 이름에서 비롯되었다. 실제로는 오컴의 사후에 활용이 되고 있으며 'Plurality is not to be posited without necessity'와 같이 불필요한 가정은 제외한다는 의미로 활용된다. 여기서 면도날은 필요하지 않은 가설을 잘라낸다는 비유로, 필연성 없는 개념을 배제하려 한 '간결성의 원칙(Principle of Parsimony)'에 근거한다. (위키피디아 참조)

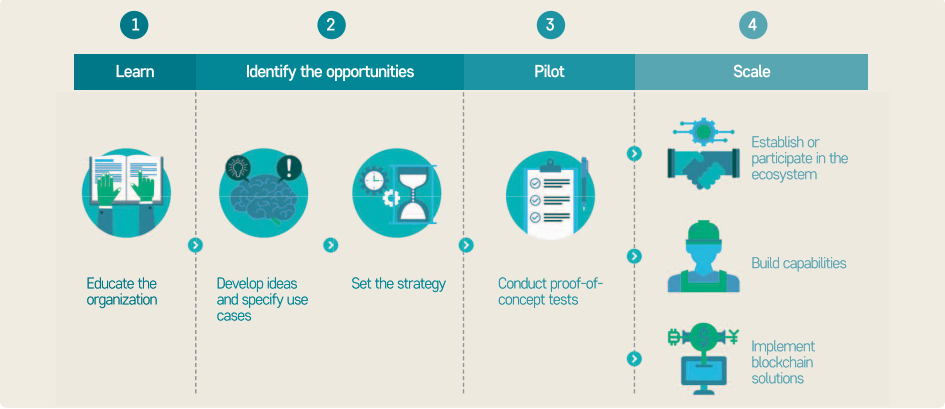
맥킨지는 현재 블록체인이 가지는 실질적인 가치가 특화기능(Niche applications), IT 현대화(Modernization value) 그리고 선도 이미지 구축(Reputational value)이라고 평가한다. 공급망관리(SCM, Supply Chain Management)나 보험 산업 등에서 특정 문제 해결에 집중한 경우, 블록체인은 기존의 비효율을 개선하는 효과를 확인할 수 있다. 그러나 블록체인을 IT 현대화의 기회로만 활용하며 실제로는 디지털화와 프로세스 개선을 이끄는 도구 정도로 활용하는 경우는 전체 IT 프로젝트의 극히 일부에만 적용되거나 제대로 된 분산원장 기술이 적용되지 않을 수도 있다. 또한 주주나 경쟁자에게 혁신능력을 보여주기 위해 사용되는 경우도 상용화 수준으로 확장되지 못하는 경우가 많다. 생명주기 2단계에 속할 수 있는 '규모의 활용사례(Use case)'가 만들어지기 위해서는 이런 부분들이 해결되어야 한다.

블록체인의 겨울나기

두 보고서에서 공통으로 나타나는 해결책은 블록체인 프로젝트가 명확한 문제(Paint point) 인식과 진단에서 시작해야 한다는 점이다. 그리고 이를 바탕으로 보다 구체적인 가치제안(Value proposition)이 이루어져야 한다고 보고 있다. 생태계 모두를 포함하는 가치를 제시할 수 있어야 부분을 해결하는 형태가 아닌 비즈니스 생태계를 재구성하는 블록체인(혹은 분산원장) 프로젝트가 진행될 수 있다. 또한 이러한 과정을 통해 투자수익(ROI, Return on Investment) 기반의 목표설정을 가능하게 할 수 있다. 물류·유통 산업의 경우 해운업자와 운송업자는 비용을 줄일 수 있는 방법을 모색한다. 은행들은 신용장 발행 수수료를 유지하려고 하며, 터미널은 컨테이너 이동이나 보관과 관련된 수입을 보존하려 한다. 또한, 정부와 규제 당국은 사기 및 자금세탁 방지와 관련된 비용들을 줄일 수 있기를 원한다. 그러므로 가시적인 성과를 제공하기 위해서는 주요 이해관계자들에게 제시할 수 있는 객관화된 가치가 준비되어야 할 것이다.

블록체인 프로젝트의 시작은 기술 및 산업에 대한 이해에서 출발한다. 그리고 블록체인이 만능 열쇠가 아니라는 것을 인식하고, 현재의 문제점에 대한 검토와 이를 해소할 수 있는 기술의 잠재력을 평가해야 한다. 가장 관련성이 높은 활용 사례를 검토하여 구축 전략을 수립하며, 해당 기업에 해당되는 핵심 가치제안을 포함하는 블록체인 도입 전략을 마련하는 것이 필수적이다.

그림 3 블록체인 도입 및 활용을 위한 4단계



※ 출처 : BCG(2019)

시사점

블록체인 프로젝트가 성공적으로 수행되기 위해서는 도입 전략의 수립에서부터 향후 확장성(Scale)까지 고려해야 한다. 그리고 이 과정은 정보화전략계획(ISP, Information Strategy Planning)을 수립하는 것과 같이 중장기적인 관점으로 전사 IT 전략을 다시 살펴보는 분석이 될 수 있다. 공공 분야 시범사업의 경우 분야별 블록체인 적용 사례뿐 아니라 정보화 전략 계획 등의 컨설팅 내용도 가능한 범위에서 공유가 필요하다. 기술 시연이나 결과가 아닌 문제를 해결해 나가는 과정이 도입활성화 측면에서 유용하기 때문이다. 국내 기업들이 참조할 수 있는 체계화된 컨설팅 방법론은 유사 프로젝트 구축이나 규모의 프로젝트로 확장해 나가는 측면에서 도움이 될 수 있다.

ICO(Initial Coin Offerings)와 관련한 거품이 문제를 일으키던 과정에서도 활용사례를 분석하고 실질적인 가치를 찾으려는 노력들은 지속되어 왔다. 이더리움이나 하이퍼레저에 대한 연구회 등에서도 기술적 개선과 비즈니스적 가치를 좀 더 눈여겨보고 있다. 작년 말 서울, 싱가포르와 도쿄에서 순차적으로 진행되었던 'Not for Sale(www.notforsale.io)'도 그런 공동체 모임의 하나다. 닷컴버블 이후 인터넷 비즈니스에 대한 수많은 의구심을 이겨내고 명확한 비즈니스 가치를 이끌어낸 기업들은 경쟁력을 갖추게 되었다. 단기적인 자산 확보 목적보다 비즈니스의 실제 가치에 보다 주목하고 있는 지금부터가 블록체인 산업 2.0이 제대로 시작될 준비를 하고 있는지도 모른다.

국제사회 대북제재 현황과 SW분야의 남북경협

Current Status of the International Sanctions against North Korea and Inter-Korean Economic Cooperation in the Field of Software

심지섭 SHIM, Zee-seop • **연구원** Researcher, SPRi • zss@spri.kr

- 제4차 산업혁명시대에 SW 분야의 남북경제협력은 남북한 공동 발전과 국내 SW 산업의 새로운 동력이 될 높은 잠재력을 가지고 있어 중요하다. 그러나 현재 국제사회는 UN 안보리 결의를 바탕으로 다자간 공조를 통해 엄격한 대북제재의 틀을 구축해두고 있어 한국만의 독자적 제재완화는 어려운 상황이다. 그래도 향후 제재완화 시를 대비하여 성공적인 SW 남북경협 추진을 위해 제재 및 법적장애요인을 사전에 파악하여 남북협력의 위험요소를 경감시켜야 할 필요가 있다.

- The inter-Korean economic cooperation in the SW field is necessary in the era of the 4th Industrial Revolution because of high potentiality to be a new power for the development of the two countries and the improvement of domestic SW industry. However, the international community is building a framework for sanctions against North Korea through multilateral coordination based on UN Security Council resolutions, which makes it difficult for South Korea to relieve sanctions autonomously. However, there is a need to mitigate the risk factors of inter-Korean cooperation by prioritizing sanctions and legal obstacles to promote successful SW inter-Korean economic cooperation in case the sanctions are eased.

1. 대북제재의 개념과 근거

'제재'란 사전적 의미로 '일정한 규칙이나 관습의 위반에 대하여 제한하거나 금지하는 것 또는 그러한 조치'를 의미한다.[1] 제재에 대하여 국제적으로 통일된 정의는 없으나 일반적으로 경제, 금융 등의 수단을 이용하여 외교정책적 목적을 달성하기 위한 정치·외교적 수단, 조치라 볼 수 있고, 대북제재는 제재의 대상을 북한으로 하는 국제사회의 정치·외교적 조치라 할 수 있다. 이러한 대북제재는 UN 안전보장이사회의 결의를 토대로 여러 국가들 차원에서 이루어지는 다자간 제재, 미국, 한국 등 개별 국가가 자국 법률을 통하여 북한에 대한 제재를 두고 이를 이용하는 양자 제재가 있다.

국제사회에선 국내법 체계와 같이 입법, 사법, 행정부의 체계를 갖추고 있지 않아 특정 국가의 테러, 국제평화 및 안전유지에 위협이 되는 행위 등을 제재하기가 어려우나 193개의 UN 회원국 전체에 대해 구속력을 가지는 UN헌장 제7장에 근거한 UN 안보리의 제재조치는 이를 제재하기 위한 유용한 수단이 되고 있다. 특정 사태가 평화에 대한 위협, 파괴, 침략행위에 해당하는 것으로 판단되면 UN 안보리는 헌장 제7장에 근거하여 제재결의를 할 수 있고 UN 회원국들은 UN헌장 제25조와 제48조에 따라 안보리 결정을 수락하고 이를 이행할 의무를 진다.[2]

안보리 결의의 이행은 UN 회원국들의 국내적 이행을 필요로 하는데 UN 안보리 결의를 국내법으로 수용하는 과정과 이에 대한 구체적인 이행을 위한 법령 제정으로 진행된다. 예컨대 우리나라의 경우 UN 안보리 결의는 헌법 제6조[3]에 따라 국내법과 동일한 효력을 가지게 되고, 국내법상 안보리 결의 내용과 부합되는 기존 법령이 있는 경우 해당 법령을 개정하거나, 고시 또는 행정명령을 통하여 안보리 결의를 이행하게 된다.

대북제재에 관한 내용이 포함되어 있는 안보리 결의는 그 자체로 다자간 대북제재로서의 성격을 지니고, 안보리 결의가 위와 같이 국내법에 흡수되어 국내법적 제재가 되거나 이를 바탕으로 독자적인 추가 제재를 마련할 경우 이러한 제재가 양자 제재로서의 성격을 지니게 된다.

2. 다자간 대북제재 현황

(1) UN 안보리 결의

UN 안보리 결의는 그 자체로도 북한에 대한 제재를 가하는 성격을 가지지만, 주로 개별 주요국들이

1 전략물자관리원(2018), "2018 국제사회 제재 보고서".
2 백상미(2014), "UN 안전보장이사회 제재결의의 국내적 이행에 관한 한국 법체계와 실행".
3 대한민국 헌법 제6조 ① 헌법에 의하여 체결·공포된 조약과 일반적으로 승인된 국제법규는 국내법과 같은 효력을 가진다.

북한을 제재하기 위한 근거로서 작용한다. UN 안보리 결의는 북한에 대한 직접적인 제재를 담은 결의뿐만이 아닌 군축이나 핵확산 방지, 인권보장 등 다양한 내용을 담아 결의를 승인하고 있고, 이에 위반하는 국가에 대하여 제재를 가할 수 있는 여지를 열어주고 있다.

표 1 UN 안보리 결의 현황

결의번호	연도	주요 내용
825호	1993	• 북한의 핵확산방지조약(NPT) 탈퇴 재고 및 IAEA 사찰단 북한 방문 요구
1540호	2004	• 핵, 화학, 생물무기 및 그 운반수단에 대한 통제
1695호	2006	• 핵무기, 탄도미사일, WMD 및 관련물자의 대북 수출금지
1718호	2006	• 제재위원회설치, 무기 및 사치품 금수
1874호	2009	• 전문가 패널 설치, 무기 금수 범위 확대 및 선박과 화물 검색 강화
2087호	2013	• 제재 대상 및 핵·미사일 관련 품목 갱신 및 추가 • Catch-all[4] 성격의 대북 수출 통제 강화 • 북한의 추가 도발 시 안보리가 중대한 조치를 취할 것을 명시
2094호	2013	• 금융, 화물검색, 선박 및 항공기 차단 분야 등에서 새로운 제재 조치를 포함하고, Catch-all 등에서 기존 안보리 결의 강화 • WMD 관련 금수품목 추가
2270호	2016	• 기존제재 조치 강화(금융 제재 강화, 북한에 대한 전면적 무기 금수, 금지품목 적재 의심 항공기의 회원국 이착륙 및 영공 통과 불허 의무화) • 신규 제재 조치 도입(제재 회피, 위반에 연루된 북한 외교관 및 정부대표 추방, 제재 대상자 소유 및 운영과 불법활동 연루 의심 선박 회원국 입항 금지, 석탄 수출금지 및 항공유 판매-공급금지)
2321호	2016	• 석탄 수출 상한제, 수출금지 광물 추가(은, 동, 아연, 니켈), 조형물, 신규헬리콥터, 선박 수출 금지 • 제재 위원회가 의심선박의 기국 취소(de-flagging), 회원국 선박의 북한 선원 고용금지, 북한 선박의 회원국 등록 취소 및 등록 취소 선박의 재등록 금지 • 회원국 금융기관의 북한 내 사무소·은행계좌 개설 등 활동 금지 및 90일 내 기존 사무소와 계좌 폐쇄 • 회원국 내 북한 공관 인력 규모 감축 촉구, 회원국 내 북한 공관·공관원 개설 은행 계좌(1개) 제한, 북한 공관의 소유 부동산 임대를 통한 수익 창출 금지 등
2371호	2017	• 북한 원유수출 연 400만 배럴이하 동결, 정유제품 공급 55% 감축 • 섬유제품 수출 금지 • 북한노동자 고용 사전 인가 • 금지품목 적재 의심선박 공해상 검색 • 북한과의 합작사업 금지
2375호	2017	• 북한 정유제품 공급 한도를 연 200만 배럴에서 50만 배럴로 제한 • 북한 원유수출 연 400만 배럴 이하 동결 • UN 회원국의 대북 원유 공급량 보고 의무화 • 신규 해외 노동자 송출 금지 • 북한 수출금지 품목 확대(식용품, 기계류, 선박 등)
2397호	2017	• 유엔 회원국내 소득이 있는 북한 노동자 전원을 24개월 내 북한으로 송환 • 북한의 수출금지 품목을 식용품 및 농산품, 기계류, 전자기기, 목재류, 선박 등으로 확대 • 회원국 항구에 입항한 금지행위 연루 의심 선박 나포, 검색, 동결(억류) 의무화 및 회원국 간 의심 선박에 대한 정보교류를 의무화

※ 출처 : 전략물자관리원(2018), "2018 국제사회 제재 보고서" 참고.

4 국제수출통제체제에서 규정하고 있는 Control List상의 통제품목 여부와 상관없이 대량살상무기(WMD) 및 이의 운반수단인 미사일 개발에 전용될 수 있는 모든 품목(All)을 통제(Catch)하는 제도

(2) 다자간 수출통제 제도

UN 안보리 결의를 제외하고 북한 등과 같은 대량살상무기를 취급하는 국가를 제재하기 위하여 수출통제 제도가 운영되고 있다. 이 중 NPT, CWC와 같은 협약의 경우 UN 안보리 결의와 같이 가입된 회원국이 자국 법령에 규정을 반영하여 자국에서 해외로 대량살상무기에 이용될 수 있는 물품이나 기술을 수출당국의 허가 없이 이전하는 것을 금지하고 있다.

한편 바세나르 협정체제나, 오스트레일리아 그룹과 같은 수출통제체제방식은 주요 국가들이 협의체를 구성하여 수출통제의 대상이 되는 품목과 기술의 범위를 정하고 해당 품목과 기술이 체제 가입국에서 비가입국으로 이전되는 것을 통제하는 제도다. 특히 체제를 기초로 한 수출통제 제도의 경우 최종용도(End-use)와 최종사용자(End-user)에 대하여 엄격한 통제를 하고 있는데 이에 따라 재수출에 대해서도 엄격한 통제를 가하고 있다.

수출통제 제도에선 수출통제의 대상이 되는 물품과 기술을 어느 정도 특정하고 있는데 직접적인 무기는 물론 무기를 제조하기 위한 기술 및 원재료 뿐만 아니라 기술적 활용에 따라 무기에 사용될 수 있는 이중용도물품(Dual-use)에 대해서도 통제를 가하고 있다.

표 2 국제 수출통제 제도 현황

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>무기</th><th>관련 물품 및 기술</th></tr>
<tr><td rowspan="4">대량
살상
무기</td><td>핵무기</td><td>핵비확산조약
(NPT, Treaty on the Non-Proliferation of nuclear Weapons)
설립 : 1970(한국 : 1975, 북한 1985 가입)
회원국 : 190개국(2017 기준)</td><td>핵공급 그룹
(NSG, Nuclear Supplies Group)
설립 : 1978(한국가입 : 1995)
회원국 : 48개국(2019 기준)</td></tr>
<tr><td>화학
무기</td><td>화학무기금지협약
(CWC, Chemical Weapons Convention)
설립 : 1997(한국가입 : 1998)
회원국 : 193개국(2015 기준)</td><td rowspan="2">오스트레일리아 그룹
(AG, Australia Group)
설립 : 1984(한국가입 : 1996)
회원국 : 43개국(2018 기준)</td></tr>
<tr><td>생물
무기</td><td>생물무기금지협약
(BWC, Biological Weapons Convention)
설립 : 1975(한국가입 : 1987)
회원국 : 192개국(2018 기준)</td></tr>
<tr><td>미사일</td><td colspan="2">미사일기술통제체제
(MTCR, Missile Technology Control Regime)
설립 : 1987(한국가입 : 2001)
회원국 : 34개국(2018 기준)</td></tr>
<tr><td colspan="2">재래식무기</td><td colspan="2">바세나르 협정체제
설립 : 1996(한국가입 : 1996)
회원국 : 48개국(2018 기준)</td></tr>
</table>

※ 출처 : 한국전략문제연구소(2003), "바세나르체제와 남북경제교류협력"의 내용에 현황을 반영.

3. 국가별 대북제재의 현황

(1) 미국의 제재

미국은 1917년에 제정한 적성국 교역법(Trade With Enemy Act)을 시작으로 1945년 수출입은행법(Export Import Bank Act), 1954년 원자력에너지법(Atmic Energy Act) 등 국제사회의 일반적인 원칙을 위반한 국가를 제재할 수 있는 다양한 법적 근거를 오래전부터 마련해 두었고 이를 북한에 적용하여 제재를 가하고 있다.

또한 2000년대 이후 북한의 핵실험 등이 본격화되면서 직접적으로 북한을 겨냥한 제재 법률도 제정되었는데 2000년 제정된 이란, 북한, 시리아 대량살상무기 확산금지법(Iran, North Korea, and Syria Nonproliferation Act) 등이다.

표 3 대북제재로 작용 중인 미국 국내법 현황

법률명	제정년도	제재용도
적성국교역법 (Trade With Enemy Act)	1917	한국전쟁 중 미국은 북한을 적국으로 규정 무역제재를 시작하였고 2008년 부시 대통령이 적성국교역법에 근거한 북한 무역제재를 중단
수출입은행법 (Export Import Bank Act)	1945	북한이 마르크스레닌주의 국가로서 수출입 관련 금융제재
유엔참여법 (UN Participation Act)	1945	유엔 회원국으로서 유엔의 북한제재 결의 실행
원자력에너지법 (Atomic Energy Act)	1954	북한의 핵무기 확산 관련 경제제재
대외원조법 (Foreign Assistance Act)	1961	북한의 민권문제를 근거로 경제제재, 테러지원국가 제재근거
무기수출통제법 (Arms Export Control Act)	1976	북한의 대량살상무기 확산 관련 경제제재, 테러지원국가 제재근거
국가긴급사태법 (National Emergencies Act)	1976	북한의 핵무기 개발관련 경제제재
국제비상경제권한법 (International Economic Emergency Power Act)	1976	
국가긴급사태법 (National Emergencies Act)	1976	
수출관리법 (Export Administration Act)	1979	북한의 대량살상무기 확산 관련 경제제재, 테러지원국가 제재근거
국제종교자유법 (International Religious Freedom)	1998	북한의 종교자유의 침해를 근거로 경제제재

법률명	제정년도	제재용도
인신매매피해자보호법 (Trafficking Victims Protection Act)	2000	북한의 인신매매 개입을 근거로 경제제재
이란, 북한, 시리아 대량살상무기확산금지법 (Iran, North Korea, and Syria Nonproliferation Act)	2000	북한의 대량살상무기 확산 관련 경제제재
애국법[5] (Patriot Act)	2001	북한의 불법적 자금세탁, 위조지폐, 밀수를 차단하기 위하여 경제제재
북한핵무기확산금지법 (North Kora Nonproliferation Act)	2006	북한의 핵무기 개발을 저지하기 위하여 제재
북한제재 및 정책강화법 (North Korea Sanctions and Policy Enhancement)	2016	
북한 차단 및 제재현대화법 (Korean Interdiction and Modernization of Sanctions Act)	2017	
오토웜비어 대북금융제재법 (Otto Warmbier Banking Restrictions Involving North Korea Act)	2017	

※ 출처 : 박언경(2018), "미국의 대북경제제재 법제-세컨더리 보이콧 및 역외적용".

미국의 북한에 대한 제재는 행정명령 혹은 의회입법의 형태로 마련되어 있는데 UN 안보리 결의의 이행법령임을 명시하여 국제법적 정당성을 강조하고 있다. 미국의 대북제재 법률의 특징은 역외적용성을 가져 미국 국적의 국민 또는 미국 영토 내에서만 법률이 적용되는 것이 아닌 해외지역의 제3자들에게도 법이 적용되게 된다.

이러한 역외적용은 세컨더리 보이콧(Secondary Boycott)방식으로 이루어지는데 국제제재에서 언급되는 세컨더리 보이콧이란 제재의 대상이 되는 국가와 거래를 하는 제3국, 기업, 금융기관, 개인에 대해서도 제재를 가하는 것을 의미한다.

원칙적으로 한 국가의 국내법은 그 영토와 국민에 대해서만 영향을 미치고 이를 벗어나서 적용하는 것은 국가주권에 반하는 일로 허용되지 않는다. 그러나 UN 안보리 결의를 근거로 핵, 생화학 무기 등에 대한 확산을 방지하고 국제사회의 평화와 안전을 유지하기 위해 세컨더리 보이콧을 하는 것은 국제법적으로 정당화될 수 있다.

5 정식 명칭은 '테러리즘을 가로막고 저지하는데 적절한 수단을 제공함으로써 미국을 단결시키고 강화시키는 법(Uniting and Strengthening America by Providing Appropriate Tools Required to Intercept and Obstruct Terrorism Act)'

대북제재와 관련된 미국의 세컨더리 보이콧 조치에 관한 대표적인 사례로 2005년의 방코델타아시아(BDA, Banco Delta Asia) 은행 사건이 있다. 당시 마카오의 소규모 은행인 BDA에 북한 정부와 관련된 명의의 계좌로 2500만 달러의 자금이 예치되어 있었는데 이 중 일부가 마약, 핵개발 자금 등으로 유용되는 불법자금으로 간주되었다. 이에 미국 재무부는 해당 자금을 동결하지는 않고 단지 BDA를 돈세탁 우려기관으로 지정할 예정이라 통보하였는데, 해당 통보발표만으로 1주일 만에 BDA 예치금의 1/3이 빠져나갔고, 전 세계 은행들이 BDA와의 거래결제를 거절하는 등 막대한 영업상 손실이 발생하였다.

(2) 한국의 제재

한국의 대북제재는 기본적으로 북한의 핵, 미사일 개발 문제와 관련하여 미국 및 유엔제재의 공조 아래에서 이루어지고 있다. 즉 UN 안보리 결의를 바탕으로 한 국내 이행을 위하여 제재가 이루어지는 것이 일반적이다.

이러한 맥락에서 한국의 독자적 대북제재조치 중 대표적인 조치는 2010년 천안함 피격사건 이후 발표된 '5.24. 조치'다. 5.24. 조치는 ① 개성공단을 제외한 남북 교역 전면중단 ② 북한 선박의 우리 영해 및 EEZ 항해 불허 ③ 우리 국민의 방북 불허 ④ 대북 투자 사업 보류를 그 내용으로 하고 있다.

5.24.조치는 이명박 전대통령의 담화문 발표 방식으로 발효된 것으로 행정명령의 성격을 가진다. 원칙적으로 행정명령의 발효와 해제는 개별 국가의 행정부 고유권한이나 5.24.조치는 미국 및 UN의 대북공조와 깊은 연관이 있어 자의적으로 수정하는 것이 사실상 불가능하다. 실제 2018년 평창올림픽 당시에도 5.24.조치 위반에 관한 논란이 있었으나 올림픽이라는 특수한 상황에 따른 예외로 인정되었다.

그 외 직접적인 대북제재 수단은 아니나 수출전반에 있어서 이중용도품목 등의 수출을 통제하는 대외무역법, 평화고시[6] 등이 있고, 대북제재에 해당하지는 않으나 북한에 대한 압박 수단으로 제정된 법률로 북한인권법, 테러방지법 등이 존재한다.

(3) 그 외의 국가

(가) 일본

일본은 미국과 함께 가장 강력한 대북제재를 취하는 국가다. 일본은 북한의 핵무기 개발, 탄도미사일 발사시험을 일본에 대한 직접적인 위협으로 간주하고, ① 북한에 입국한 재일외국인 핵·미사일 기술자의 일본 재입국 금지를 포함하여 인적규제조치 실시, ② 대북 송금 및 현금반출 금액

6 정식 명칭은 '국제평화 및 안전유지 등 의무이행을 위한 무역에 관한 특별조치 고시'

제한, ③ 인도목적 선박을 포함한 모든 북한 선적 선박 및 북한 기항 제3국 선박에 대한 일본 입항 금지, ④ 자산동결 대상 단체·개인 확대 등 강도높은 제재를 가하고 있다.

일본의 대북제재 근거는 북한의 핵활동 자체가 유엔 안보리 결의 등 국제법 원칙에 어긋나는 것으로 판단하고 이에 대한 대응 조치로 '대포동 2호 발사 관련 안전보장회의 결정', '북한의 1,2차 핵실험과 천안함 사건 관련 각의 결정', '화물검사특별조치법' 등 법적 근거를 마련하여 제재를 가하고 있다.[7]

(나) 유럽연합

유럽연합의 경우 개별 회원국들이 단독으로 제재할 권한도 갖고 있으나 1992년 체결된 '마스트리히트 조약(Maastricht Treaty)'에 의해 공동외교안보정책(CFSP, Common Foreign and Security Policy)이 수립되면서 제재의 권한이 유럽연합으로 넘어가게 되었고 이후 독자적 제재를 가하기보단 유럽연합차원에서 국제적 제재를 취하고 있다.

유럽연합의 제재는 UN 안보리 결의의 이행을 위한 제재, 혼합(Mixed)제재로서 UN제재를 강화하기 위한 목적으로 UN 제재에 추가적인 조치를 더하는 제재, 유럽연합의 독자(Autonumous)제재 세 가지로 분류된다. 유럽연합의 추가적인 제재는 UN 안보리 상임이사국인 영국과 프랑스를 중심으로 추진되는 경우가 많은데 UN 안보리에서 채택되지 못한 제재내용들을 유럽연합의 추가 제재를 통해 달성하고자 하는 경우가 많다. 그리고 미국과의 연계 없이 독자적인 제재를 추진하는 경우도 있다.[8]

유럽연합이 관심을 기울이는 주된 제재의 대상은 북한보다 직접적으로 유럽과 관련성이 높은 러시아, 시리아 등이므로, 이전엔 유럽연합만의 독자적인 대북제재는 찾아보기 어려웠으나 최근 북한 해외송출 노동자들의 인권문제가 대두되고 실제 폴란드의 조선소에서 일하는 북한 근로자들의 실태가 집중 조명되면서 북한 근로자들의 비자발급을 중단하는 독자제재를 채택하였다.[9]

4. SW와 대북제재

SW분야의 남북경제협력을 추진하기 위해 넘어야 할 대북제재 장벽은 많다. 포괄적인 교류금지를 담고 있는 5.24.조치 등의 제재가 해제된다 하여도 SW제품과 기술 이전에 관한 전략물자 수출통제, 북한 노동자 고용에 관한 국제사회 제재 등 다양한 문제가 존재한다.

7 손현진(2018), " 남북관계의 법제화 방안 연구 – 대북제재와 해제에 관한 법적 문제".
8 전략물자관리원(2018), "2018 국제사회 제재 보고서".
9 BBC 코리아(2018.4.12.), "유엔 대북제재 결의안에 대한 일반적인 오해들".

(1) 전략물자 수출통제와 SW

전략물자란 재래식무기, 대량파괴무기와 이의 운반수단인 미사일의 제조, 개발, 사용 또는 보관에 이용 가능한 물품, SW, 기술을 의미한다. 이러한 SW와 기술은 이중용도품목을 포함하는데 정상적으로는 전략물자로 사용되지 않으나 사용하기에 따라 전략물자로 이용될 수 있는 물품, SW 등을 이중용도품목이라 한다.

이중용도품목에는 다양한 SW가 포함되어 있으나 국내 일반 SW기업들과 관련성이 가장 높은 항목은 정보보안 관련 SW다. 정보의 저장, 전송과정에서 암호화 기술을 사용하는 SW의 경우 상당수가 해당[10]될 수 있는데 이 경우 SW 제품이나 기술을 이전할 경우 산업부 무역안보과, 원자력안전위원회, 방위사업청 등의 수출허가를 사전에 받아야 수출이 가능해진다.

한편 북한과 같이 수출통제체제에 가입되어 있지 않은 나라로 전략물자를 수출할 경우 수출허가를 받기 위해 최종사용자가 해당 물품을 금지된 용도로 사용하지 않고, 허가받지 않은 자나 국가로 재이전하지 않겠다는 서약서를 제출해야 하고 최종사용자의 영업증명서 등의 서류도 제출하여야 한다.[11]

그러나 수출통제제도에 대한 국내 SW기업들의 인식이 부족하고, 이를 위반할 경우 대외무역법 위반으로 형사처벌이 가해져 주의가 필요한데,[12,13] 막상 수출허가를 받으려 해도 수출 허가를 위한 서류구비 등에 있어 어려움이 많은 상황이다.

(2) 북한 노동자 고용과 SW

북한의 SW인력의 교류에 관해서는 북한 노동자의 신규 해외 송출을 금지한 UN 안보리 결의 제2375호가 문제된다. 해당 결의에 따르면 결의 당시 고용되어 있던 해외파견 북한 노동자의 고용계약 및 취업계약엔 영향을 미치지 않으나 본 허가가 만료되는 시점이후로 이를 연장할 수 없도록 하고 신규 허가를 하지 못하도록 하고 있다.

이에 따르면 북한 노동자를 한국 영토 내에서 신규로 고용하는 것은 UN 안보리 결의 위반에 해당할 소지가 있다. 다만 개성공단과 같이 북한 영내의 경제특구를 구축, 해당 지역에서 인력을 고용하는 것은 해외파견 북한 근로자가 아니므로 안보리 결의에 위반되지 않을 것으로 보인다. 그러나 이러한 경우에도 제2371호의 북한과의 신규 합작투자 사업금지 조항에 따른 어려움이 있다.

10 다만 인증, 디지털 서명, 정보무결성, 부인방지, 디지털 저작권 관리 등을 위한 암호기능을 제외하고 암호기능이 OAM (Operation, Administration, Maintenance)에만 한정된 경우도 제외.
11 https://www.yestrade.go.kr/common/common.do?jPath=/ja/jaes041G
12 보안뉴스(2016.5.17.), "정보보안 솔루션 대거 포함되는 전략물자, 수출방법 대해부".
13 전자신문(2018.3.20.), "SW, 6억 수출했더니 30억 벌금폭탄...SW업계, 전략물자 수출 경계령".

한편 SW개발에 관해선 원격지개발방식을 활용하는 것도 상정해 볼 수 있다. 이 경우 북한 근로자가 해외로 파견되지 않고도 북한 전문인력의 기술과 노동력을 활용할 수 있을 것이다. 다만 이 경우에도 참여인력에 대한 검증이나 산업보안 등에 대한 문제가 남아 있고, 사업추진 방식에 따라 남북협력사업으로 만들어진 SW제품을 남북한이 아닌 다른 국가로 수출할 경우 해당 국가의 대북제재 법령에 따라 수입제한 대상이 되는지 여부도 주의하여야 한다.[14]

5. 시사점

SW분야의 남북경협은 ICT분야에서도 인프라 의존도가 낮은 편이고 북한에도 상당한 수준의 SW인재와 기술이 있다는 점을 고려하면 협력사업으로 추진가능성이 높고, 양측의 산업발전에도 큰 도움이 될 것으로 보인다.[15]

다만 현재 대북제재는 UN 안보리 결의를 바탕으로 미국의 주도 아래 여러 국가가 공조하여 진행하고 있고 한국 역시 미국과의 공조아래 대북제재를 독자적으로 완화하기 어려운 상황이어서 남북경제협력을 추진하기 위해선 많은 노력이 필요해 보인다. 그러나 2018년 4월 남북 정상이 직접 만났고, 그동안 2차에 걸쳐 북미 협상도 진행된 현재, 향후 이루어질 남북경제협력을 대비하여 미리 준비를 할 필요가 있다.

그 준비를 위한 과정으로 사전에 SW분야 남북경협에서 발생할 수 있는 다양한 법적 장애를 파악하여 국내에서 해결이 가능한 부분은 입법 및 행정지원을 바탕으로 장애요인을 최소화시키고, 해결이 어려운 위험요소들은 사전에 발굴하여 홍보와 지원을 통해 국내 기업들이 SW남북경협에 안전하고 적극적으로 참여할 수 있도록 유인해 나갈 필요가 있다.

14 한국의 인기 애니메이션인 뽀로로의 경우 북한 삼천리총회사의 참여를 통해 만들어졌는데 미국수출과정에서 대북제제 조치에 따라 별도 심사를 받게 된 전례가 있다.
오마이뉴스(2011.6.22.), "남북합작 애니메이션 '뽀로로' 미국 대북제재 리스트 오른다".

15 ZDNet Korea(2018.9.12.), "남북 ICT 경협, 소프트웨어 중심 돼야".

북한 SW인력과 교육 현황

Status of North Korean SW Manpower and Education

이종주 Lee, Jongju • **연구원** Researcher, SPRi • ljj@spri.kr

- 남북정상회담 이후 남북한 경제협력에 대한 관심이 SW분야로 이어지고 있다. 이러한 관심 속에서 SW산업의 남북경제협력을 위해서는 북한 SW인력의 수, 인건비 수준 및 역량에 대한 정보를 사전에 알아볼 필요가 있다. 그러나 북한의 SW인력과 인건비 수준은 언론을 통해 전해지고 있으나, 경제협력에 국내 기업의 참여를 유도하기 위해서는 수급 가능한 인력의 수와 인건비 수준에 대한 정량적인 정보가 필요하다. 또한, SW교육 체계와 과정을 분석하여 SW인력의 역량을 추정하여 국내 기업이 필요한 인력을 수급할 수 있도록 도와야 할 것이다.

- After the summit between the South Korean President and the North Korean leader, the newly developing interest in economic cooperation between South and North Korea is paying special attention to the SW industry. For a successful economic cooperation between the South and the North, South Korean government should provide information on the scale of North Korean SW manpower, the level of labor costs and competencies. Although the number of SW manpower in North Korea and the level of labor costs are known through media reports, South Korean government needs quantitative information on the number of workers that can be supplied and the level of labor costs to encourage domestic companies to participate in economic cooperation. In addition, by analyzing their SW educational curriculum and courses, we should be able to estimate the competencies and strengths of the SW manpower in North Korea so that the domestic companies can benefit from the supply of the skilled manpower they need.

남북경제협력과 SW

2018년 4월 27일 문재인 대통령과 김정은 북한 국무위원장의 만남으로 남북 평화의 기류가 시작되었고, 국내 산업계는 남북경제협력에 대해 높은 기대감을 보이고 있다. 특히 2018년 9월 18일 열린 정상회담에서 이재용 삼성전자 부회장을 포함한 중요 경제인 17명이 문재인 대통령과 동행해 남북경제협력의 물꼬를 텄다고 볼 수 있다. 이번 방문은 과거의 남북경제협력보다 진일보한 관계를 형성하기 위해서 지식산업 분야의 인력을 활발히 교류할 수 있는 산업분야에도 관심이 모아지고 있다. 특히 우리 기업들의 SW기술인력이 부족한 상태[1]여서 SW산업 분야 남북경제협력 추진이 예상된다.

SW산업 분야에 경제협력이 시작되기 전에 북한 SW인력의 역량과 SW교육과정에 대해 살펴보고자 한다.

북한 SW인력

SW분야의 남북경제협력에 참여하려는 국내 기업들이 필요로 하는 정보는 아래와 같을 것이다.

첫째, 사업에 참여할 수 있는 북한 SW인력의 수는 북한의 폐쇄성으로 인해서 정확히 파악할 수는 없으나, 최근 언론보도에 따르면 총 2만 명의 인력이 있고, 숙련된 최상급 수준의 인력이 1,000명 정도인 것으로 알려져 있다. 남북경제협력의 성공을 위해서는 기업의 참여가 필수 사항이며, 이를 위해서 북한 SW인력의 총인원, 최상급 기술인력의 수 등에 대한 정확한 정보가 필요할 것으로 보인다.

표 1 북한 인력 집계와 관련된 언론보도

일자	출처 및 제목	내용
2002.5.	이종운 (대외경제정책연구소) “북한 IT산업의 발전현황과 남북 IT협력 활성화 방안”	“북한은 대학 및 각종 교육기관에서 연 1만 명의 정도의 IT인력을 배년 배출하고 있음”

1 KINEWS(2018.11.30.), “북한 IT 인력, 中 넘어 南온다면...” 발췌.

일자	출처 및 제목	내용
2015.8.	김종선, 이춘근 (과학기술정책연구소) "북한의 IT 산업의 개발 역사와 시사점"[2]	"SW 개발 조직들은 중국 등지에서 외화획득 목적으로 개발팀을 파견하고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 개발팀은 특정 사이트를 통한 계약을 통해서 모듈별로 개발하여 납품하거나, 직접 프로젝트에 참여하고 있는 것으로 보인다."
2018.9.27.	코리아뉴스타임즈 "북한의 IT기술과 전자상거래"[3]	"북한의 10만여 명의 IT분야 인력 중에서 SW인력이 약 2만 명이고, 숙련된 최상급 수준의 SW개발자 1,000여 명 이상이 활동하고 있는 것으로 알려져 있다."
		"평양에는 IT관련 회사가 20개 정도 존재하고, 중국과 합작회사도 5개 정도가 설립되었으며, 북한 내부에는 15,000명의 소프트웨어 인력이, 해외에서도 5,000명의 인력이 활동 중인 것으로 알려져 있다."
2019.1.10.	남북이놀다 "해외파견 북한 IT 인력들의 삶"[4]	"중국에 파견된 IT 인력의 규모는 10년 전에 비해 약 5~6배 정도 숫자가 늘어 중국에만 약 1,000여 명의 개발자가 활동하고 있는 것으로 보인다."

※ 출처 : 언론보도를 통해 SPRi 작성

두 번째, 북한 인력의 SW개발 역량에 대해서 살펴보면, 북한은 체계적인 교육을 통해 우수한 인재를 보유한 것으로 알려져 있다. 체계적인 교육으로 북한 SW인력은 기초가 탄탄한 프로그램 능력을 바탕으로 빠른 기술 습득력과 기술 능력 수준이 높은 것으로 평가되고 있다.[5] 다만, 폐쇄성으로 인해 SW인력의 실력 향상이 제한적일 수밖에 없어 보인다. SW 개발에서 기획능력 부족, 정보통신망의 제한적 활용 등으로 잠재력을 극대화시키지 못하는 것으로 알려져 있다.[6] 최근 북한은 인트라넷의 전국적 확대 속에 화상교육, 원격진료 등 다양한 서비스들을 시도하고 있는 것으로 보여 기술력이 보다 발전할 것으로 기대하고 있다.

세 번째, 북한 SW인력의 높은 기술 수준에도 불구하고 인건비가 낮기 때문에 해외 투자가들이 관심을 보인 것으로 알려져 있다.[7] 언론보도에 의하면 "북한 SW 개발자 인건비 수준은 동일한 능력의 남한 SW개발자의 3분의 1 내지 3분의 2 수준"으로 보인다.[8] 다만, 2012년 김정은 위원장 집권 이후에 SW인력의 지위가 격상됨에 따라 현 시점에서 인건비 수준을 다시 가늠할 필요가 있다.

2 김종선·이춘근(2015.8.), "북한의 IT 산업의 개발 역사와 시사점", 과학기술정책연구소, 과학기술정책 통권 205호, 24~33.
3 코리아뉴스타임즈(2018.9.27.), "북한의 IT기술과 전자상거래".
4 남북이놀다(2019.1.10.), "해외파견 북한 IT 인력들의 삶".
5 한겨레(2018.6.17.), "뽀로로는 시작일뿐, 남북협력 금광 '정보통신 경협'이 온다".
6 김종선·이춘근(2015.8.), 과학기술정책연구소, 과학기술정책 통권 205호, 24~33.
7 자유방송아시아(2018.10.19.), "북, 컴퓨터 소프트웨어 개발 주력… 성공과시".
8 이데일리(2018.7.6.), "③북한 SW개발자와 10년간 일했던 '하나프로그램센터'를 아시나요".

표 2 북한 SW인력의 역량과 인건비 수준

전문가	기사 발췌
이상산 부회장 (핸디소프트)	"임금은 끝날 때 기준으로 1,000불에서 1,800불 정도였는데 남한 SW개발자의 3분의 1에서 3분의 2 정도의 임금을 주고 운영했다고 보면 된다. 그들은 능력이나 전문성, 충성도 등에서 뛰어나 나중에 북측에 파견 인력을 늘려달라고 했을 정도"[9]
김종선 선임연구위원 (과학기술정책연구원)	"북한이 디바이스 적용과 상품화에 대한 개념이 떨어질 뿐, 영재교육 덕분에 기술은 정말 뛰어나다"며 "리눅스·안드로이드 기반 앱이나 임베디드(내장형) 소프트웨어 등은 바로 쓸 수 있는 수준"[10]
폴 치아 대표 (GPI 컨설턴트)	"북한이 대학에서 각종 첨단 전자상품을 개발하고 있고 SW개발 실력이 우수"[11]
이스라엘전력공사 (IEC)	"발전이나 송전 시스템에 오작동을 일으키는 말웨어(Malware, 악성 프로그램)를 만들어 내는 능력이 수준 높다"[12]

※ 출처 : 언론보도를 통해 SPRi 작성

북한SW 개발 수준

북한은 2000년 이후 SW 개발 중심의 IT산업을 체계적으로 육성 및 강화하고 있으며, 제조업의 효율화를 위한 SW시스템 개발에 주력하고 있다. 선반[13]과 같은 공작기계에 컴퓨터수치제어 기술을 접목하여 경량제조업의 효율성을 높이는 CNC(Computer Numerical Control) 시스템을 자체적으로 개발하여 상당한 성과를 이룬 것으로 보이고 있다. 특히 북한에서 상용화하고 있는 문자인식 SW(문서화상을 텍스트로 자동변환)의 경우 99%의 인식률과 초당 600자의 인식속도의 높은 성능을 자랑하고 있다.

표 3 북한의 대표 SW

명칭	기관	기술 대분류	기술 중분류	내용
광명	-	네트워크	인트라넷	북한 내에서만 사용하여 해외 접촉을 차단하는 독립적 네트워크
붉은별 3.0	-	SW	OS	리눅스 기반의 자체 컴퓨터 운영체제
용남산	김일성종합대학	SW	문자인식	-

9 이데일리(2018.7.6.), "③북한 SW개발자와 10년간 일했던 '하나프로그람센터'를 아시나요".
10 한겨레(2018.6.17.). "뽀로로는 시작일뿐, 남북협력 금광 '정보통신 경협'이 온다".
11 자유방송아시아(2018.10.19.), "북, 컴퓨터 소프트웨어 개발 주력… 성공과시".
12 매일종교신문(2018.6.15.), "세계 최강의 北코딩…'단박 도약'·과학기술강국 되려면".
13 선반이란 공작물에 회전을 주어 외주 단면 등을 가공하는 공작기계를 의미한다.(도해 기계용어사전)

명칭	기관	기술 대분류	기술 중분류	내용
성	김일성종합대학	SW	-	경제대사전 연구
신동2002	김챙공업종합대학	SW	번역	한국어, 중국어, 러이아서, 일본어, 영어 통번역
만경대	조선콤퓨터센터	SW	번역	-
은령	조선콤퓨터센터	SW	음악편집	-
인식	평양정보센터	SW	문자인식	문자인식 정확도가 95% 자평
단군	평양정보센터	SW	문자처리	200여 종의 글자체 연구
길동무 1.0		SW	네비게이션	평양의 이동경로
봄향기 1.0		모바일 앱	영상처리	-

※ 출처 : 언론보도를 통해 SPRi 작성

북한은 SW관련 국제 대회에 참가하여 SW역량을 해외에 알리고 있다. 특히 세계컴퓨터바둑대회에서 많은 수상실적을 내었으며, 각종 회의 및 전람회를 북한에서 개최하고 있다. 2018년에는 북한에서 자체 개발한 SW를 탑재한 가상현실제품(HTC VIVE VR system)을 선보였다.[14] 그리고 2019년 4월22일부터 23일까지 양일간 블록체인과 암호화폐 업계의 전문가들을 초빙한 국제회의를 개최 예정[15]이라고 한다.

약 5천 명의 북한의 SW인력들은 외화벌이 목적으로 중국 등지로 파견되고 있다. 최근 북한의 SW 관련 산업기관 중에서 외화벌이가 미흡함을 이유로 기관을 해체하는 경우가 있을 만큼, 내부에서는 SW산업으로 외화벌이에 집중하고 있음을 알 수 있다.[16]

표 4 북한의 해외SW 관련 대회 수상실적

수상 대회	연도	내용	개발기관
세계컴퓨터바둑대회	1998	우승	-
세계컴퓨터바둑대회	2009	우승	조선콤퓨터센터(KCC)
스위스에서 개최한 국제회의	1990,1994	1등(시스템과 지문식별, 지문열쇠)	압록강기술개발회사
Code Chef	2013, 2015	입상	김일성종합대학. 김책공대

※ 출처 : 언론보도를 통해 SPRi 작성

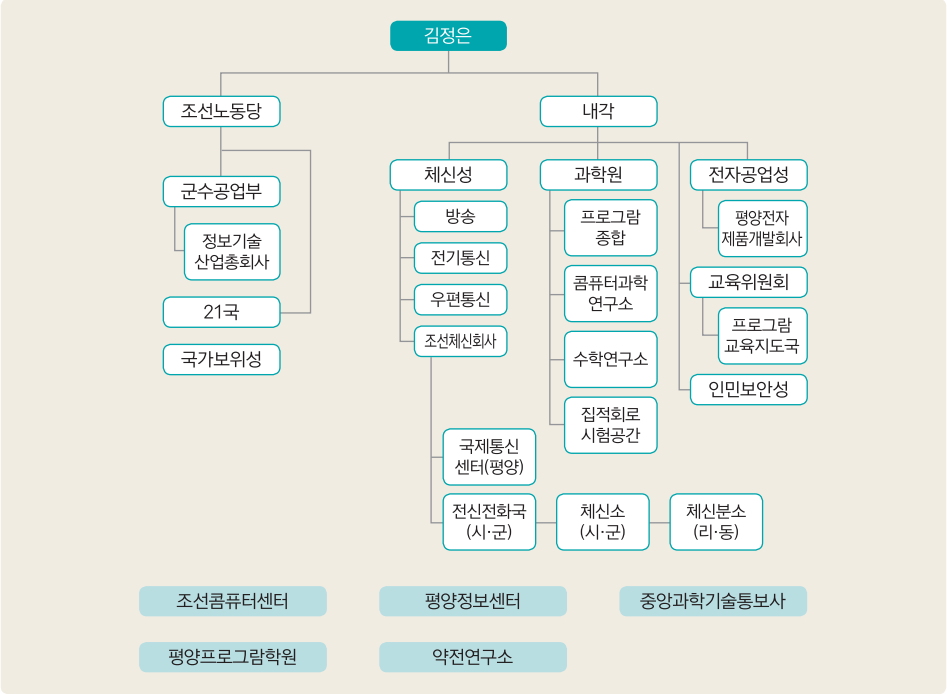
14 자유방송아시아(2018.10.19.), "북, 컴퓨터 소프트웨어 개발 주력… 성공과시".
15 자유방송아시아(2018.11.26.), "북, 내년 4월 평양서 첫 블록체인 국제회의 개최".
16 김종선·이춘근(2018.8.), 과학기술정책연구소, 과학기술정책 통권 205호, 24~33.

북한 SW산업기관과 교육기관

북한은 2000년에 들어서면서 IT산업을 경제난으로부터 벗어나기 위한 돌파구로 인식하고 IT분야에서 SW산업에 투자를 집중하고 있다.[17] 그러나, 북한의 폐쇄성과 열악한 기술·자본 여건 하에서는 본격적인 IT산업 육성이 어려워 보인다. 그래서 북한은 IT 인프라나 하드웨어에 투자보다는 SW산업 육성에 중점을 두고 있다.

북한에서 IT산업을 전담하는 기관은 체신성과 전자공업성이고 관련 업무와 기관들은 [그림1]에서 보다 자세히 살펴볼 수 있다.

그림 1 북한의 IT산업 전담기구 구성



※ 출처 : 통일부. 북한정보포털

북한의 SW교육과 관련해서 1998년 최고인민회의에서 '과학기술발전의 5개년 계획'을 통해 SW교육 정책에 기반을 마련하였다. 2006년 최고인민회의에서 '과학기술강국'을 건설할 수

17 고경민·이희진·장승민(2007), "북한의 IT 딜레마와 이중전략 – 인터넷 정책과 소프트웨어 산업정책을 중심으로", 정보화정책 제14권 제4호, 2007년 겨울, 139~158 발췌.

있는 해라고 규정하고 SW교육에 대한 정책적 지원을 확대하였다.[18] 그래서 1998년에 중학교 4학년(고등학교 1학년)으로부터 컴퓨터 과목을 의무교육으로 지정하였고, 2009년부터 소학교 3학년부터 컴퓨터과목을 의무교육으로 지정함으로써 SW 조기교육을 실시하고 있다. 더불어 최고급 SW인력을 양성하기 위해 북한 내 최고 대학인 김일성종합대학과 김책공업대학에 SW관련 학부를 신설하고, 지역대학 등에도 SW관련 학부를 신설 확대하였다.

표 5 북한 SW관련 정책 추진

연도	주요내용
1998	중학교 4학년(국내 고등학교 1학년)부터 컴퓨터 의무교육 실시
1999	김일성조합대학과 김책공업대학에 SW관련 단과대학 설립
1999	북한 내각 전자공업성을 설치하여 정보통신(ICT)업무 담당
2000	북학 내각 교육성 내에 소프트웨어 개발지도국과 소프트웨어 개발지도센터 설립
2001	평양 외 지역에 함흥컴퓨터기술대학, 평양컴퓨터기술대학 설립
2001	만경대학생소년궁, 평양학생소년궁, 금성제1, 2중학교[19]에 컴퓨터 인재배양기지(인재 양성센터) 설립
2002	북한과학원 산하에 정보기술학교 설립
2002	희천유전대학(국내는 전문대학과 유사함) 등에 IT산업 학부 신설
2003	컴퓨터소프트웨어보호법 제정
2004	소프트웨어산업법 제정
2006	금성학원에 '컴퓨터 인재반' 신설
2009	소학교(초등학교) 3학년부터 컴퓨터 교육과정 신설하고 필수교육으로 지정
2010	평양과학기술대학 설립(북한 유일의 사립대학)

※ 출처 : 언론보도를 통해 SPRi 작성

북한SW 교육 체계

북한 정부는 남한의 초중고에 해당하는 교육과정에서부터 SW 의무교육을 실시하고 있다. 북한 주민은 소학교(초등학교) 3학년부터 컴퓨터 과목을 수강하여서 기본적인 컴퓨터 소양을 가지고 있다. 그리고 SW인재 양성하기 위한 조기학습으로서, 컴퓨터 교과를 중심으로 고등학교에 수재반을 설치하고, 대학 교육과 연결하는 교육 체제를 구축하고 있다. 또한, 각 도에 수재학교인 제1고등중학교를 설립한 이후 시, 군으로 확대 설치하고, 수재학교 졸업생은 군에 입대하지 않고 바로 이과

18 차금선(2017.7.3.), 한국지방정부학회 2017년도 하계학술대회 논문집, 1~20 발췌.
19 국내의 교육체계에 따르면 중학교와 고등학교의 병합 현태인 북한의 고등중학교는 각 도, 시, 군 단위로 1개씩(평양의 경우는 구역 단위로 1개씩)있으며, 구역급 이상의 제1고등중학교 졸업생은 군복무를 면제받는 특혜를 누린다.

대학과 공과대학 수재반 등에 진학할 수 있게 하는 SW교육제도를 가지고 있다. 또한, 북한 인민의 SW에 관한 인식을 높이고 프로그램 기술 발전을 돕기 위해 매년 경연대회도 실시하고 있다.[20]

북한의 최고 대학인 김일성종합대학, 김책공업종합대학을 중심으로 SW수재를 육성하고 있으며, 최근에 북한 유일 사립대학인 평양과학기술대학을 통해 SW분야에서 다양하고 새로운 시도를 진행하고 있다. 북한은 정보화시대에 맞춘 공과대학 강화에 따라 컴퓨터와 기계 자동화 중심의 단과대학을 설치하였으며, 특히 1999년에 김일성종합대학에 컴퓨터과학대학을, 2002년에 김책공업종합대학에 정보과학기술대학을 설립하였다.[21,22] 2018년 9월 김정은 위원장은 평양 김책공업종합대학을 방문하여 SW 창조형 인재 육성을 강조하기도 하였다.[23] 또한, 2017년 11월에 평양과학기술대학은 이탈리아 출신 페데리코 텡가(Federico Tenga) 강사를 초빙하여 블록체인에 대한 특별 강의를 개최하였다. 강의내용은 비트코인이 어떻게 작용하는지, 어떤 기술이 사용되는지, 어떻게 하면 통제를 덜 받을 수 있는지(How censorship-resistance is achieved) 등의 기본지식을 다루기는 하였지만, 북한 정치체제 내에서 자본주의와 연관되는 블록체인을 강의한 것은 이례적인 현상이다.[24]

표 6 북한의 SW 교육기관

연도	교육기관	교육 내용
1986	평양정보센터	일본의 조총연화연합국가개발계획(UNDP)의 지원을 받아 설립
1990	조선콤퓨터센터	'오산덕 정보센터', '만경정보센터', '어은정보센터', '삼일정보센터', '청봉정보센터', '소백수정보센터', '밀영정보센터', '삼지연정보센터', '고려침구', '금색말', '모호-37', '만경대', '은령', '삼흥' 등 연구개발 분야에 따라 다수의 지부를 두고 있음
1999	김일성종합대학교	컴퓨터과학대학 신설 HW, SW, ICT 분야의 전문가(교수 등) 양성 목적 컴퓨터과학 교육에 중점
2001	함흥컴퓨터기술대학 평양컴퓨터기술대학	컴퓨터 관련 전문 대학 신설
2001	평양제1중학교	1984년에 설립한 수재 양성 교육기관으로 컴퓨터 조기교육 시범사업 실시
2001	금성학원	평양시 만경대구역에 예술 분야 전문 교육기관으로 현재 컴퓨터 수재를 양성하는 기관으로 유명함
2001	금성 제1, 2고등중학교 만경대학생소년궁전 평양학생소년궁전	전문 컴퓨터 수재 양성을 위하여 컴퓨터 교육 확대

20 자유방송아시아(2018.10.19.), "북, 컴퓨터 소프트웨어 개발 주력… 성공과시".
21 이춘근·김종선·남달리(2016.12.), "북한의 과학기술인력 현황분석과 협력 과제", 과학기술정책연구원, 정책연구, 1~143.
22 김일성종합대학 컴퓨터과학대학에는 컴퓨터과학학과, 컴퓨터조종학과, 지능정보처리학과 신설과 교수들의 자질향상을 위한 컴퓨터연구소와 박사원도 설치하였고, 김책공업종합대학 정보과학기술대학을 신설했다.
23 자유아시아방송(2018.10.8.), "북 IT관련 인재들 외화벌이에 내몰려".
24 자유아시아방송(2017.11.21.), "평양과기대, 이달 초 서양전문가 초빙 '비트코인' 특강".

연도	교육기관	교육 내용
2002	김책공업종합대학	정보과학기술대학 HW, SW, ICT 분야 실무형 기술자 양성 컴퓨터공학 교육에 중점
2002	과학원	정보기술학교 신설
2003	희천체신대	IT중심의 학부체계로 개편
2006	금성학원	컴퓨터 수재반 설치
2010	평양과학기술대학 IT 대학원	이학, 공학 및 사범대학 학부과정에 IT과를 설치하여 IT전문가 양성 목적 특히, 수학적 이론에 기초한 고급프로그래머 양성 평양 온정구역에 전문학교로 시작하여 확대 개편하여 현재는 북한의 KAIST라고 불림
2012	정보과학기술연구소	연구개발 역량을 확대하기 위해 국가과학원의 컴퓨터연구소를 개편

※ 출처 : 통일부 통일교육원(2006), "정보화 시대 북한의 정보화수준" 및 언론보도 참조.

시사점

SW분야에서 남북경제협력 시 필수요소인 북한의 SW역량과 인건비 수준에 대한 정보가 부족하여 의외로 무덤덤한 반응이 나오고 있고, 남북관계에 대한 부정적인 여론도 존재한다.[25] 부정적인 견해는 북한 SW 고급 인력이 남한의 SW인력의 부수업무만 할 가능성이 높아 남북관계 개선에 도움이 될 수 없다는 점, 북한 SW인력이 주요 공공사업 참여 시 보안 문제에 취약하다는 점을 지적하고 있다.[26] 또한 북한 SW인력의 역량과 인건비 수준에 대한 정확한 정보가 없어 국내의 중소기업 입장에서 접근하기 힘들다는 견해도 있다. 왜냐하면, SW분야는 사업비가 대부분 인건비에 해당하고, SW인력의 개발 역량이 사업의 성공 여부를 담보하는 특성으로 인해 중소기업을 경영하는 입장에서는 위험을 감수할 수 없기 때문이다.

따라서, 남북한 경제협력에 참여의지가 있는 우리 기업에게 북한 SW인력의 역량과 인건비 등에 대해서 정확한 정보를 알려주기 위한 준비가 필요하다.

25 코리아뉴스타임즈(2018.9.27.), "북한의 IT기술과 전자상거래".
26 KINEWS(2018.11.30.), "북한 IT 인력, 中 넘어 南온다면..." 발췌.

소프트웨어 산업 통계

전이슬 JEON, Yi Seul • 연구원 Researcher, SPRi • jys@spri.kr

국내 소프트웨어 생산 현황

2018년 11월 소프트웨어 생산액은 4.8조 원으로 전년 동기 대비 다소 감소(3.2%)하였으나, 전월(2018년 10월) 대비해서는 4.3% 증가하였다. 11월 누적 소프트웨어 생산액은 47.3조 원으로 전년 동기 누적 생산액(46.1조 원) 대비 2.7% 증가하였다. 세부 품목별로는 패키지 소프트웨어 11월 누적 생산액(7.3조 원)이 전년 동기 대비 5.2% 증가하였으며, IT서비스는 11월 누적 생산액(29.8조 원) 기준 전년 동기 대비 0.8% 증가한 수준으로 조사되었다. 게임소프트웨어 11월 누적 생산액은 10.3조 원으로 전년 동기 대비 6.5% 증가하였다.

패키지 소프트웨어 11월 생산액은 전년 동기 대비 17.3% 증가한 7,493억 원을 기록하였다. 세부 품목별로는 시스템 소프트웨어 생산액이 3,048억 원으로 전년 동기 대비 17.4% 증가하였으며, 응용 소프트웨어 생산액은 4,445억 원으로 전년 동기 대비 17.2% 증가하였다. 11월 패키지 소프트웨어 주요 증감 품목으로는 산업특화 소프트웨어(24.4% 증가), 보안 소프트웨어(9.0% 증가), 산업범용 소프트웨어(1.7% 증가), 미들웨어 소프트웨어(1.6% 증가) 등이 있다.

IT서비스 11월 생산액은 3.1조 원으로 전월(2018년 10월) 대비 6.2% 증가하였다. IT컨설팅 및 시스템 개발 생산액은 1.8조 원이며, IT시스템 관리 및 지원서비스 생산액은 1.2조 원으로 조사되었다. 11월 IT서비스 주요 증감 품목으로는 IT컨설팅 및 시스템 개발(3.9% 증가), IT시스템 관리 및 지원서비스(11.4% 감소) 등이 있다.

11월 게임 소프트웨어 생산액은 9,809억 원으로 전년 동기 대비 15.4% 감소하였다. 그러나 11월 누적 기준으로는 전년 동기 대비 6.5% 증가한 수준인 10.3조 원 규모의 게임 소프트웨어 생산을 기록한 것으로 조사되었다.

표 1. SW 생산 동향 (단위 : 십억 원)

구 분			2017년			2018년				
			11월	11월 누적	연간	1분기	2분기	3분기	11월	11월 누적
패키지 SW	생산액		639	6,904	7,913	1,803	1,970	2,047	749	7,266
	증감률	동기 대비	-6.2%	5.2%	4.7%	△7.8%	1.2%	15.2%	17.3%	5.2%
		전월 대비	9.0%	-	-	-	-	-	7.5%	-
IT 서비스	생산액		3,182	29,536	33,932	7,535	8,159	8,082	3,092	29,778
	증감률	동기 대비	17.3%	7.8%	6.9%	2.6%	1.8%	△0.1%	△2.8%	0.8%
		전월 대비	9.9%	-	-	-	-	-	6.2%	-
게임 SW	생산액		1,160	9,636	10,778	2,960	2,893	2,407	981	10,258
	증감률	동기 대비	13.0%	7.1%	7.5%	22.8%	27.8%	△11.8%	△15.4%	6.5%
		전월 대비	8.3%	-	-	-	-	-	△3.5%	-
전체	생산액		4,981	46,075	52,623	12,298	13,021	12,536	4,822	47,301
	증감률	동기 대비	12.7%	7.3%	6.7%	5.0%	6.5%	△0.5%	△3.2%	2.7%
		전월 대비	9.4%	-	-	-	-	-	4.3%	-

출처) 과학기술정보통신부 ICT주요품목동향조사(2019.2.)
※ 월별 조사는 패널조사 결과를 합산한 잠정치로 2017년 연간조사를 통해 확정치로 대체 예정(2019.4.)
※ 2017년 개정된 ICT통합분류체계를 적용함에 따라, 세부품목별 SW생산액 추이가 변동됨(패키지SW(BPO) → IT서비스 BPO품목으로 분류 신설 이전, IT서비스(호스팅서비스) → 정보서비스(호스팅서비스)로 이전)

그림 1-1. SW 생산 동향

(단위 : 십억 원, 전년 동기 대비 증감률)

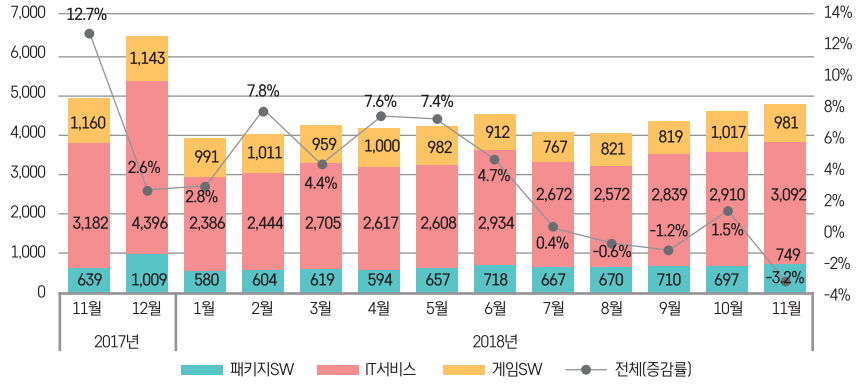


그림 1-2. 패키지SW 생산 동향

(단위 : 십억 원, 전년 동기 대비 증감률)

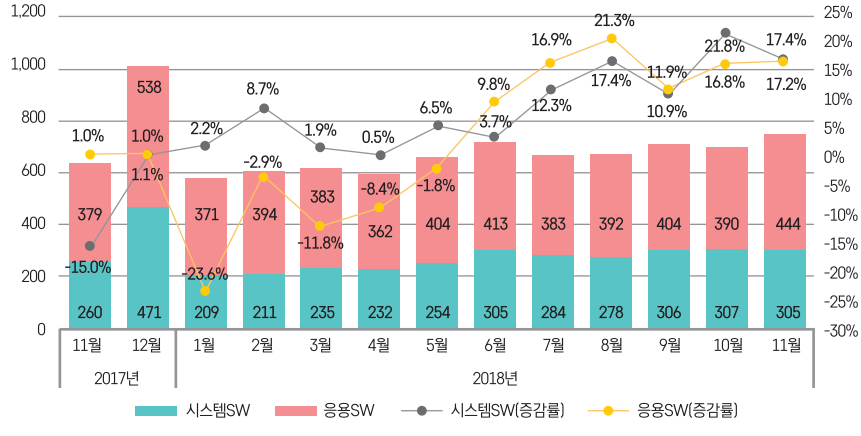
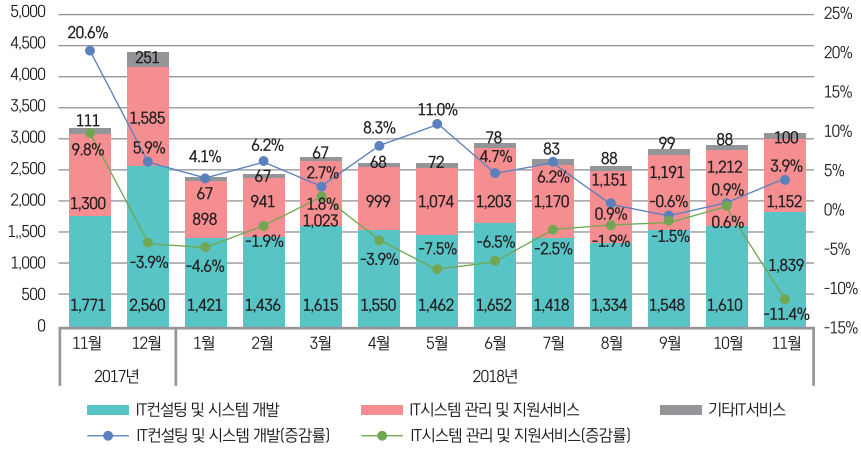


그림 1-3. IT서비스 생산 동향

(단위 : 십억 원, 전년 동기 대비 증감률)



소프트웨어 산업 통계

국내 소프트웨어 수출 현황

2018년 3분기 소프트웨어 수출액은 26.8억 달러로 전 분기 대비 2.0% 증가하였으며, 3분기 누적 소프트웨어 수출액은 81.7억 달러로 2017년 3분기 누적 소프트웨어 수출액(78.8억 달러) 대비 3.7% 증가하였다. 패키지 소프트웨어 3분기 누적 수출액은 4.6억 달러로 전년 동기 대비 32.8% 감소하였으며, IT서비스는 45.6억 달러로 전년 동기 대비 1.4% 증가하였다. 게임 소프트웨어 3분기 누적 수출액은 전년 동기 대비 17% 증가한 31.5억 달러로 조사되었다.

3분기 패키지 소프트웨어 수출은 전년 동기 대비 20.3%증가한 2.9억 달러이다. 3분기 시스템 소프트웨어 수출액은 3,042만 달러로 전 분기 대비 3.2% 감소하였으나, 보안 소프트웨어가 전 분기 대비 243만 달러 증가하는 등 미들웨어 수출 감소폭을 상쇄하였다. 응용 소프트웨어 수출액은 2.6억 달러(전년 동기 대비 9.6% 증가)로 산업범용 소프트웨어, 산업특화 소프트웨어 등 각 세부 품목에서 증가 추세를 보였다.

3분기 IT서비스 수출은 전년 동기 대비 12.3% 감소한 14.7억 달러이다. 3분기 IT컨설팅 및 시스템 개발 수출액이 2.4억 달러, IT시스템관리 및 지원서비스는 전년 동기 대비 23.7% 증가한 12.3억 달러로 조사되었다. 3분기 누적 IT서비스 수출액은 45.6억 달러 규모로 전년 동기 대비 1.4% 증가한 것으로 집계되었다.

3분기 게임 소프트웨어 수출은 9.2억 달러로 전 분기 대비 1.2% 감소하며 다소 주춤한 모습을 보였다. 3분기 누적 게임 소프트웨어 수출액은 31.5억 달러로 전년 같은 기간 대비 17% 증가하며 작년보다는 수출실적이 개선된 것으로 조사되었다.

표 2. SW 수출 동향 (단위 : 백만 달러)

구 분			2017년			2018년			
			3분기	3분기 누적	연간	1분기	2분기	3분기	3분기 누적
패키지 SW	수출액		239	690	952	82	94	287	464
	증감률	동기 대비	26.5%	△4.6%	1.6%	△60.3%	△61.6%	20.3%	△32.8%
		전 분기 대비	△2.4%	-	-	△68.5%	14.4%	205.5%	-
IT 서비스	수출액		1,680	4,495	6,359	1,480	1,603	1,474	4,557
	증감률	동기 대비	21.3%	1.3%	4.2%	19.7%	1.5%	△12.3%	1.4%
		전 분기 대비	6.4%	-	-	△20.6%	8.4%	△8.1%	-
게임 SW	수출액		1,257	2,695	3,906	1,303	930	919	3,152
	증감률	동기 대비	35.5%	17.4%	19.2%	103.3%	16.7%	△26.9%	17.0%
		전 분기 대비	57.9%	-	-	7.5%	△28.6%	△1.2%	-
합계	수출액		3,176	7,880	11,216	2,864	2,627	2,680	8,172
	증감률	동기 대비	27.0%	5.7%	8.7%	37.5%	0.3%	△15.6%	3.7%
		전 분기 대비	21.2%	-	-	△14.1%	△8.3%	2.0%	-

출처) 소프트웨어정책연구소 SW수출통계조사(2018.11.)
※ 분기별 조사는 패널조사 결과를 합산한 잠정치로 2017년 연간조사를 통해 확정치로 대체 예정(2019.4.)
※ 2017년 개정된 ICT통합분류체계를 적용함에 따라, 세부품목별 SW수출액 추이가 변동됨(패키지SW(BPO) → IT서비스 BPO품목으로 분류 신설 이전, IT서비스(호스팅서비스) → 정보서비스(호스팅서비스)로 이전)
※ SW수출액은 매월 입금된 금액을 기준으로 집계

그림 2. SW 수출 동향

(단위 : 백만 달러, 전년 동기 대비 증감률)

클라우드 가상화 기술의 변화
- 컨테이너 기반의 클라우드 가상화와 DevOps

Changes in Cloud Virtualization Technology
- Container-based Cloud Virtualization and DevOps

Executive Summary

● 가상화 기술은 클라우드 컴퓨팅을 가능하게 하기 위한 기반기술이다. 서버 자원의 효율적인 활용을 목적으로 등장한 가상화 기술은 크게 하드웨어 기반의 가상화 기술과 소프트웨어 기술로 각각 발전해 왔으며, 클라우드 컴퓨팅에 활용되고 있다. 최근 클라우드 컴퓨팅을 위한 가상화 기술은 컨테이너 기반의 오픈소스 플랫폼들이 대세를 이루고 있다. 이 리포트에서는 클라우드 컴퓨팅 최신 가상화 기술들을 살펴보고, 이런 기술들이 등장하게 된 배경과 향후 전망에 대해 논해 보고자 한다.

● Virtualization technology is the foundation technology that enables cloud computing. Virtualization technology, which has emerged with the aim of efficiently utilizing server resources, has evolved into hardware-based virtualization technology and software technology, respectively, and has been put to use in cloud computing. Recently, virtualization technology for cloud computing has become popular with container-based open source platforms. This report examines the latest virtualization technologies in cloud computing and discusses the background of their emergence and future prospects for these technologies.

안성원
AHN, Sung Won
선임연구원
Senior Researcher, SPRi
swahn@spri.kr

1. 논의배경

● IT 패러다임 변화와 클라우드의 확산

세계의 IT 트랜드가 하드웨어(HW) 및 소프트웨어(SW) 등을 직접 구축 및 설치(소유)하던 것에서 서비스의 형태로 빌려 쓰는(활용) 것으로 변화하고 있다. 클라우드 컴퓨팅은 사용자가 컴퓨팅 자원(Computing Resource)[1]을 직접 구축할 필요 없이 필요할 때마다 컴퓨팅 자원에 접근하여 데이터를 처리하고 연산을 수행할 수 있도록 서비스를 제공한다. 이처럼 클라우드 컴퓨팅을 활용하는 세계 IT 패러다임의 변화에 따라 클라우드 컴퓨팅의 확산은 가속화되고 있다.

또한, 클라우드 컴퓨팅이 제4차 산업혁명의 핵심 기술 중 하나로 주목 받으면서 글로벌 클라우드 시장은 급성장[2] 추세이다. 전 세계의 기업과 정부는 이러한 패러다임의 변화에 빠르게 대응하며 클라우드 우선주의(Cloud First) 정책[3]을 넘어 클라우드 중심주의(Cloud Only) 정책[4]을 도입하기에 이르렀다. 우리나라도 클라우드 컴퓨팅 산업을 활성화하기 위해 지난 2009년 관계부처 합동으로 「범정부 클라우드 컴퓨팅 활성화 종합계획」을 수립하였고, 2015년에는 세계최초로 '클라우드 컴퓨팅 발전법[5]'을 제정하는 등 현재까지도 부단한 노력을 기울이고 있다.

● 클라우드 컴퓨팅의 핵심 기반인 가상화 기술

클라우드 컴퓨팅 서비스가 가능하기 위해서는 반드시 가상화 기술이 수반되어야 한다. 클라우드 컴퓨팅이 처음 등장한 배경은 서비스 사업자들의 유휴(Idle) 컴퓨팅 자원의 재활용을 목적으로 시작되었다. 보유하고 있는 하드웨어 장비들을 가상화(Virtualization)를 통해서 여러 개의 장비를 묶어 사용자에게 공유자원으로 제공하며 자원의 활용성을 높이고자 한 것이 시초이다. 가상화 기술은 여러 장비를 하나로 묶을 수도 있고 반대로 하나의 장비를 마치 여러 개의 장비인 것처럼 동작시키는 것도 가능하다.

하드웨어 장비를 가상화하면 해당 장비가 제공하는 컴퓨팅 자원의 활용도를 높일 수 있게 된다. 이를 통해, 사업자는 컴퓨팅 자원 구매과 유지보수에 들어가는 비용을 절감할 수 있고, 사전에 환경을 구축하기 위한 공간 확보와 인력채용과 같은 고정비용도 절약할 수 있게 된다. 또한, 컴퓨팅 자원을 조달하는 시간을 획기적으로 단축하여 사업을 개시할 수 있고, 용량증설이 필요할 경우 자원을 요청하여 즉시 확장하는 것도 가능해진다.

1 CPU, 메모리, 네트워크, 서버, 스토리지, 애플리케이션 등 컴퓨터에서 가용한 컴퓨팅 자원을 의미하며, 이 보고서에서 자원과 리소스는 같은 의미로 사용한다.
2 2016년 1,030억 달러에서 2021년 2,768억 달러로 연평균 21.9% 성장할 것으로 전망(2018.3., IDC)
3 정부 기관들이 클라우드 컴퓨팅을 선제적으로 도입하는 정책(미국 2010.12., 영국 2013.5.)
4 미 트럼프 대통령은「클라우드 Only 행정명령」으로 全 정보화의 클라우드 전환을 의무화(2017.5.)
5 「클라우드컴퓨팅 발전 및 이용자 보호에 관한 법률」(2015.3.27.)(시행 : 2015.9.28.)

가상화 기술을 활용한 현대적 의미의 클라우드 컴퓨팅은 컴팩(Compaq)에서 1996년 용어의 등장 이후 2006년 구글 내부에서 유휴 서버를 활용하는 방식을 처음 제안하고, 같은 해 8월 아마존이 EC2[6]를 개시하면서 대중들에게 널리 알려지기 시작했다.

● 가상화 기술의 변화와 컨테이너 기반 기술의 부상

가상화 기술은 그 방식과 형태에 따라 전통적으로 하이퍼바이저(Hypervisor) 형과 호스트(Host) 형으로 나눌 수 있으며, 각각 장단점이 있어 요구되는 상황에 따라 맞춰 활용되어 왔다.

최근에는 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하는 데에 있어서 시스템 환경에 대한 의존성이 없고, 경량화를 통한 속도 및 이식성 향상을 추구하는 컨테이너(Container) 기반의 가상화 기법이 널리 활용되고 있다. 대표적인 플랫폼으로는 공개SW기반의 쿠버네티스(Kubernetes)[7]나 도커(Docker)[8]가 있으며, 기술과 시장 측면을 선도하고 있다.

이 리포트에서는 클라우드 컴퓨팅을 위한 가상화 기술과 최근 부상하는 컨테이너 기반의 가상화 기술에 대해 살펴보고자 한다. 또한, 이런 기술들이 등장하게 된 배경과 향후 전망에 대해 논의하고자 한다.

2. 클라우드 컴퓨팅의 가상화 기술

2.1. 가상화 기술의 개요

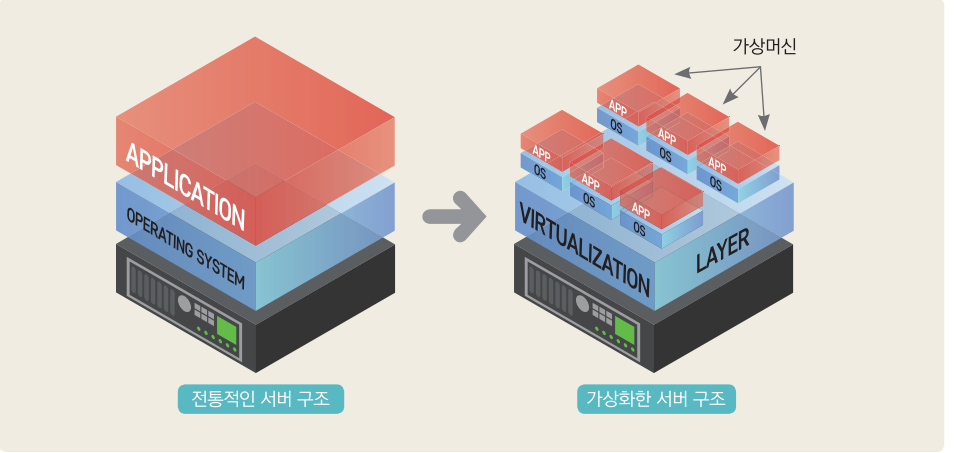
● 가상화는 물리적인 컴퓨터 자원을 추상화 하며, 분산컴퓨팅 환경을 가능하게 함

가상화(Virtualization)는 물리적인 컴포넌트(Components, HW장치)를 논리적인 객체로 추상화 하는 것을 의미하는데, 마치 하나의 장치를 여러 개처럼 동작시키거나 반대로 여러 개의 장치를 묶어 마치 하나의 장치인 것처럼 사용자에게 공유자원으로 제공할 수 있어 클라우드 컴퓨팅 구현을 위한 핵심 기술이다.

6 아마존 일래스틱 컴퓨트 클라우드(Amazon Elastic Compute Cloud)
7 구글의 컨테이너 기반 가상화 플랫폼(3장에서 기술)
8 컨테이너 기반의 클라우드 플랫폼 이름이자 기업 이름(3장에서 기술)

가상화의 대상이 되는 컴퓨팅 자원은 프로세서(CPU), 메모리(Memory), 스토리지(Storage), 네트워크(Network)를 포함하며, 이들로 구성된 서버나 장치들을 가상화함으로써 높은 수준의 자원 사용율과 분산 처리 능력을 제공할 수 있다.

그림 2-1 가상화의 기본개념(서버 가상화의 예)



※ 출처 : VM ware

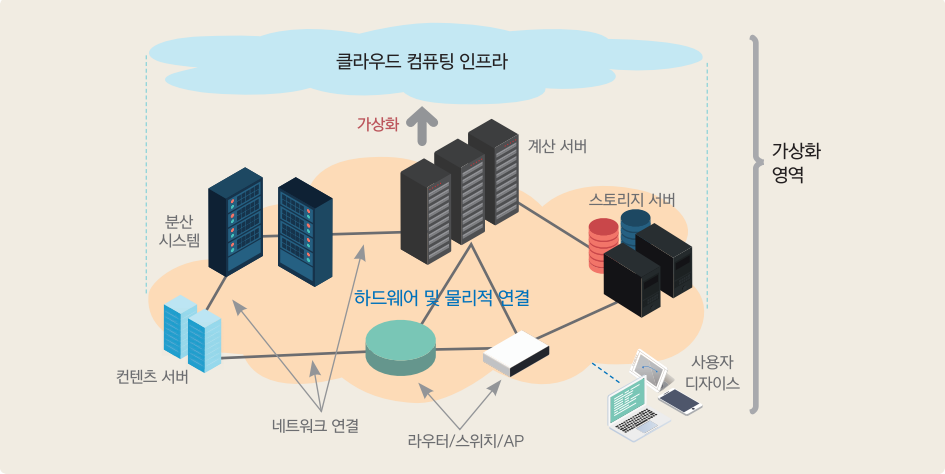
일반적으로 서비스 사업자의 서버에서 제공되는 서비스는 항상 많은 양의 컴퓨팅 자원을 소모하지 않는다. 서비스의 종류와 시간, 그리고 서버가 위치한 지리적인 요인에 따라 어떤 서버는 컴퓨팅 자원이 모자란 반면, 다른 서버는 컴퓨팅 자원이 남아도는 상황이 종종 발생한다.

평균적으로 대부분의 서버는 보유한 용량의 일부인 약 10~15% 수준을 사용하는 경우가 많은데, 가상화를 통해 한 대의 서버 컴퓨터에서 동시에 여러 개의 운영체제(OS)를 가동시키고 컴퓨팅 자원이 모자란 서버의 요청 태스크(Task)를 분산처리하면 사용률을 약 70% 이상까지 끌어올릴 수 있다.[9] 이렇게 되면 서비스 요청이 몰린 다운 직전의 서버의 부담을 해소하고, 다른 서버의 남아도는 자원을 끌어다 쓰는 효과를 동시에 얻을 수 있다.

클라우드 컴퓨팅은 [그림 2-2]와 같이 기존의 하드웨어와 이들을 연결하는 네트워크로 구성된 환경을 가상화를 통해 통합된 계산, 저장 및 처리가 가능한 환경으로 제공하는 것으로 정의할 수 있다. 실제 하드웨어의 물리적인 레이어를 가상화함으로써, 데이터센터가 제공할 수 있는 다양한 기능들을 가진 '가상의 데이터센터'를 구현할 수 있다.

9 Matthew Portnoy(2016), "Virtualization-Essentials", SYBEX.

그림 2-2 클라우드 컴퓨팅에서 가상화의 예



※ 출처 : 소프트웨어정책연구소(2017), "클라우드 보안의 핵심이슈와 대응책".

● 가상화 개념은 1960년대부터 등장하여, 2000년 이후 상용화를 거치며 현재 많은 기업들의 비용절감 효과를 창출

가상화의 개념은 1960년대 IBM 메인프레임에서 시도[10]되면서 처음 등장하게 되었으며, 1974년 「가상화 가능한 3세대 아키텍처의 정규 필요사항」[11]이라는 논문을 통해 소개되었다.

컴퓨터와 인터넷 등 IT의 발전은 다수의 서버를 보유한 데이터센터의 증가를 불러왔다. 그런데 시간에 따라 서버의 성능은 무어의 법칙[12]을 따랐고, 하나의 서버에서 한 개의 애플리케이션이 동작하는 상황이 늘어나기 시작했다. 결국 하드웨어의 성능이 증가한 것에 비해서 서버 한 개당 하나의 애플리케이션을 구동하는 것은 서버의 성능을 전부 활용하지 못하는 비효율적인 상황으로 이어졌다.

기술자들은 이 문제를 가상화를 통해서 해결하고자 했다. 이미 70년대에 등장한 가상화의 개념이 점차 현대의 컴퓨터 시스템에 맞게 수정되면서 다양한 벤더(Vendor)들로부터 솔루션이 등장하기 시작했다. 첫 상용 솔루션은 2001년 발표된 VM웨어[13]라는 x86 컴퓨터에서 사용할 수 있는 솔루션이었다. 이후, 2003년에는 시트릭스의 젠(Xen)[14]이라는 병렬 오픈소스 솔루션이 등장했다.

10 제랄드 포펙(Gerald Popek)과 로버트 골드버그(Robert Goldberg)에 의해 가상화를 지원하기 위해 필요한 사항을 기술한 프레임워크에서 시작
11 Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architecture, 1974.
12 Moore's law, 인텔의 공동설립자 고든 무어(Gordon Moore)가 내놓은 이론으로 반도체 집적회로의 성능이 2년마다 2배씩 증가하며, 컴퓨팅 성능은 18개월마다 2배씩 향상, 컴퓨팅 가격은 18개월마다 반으로 떨어진다는 법칙
13 VM ware, 대표적인 상용 하이퍼바이저
14 오픈소스 기반의 최초의 반가상화 하이퍼바이저

기업들은 가상화를 통한 서버의 통합을 통해 그 수와 종류를 줄이는 것으로 상당한 비용절감 효과를 얻을 수 있다. 고가의 장비 구매비용뿐만 아니라, 장비의 유지 및 보수, 그리고 운영에서도 큰 매리트를 가져갈 수 있다.

가상화를 통한 비용절감 효과

- HW구매, 유지·보수 비용의 감소
  - 기존 서버의 통합으로 추가적인 서버 증설 요구가 감소되며, 서버 개수 및 종류의 단순화를 통한 관리 용이성이 증대된다.
  - 서버의 물리적인 양 감소로 데이터센터의 절전효과, 공간효율성, 냉각시설 효율성이 증대되며 쾌적한 데이터센터 운영이 가능하다.

- 서비스 개발의 용이성 및 운영의 유연성 보장
  - 다양한 환경에서 동작하는 코드를 한 대의 워크스테이션에서 개발할 수 있어서 개발환경이 단순화되고 효율성이 올라간다.
  - 서비스의 통합(Clustering), 분할(Partitioning), 이동(Migration), 업무량(Workload) 관리 등 다양한 비즈니스 요구에 유연하게 대응할 수 있다.

2.2. 가상화의 종류

● 가상화는 가상화의 대상, 방식에 따라 다양하게 구분

가상화는 가상화의 대상에 따라 서버 가상화, 데스크톱 가상화, 애플리케이션 가상화로 나눌 수 있다.

① **서버 가상화(Server Virtualization)**는 앞서 서술한 것처럼 서버의 효율성을 올리기 위해 등장하였으며, 가상화 개념의 시초가 되는 역할을 한 가상화이다. 가상화를 가능하게 하는 하이퍼바이저(Hypervisor)와 이 하이퍼바이저를 통해 제어되며 각종 애플리케이션을 실행하기 위한 환경인 가상머신(Virtual Machine, VM)으로 이루어진다. 하이퍼바이저는 하드웨어로부터 제공되는 물리적인 레이어를 추상화하여 가상머신을 통해 이 기능들을 온전하게 사용토록 한다.

[그림 2-1]의 오른쪽 「가상화한 서버 구조」에서 나타난 것처럼 하이퍼바이저는 Virtualization Layer(가상레이어)에 위치하며 하드웨어와 다수의 VM들 간의 인터페이스 역할을 한다. 하이퍼바이저와 가상머신은 이 보고서에서 주로 다루는 내용으로 다음 장에서 좀 더 자세하게 살펴보도록 하겠다.

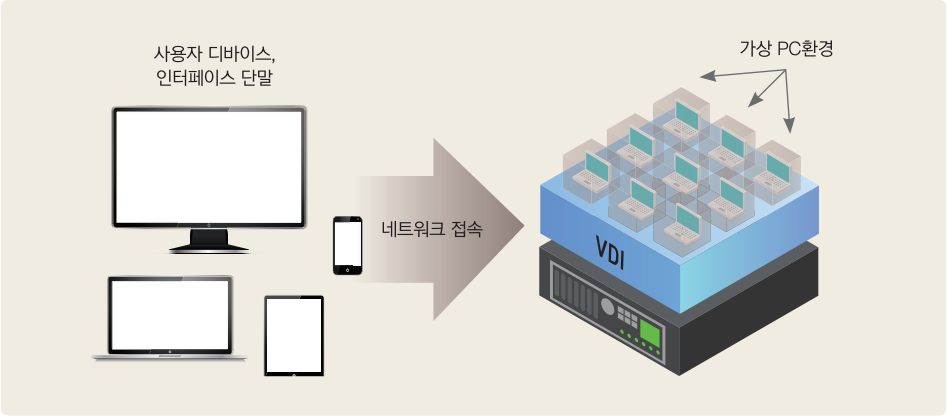
② **데스크톱 가상화(Virtual Desktop Infrastructure, VDI)**는 데이터센터의 서버에서 운영되는 가상의 PC환경을 의미한다[그림 2-3]. 물리적으로는 존재하지 않는 가상의 개별 컴퓨터로 사용자는

모니터, 키보드, 마우스, 스피커 등의 필수적인 입출력 장치만을 활용[15]하거나 매우 단순화된 인터페이스만 가지고 컴퓨터를 활용할 수 있다. 가상의 데스크톱을 마치 로컬 시스템처럼 활용할 수 있으며, 모든 작업의 프로세싱과 저장은 센터에 위치한 서버에서 이루어진다.

VDI 환경에서는 언제 어디서든 네트워크가 가능하다면 서버에 접속하여 자신만의 PC환경을 구동시킬 수 있다. 사용자는 VDI를 통해 보통의 PC보다 5~10% 수준의 전력소모로 유사한 컴퓨팅 환경을 보장 받을 수 있다. 데이터가 로컬 머신이 아닌 센터의 서버에 위치하여 PC의 복원, 생성 등의 작업이 쉬워진다.

또한 보안 측면에서도 기존 개별 로컬 PC마다 보안솔루션을 설치했던 방식과 달리 데이터센터급의 보안 서비스를 보장받으며, 센터 서버의 가상머신을 모니터링하고 캡슐화함으로써 보안성이 향상될 수 있다. 관리 측면에서도 적은 종류의 가상PC 이미지로 수백 대의 가상PC를 만들 수 있으며, 이에 대한 일괄 업데이트가 가능하여 관리 효율성이 올라간다.

그림 2-3 데스크톱 가상화의 개념



※ 출처 : 퓨어스토리지

③ **애플리케이션 가상화(Application Virtualization)**는 해당 응용프로그램이 실행되는 운영체제(OS)로부터 응용소프트웨어를 캡슐화 하는 기법이다. 이렇게 캡슐화 된 응용프로그램은 실제 설치되지는 않으나, 마치 설치된 것처럼 실행된다. 예를 들면, 마이크로소프트(MS)의 윈도우(Windows) 7에서 훨씬 이전의 OS인 윈도우 XP 모드를 제공하는데, 현재 OS의 별다른 수정 없이 구형 OS를 구동하는 것이 가능하다. 사용자가 윈도우 XP에서만 구동되는 구형 프로그램을 실행하고자 할 때 용이하게 쓰인다.

15 예로 씬 클라이언트(Thin Client)가 있다.

이 방식은 각 응용프로그램간의 상호 작용에 문제가 발생할 수 있기에 필요한데, 한 응용프로그램을 업데이트하여 관련된 다른 응용프로그램이 동작하지 않는 문제가 발생하는 경우를 방지할 수 있다. 또한, 애플리케이션 관리가 수백~수천 개에 달하는 기업 등과 같은 집단의 경우, 가상화된 애플리케이션은 관리자가 배포 및 업데이트를 할 때 상대적으로 용이할 수밖에 없다.

가상화의 대상이 되는 ④하드웨어 리소스에 따라 분류할 수도 있는데, 하드웨어 자원에 따른 가상화를 정리하면 [표 2-1]과 같다.

표 2-1 가상화 대상 하드웨어 리소스에 따른 분류

구분		내용	방법
중앙처리장치(CPU) 가상화	싱글 코어	• 각각의 가상머신(VM)에 동적인 vCPU 할당	• 가상머신에 vCPU를 할당 시 물리적인 CPU(호스트 CPU)를 시분할 스케줄링하여 동작
	멀티 코어		• 각각의 가상머신의 vCPU를 물리코어에 매핑하여 자원을 할당하여, 기본적으로는 코어의 수만큼 가상머신을 구동 가능 - 가상머신 벤더마다 각 물리 코어당 지원하는 vCPU의 개수가 상이(25~100개) - 하이퍼스레딩[16]을 활용할 경우 더 많은 vCPU의 할당도 가능
메모리(Memory) 가상화		• VM에 메모리 영역을 할당하고, 연속된 물리적 메모리가 존재하는 것처럼 인식	• 가상머신에 물리메모리의 특정영역을 필요한 용량만큼 할당하고 페이징(Paging), 메모리압축 등의 기법을 통해 관리
저장소(Storage) 가상화		• VM에 저장소를 할당하며, 직접 연결된 디스크처럼 인식	• 물리디스크의 특정영역을 필요한 용량만큼 할당하고 해당영역에 접근 및 읽기·쓰기 권한을 제공
네트워크(Network) 가상화 HW		• 컴퓨터가 여러 개의 네트워크 인터페이스를 보유한 것처럼 인식	• VM에 물리적인 네트워크 인터페이스(NIC)를 공유하여, 가상의 NIC을 할당
		• 가상네트워크(VLAN)은 물리적 네트워크에서 분리된 가상의 네트워크를 제공함으로써 유동적인 관리와 성능조율이 가능 - 특정 서비스를 제공하는 가상 네트워크를 구성하여, 사용자, 서비스 목적, 과금 체계 별로 독립된 네트워크를 제공	• 라우터(Router), 스위치(Switch), 터미널(Terminal) 등의 네트워크 중계기기 및 단말의 가상화를 통해 가상의 네트워크를 만들고 서로 다른 프로토콜도 공존할 수 있도록 함
스토리지영역 네트워크 (SAN, Storage Area Network)		• 특정 서버나 저장소에 데이터의 저장 요구가 많아지는 경우 상대적으로 저장 공간이 남아 있는 저장소에 분산 저장 - 물리적 저장 디바이스를 가상화하며 스토리지 리소스의 가용성과 유연성을 향상 - 공유 클러스터 스토리지	• 하이퍼바이저에 의해 물리적 저장소를 추상화하는 파일시스템을 제공 - VMFS(VM웨어), XFS(Xen), CSV(하이퍼-V)

16 Hyter-Threading : CPU 제조사인 인텔의 기술로, CPU내 각 코어의 연산을 병렬화하여 두 개의 논리적 코어로 동작하게끔 하는 기술이다.

2.3. 가상머신과 하이퍼바이저

● 가상머신(Virtual Machine)은 가상화를 통하여 구현되는 복제된 컴퓨팅 환경

가상머신은 컴퓨팅 환경을 소프트웨어적으로 구현한 것을 말하는데, 보통 하드웨어를 가상화하면 [그림 2-1]에서와 같이 그 하드웨어 위에서 다수의 VM들이 생성되어 각각 독립적인 운영체제 환경을 구동한다. 시스템 내의 가상머신들은 실제 가상화하기 전과 같은 수준의 실행 기능을 제공하는 것을 목적으로 하고, 가상머신들 간의 하드웨어를 공유하게 된다.

가상머신은 내부구조가 물리적인 서버의 컴퓨팅 환경과 매우 유사하다. 실제 서버처럼 CPU, 메모리, 저장소와 같은 하드웨어 자원을 활용하고, 내부에 운영체제를 구동시킬 수 있으며, 각종 응용프로그램을 구동 및 관장한다. 물리적인 서버와의 차이점은 여러 개의 가상머신이 동시에 존재할 수 있고, 각 가상머신마다 서로 다른 구동 환경을 갖출 수 있어서 다양한 애플리케이션을 수행하는 것이 가능하다는 점이다. 가상머신들은 각 머신별로 가상화된 컴퓨팅 리소스를 할당 받거나 접근(Access)한다.

가상머신은 여러 하드웨어 자원에 접근할 수 있지만 가상머신의 관점에서는 접근하는 하드웨어 디바이스가 가상이라는 것을 알지 못하며, 표준 디바이스를 다루는 것처럼 인식한다. 단, 앞서 살펴본 반가상화의 경우에는 가상머신에 탑재되어 있는 게스트OS가 하드웨어가 가상화되었다는 것을 인지하고 하이퍼바이저를 통해 디바이스에 접근한다.

가상머신을 만드는 목적은 여러 가지가 있을 수 있는데, 하나의 하드웨어 위에 동시에 여러 종류의 운영체제나 프로토콜을 실행할 때, 하나의 하드웨어 자원을 여러 사용자에게 나누어 줄 때, 가상화를 통해 분할된 시스템 간 상호 간섭이 없는 독립성(Isolation)을 보장하고자 할 때 등이 있다.

● 하이퍼바이저(Hypervisor)는 공유 컴퓨팅 자원을 관리하고 가상머신들을 컨트롤하는 중간관리자

하드웨어를 가상화하기 위해서는 하드웨어들을 관장할 뿐만 아니라 각각의 가상머신들을 관리할 가상머신모니터(VMM : Virtual Machine Monitor)와 같은 중간관리자가 필요하다. 이 중간관리자를 하이퍼바이저(Hyperviser)라고 하며, VM이 동작할 수 있는 환경을 제공한다. 하이퍼바이저는 하드웨어의 물리적인 리소스를 VM들에게 제공하고, VM과 하드웨어간의 I/O[17] 명령을 처리한다.

하이퍼바이저에 요구되는 사항은 [표 2-2]와 같이 정확성, 독립성, 성능 세 가지가 있는데, 이 중 앞 두 가지는 상대적으로 만족하기 쉬우나 성능 문제는 HW자원을 공유하는 관계로 만족시키기가 어렵다.

17 Input Output 명령

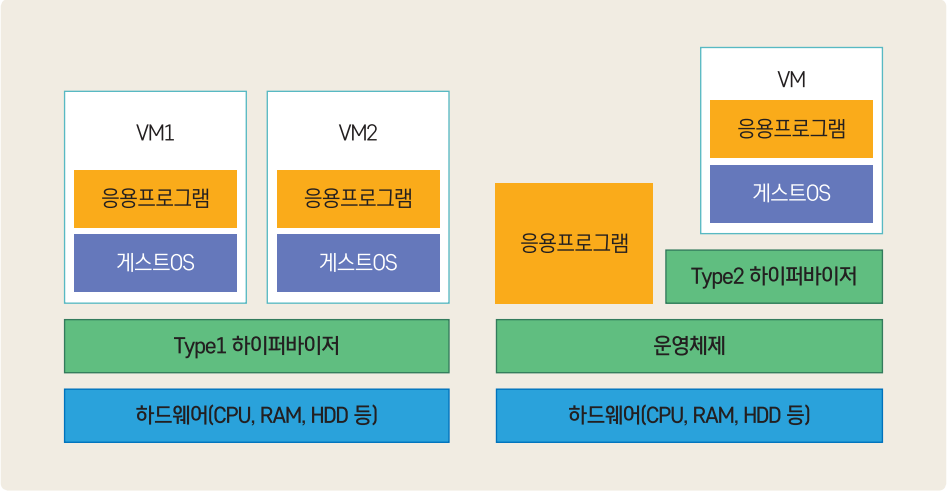
표 2-2 하이퍼바이저에 요구되는 세 가지 요소

요소	내용
정확성(Fidelity)	VM을 위해 만든 환경은 원래 물리적 머신과 본질적으로 동일해야 함
독립성(Isolation)과 안정성(Safety)	하이퍼바이저는 시스템 자원에 대한 완전한 제어권을 가짐
성능(Performance)	VM과 물리적 환경 간의 성능 차이가 없어야 함

※ 출처 : Gerald J. Popek·Robert P. Goldberg(1974), "Formal requirements for virtualizable third generation architectures", Communications of the ACM, pp.412~421.

[그림 2-4]는 하이퍼바이저의 위치 및 역할 차이에 따라 Type1과 Type2로 구분됨을 나타낸다. Type1은 베어메탈(Bare-metal) 기반으로 하드웨어 위에서 바로 구동되며, 하이퍼바이저가 다수의 VM들을 관장하는 형태이다. 하이퍼바이저형 으로도 잘 알려져 있다. 이 타입은 가상머신에 설치된 게스트 운영체제(Guest OS)가 하드웨어 위에서 2번째 수준으로 구동된다. Type2보다는 더 향상된 성능을 제공하지만, 여러 하드웨어 드라이버를 세팅해 줘야 하며 설치가 어렵다.

그림 2-4 하이퍼바이저의 타입



※ 출처 : 안성원(2017.7.), "클라우드 컴퓨팅과 인공지능의 만남". IT데일리 전문가 강좌.
소프트웨어정책연구소(2017), "클라우드 보안의 핵심이슈와 대응책".

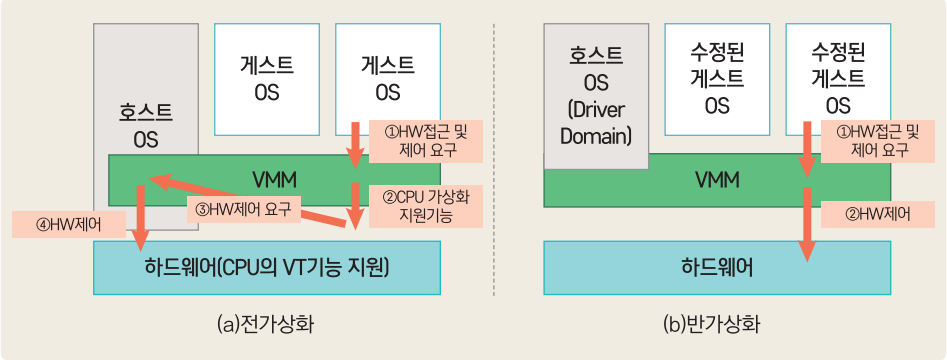
Type2는 하드웨어 위에 호스트 운영체제(Host OS)가 있고, 그 위에서 하이퍼바이저가 다른 응용프로그램과 유사한 형태로 동작한다. 이 타입의 하이퍼바이저에 의해서 관장되는 가상머신의 게스트OS는 하드웨어 위에서 3번째 수준으로 구동된다. 기존의 컴퓨터 환경에서 하이퍼바이저를 활용하는 것이기에 설치가 용이하고 구성이 편리한 장점이 있다. 반면, Type1보다는 성능이 떨어질 수 있다.

● 하이퍼바이저의 가상화 방식에 따라 전가상화와 반가상화로 구분

가상화는 가상화 하는 방식에 따라서도 전가상화와 반가상화로 구분할 수 있다. 주로 서버 가상화에서 이 두 개념이 등장하는데, 분류하는 기준은 하드웨어에 대한 I/O 접근을 어디까지 가상화 할 것인가에 달려있다. [그림 2-5]는 전가상화와 반가상화의 개념도를 나타낸다.

① **전가상화(Full-Virtualization)**는 컴퓨팅 시스템의 하드웨어 리소스를 완전하게 가상화하는 방식으로 그 위에서 동작하게 될 게스트OS의 수정 없이 구동이 가능하다. MS 윈도우에서 리눅스까지 다양한 OS를 사용할 수 있기 때문에 적용이 쉬운 편이다. 컴퓨팅환경을 기존의 OS위에서 에뮬레이션하는 형식으로 지원하기에 호스트(Host)형 가상화라고도 한다. 다만 CPU의 가상화 지원 기술(VT, Virtualization Technology)[18]과 같은 하드웨어 기능을 일부 지원받기 때문에 모든 기능을 소프트웨어적으로 구동하는 에뮬레이션과는 차이가 있다.

그림 2-5 전가상화와 반가상화



전가상화에서는 게스트OS가 하드웨어에 접근하기 위해 기존의 OS를 통해서 접근한다. [그림 2-5]와 같이 게스트OS에서 발생한 하드웨어 접근 및 제어 요구는 CPU의 VT가 VMM(Virtual Machine Monitor, Hypervisior)에게 HW접근을 요청하는 절차가 필요하다. 처리 단계가 늘어남에 따라 VMM(하이퍼바이저)의 부담이 가중되고 따라서 성능은 반가상화 기법보다 낮다. 전가상화의 대표적인 제품은 VMware의 VMware나 ESX Server, MS의 Hyper-V 등이 있다.

② **반가상화(Para-Virtualization)**는 하드웨어를 완전히 가상화하지 않는 방식이다. 하이퍼바이저가 하드웨어 위에서 직접 실행되기 때문에 네이티브(Native, Bare-metal) 가상화라고도 한다. 반가상화는 하드웨어에 대한 제어권을 하이퍼바이저(VMM)가 가지고 있기 때문에, 하드웨어와의 I/O 처리에 있어서 전가상화보다 직접적인 루틴을 사용한다.

18 CPU에서 지원하는 가상화 기술로 Intel의 Intel-VT, AMD의 AMD-V가 있다.

하이퍼바이저는 I/O 디바이스와 직접 통신하기 위해 반드시 로우레벨의 커널드라이버를 보유해야 한다. 이를 통해서 게스트OS의 하드웨어 접근 요청을 수행한다. 게스트 OS는 자신이 직접 하드웨어를 제어하지 못하기 때문에 하이퍼바이저의 커널드라이버와 통신하기 위한 수정이 필요하다.

게스트OS에 대한 수정 때문에 OS소스코드에 대한 접근이 가능해야 하고 도입이 상대적으로 어려운 편이다. 반가상화의 대표적인 제품은 시트릭스의 Xen이 있다. Xen에서는 호스트의 역할을 하는 도메인(Driver Domain, Dom 0)이 하드웨어 및 VM들에 대한 관리를 한다.

표 2-3 전가상화와 반가상화 비교

구분	전가상화	반가상화
가상화 범위	• 하드웨어 전체 가상화	• 하드웨어 일부 가상화
OS 수정여부	• 수정 없이 사용가능 - 설치와 구성이 용이	• 커널 일부 수정 - 하이퍼바이저가 커널드라이버(로우레벨)를 보유해야 하고, 게스트OS는 공유되는 디바이스에 접근할 수 있어야 함 - 또는, 파티셔닝(Partitioning)된 디바이스를 각VM에 할당
하드웨어 제어	• 게스트OS가 직접 통제하는 것처럼 동작 - 실제로는 CPU의 VT에서 하이퍼바이저에게 의뢰하는 형태이며 호스트OS를 통해 접근	• 하이퍼바이저가 통제
성능	• CPU-VT 지원 여부에 따른 HW제약 • I/O 루틴의 복잡성으로 인한 낮은 성능(RT OS 지원 불가)	• 단순한 I/O 루틴으로 상대적으로 고성능 유지 • RT(Real Time) OS 지원 가능
주요제품	• VMware ESX Server	• XenExpress

반가상화 하이퍼바이저가 I/O에 접근할 수 있는 방식에는 개별 파티셔닝(Partitioning) 디바이스를 특정 VM에 배정하는 것도 있다. 이렇게 하면 각 VM은 네이티브 드라이버를 사용하여 파티션된 I/O 디바이스에 직접 접근이 가능하다. 물론 VMM에 의한 간섭이 적어지며, 그만큼 하이퍼바이저의 부담도 줄어들게 된다. 하이퍼바이저가 필요할 때는 하이퍼콜(HyperCall)을 통해 기능을 활용하고, 이 호출을 최소화함으로써 성능을 향상시킬 수도 있다.

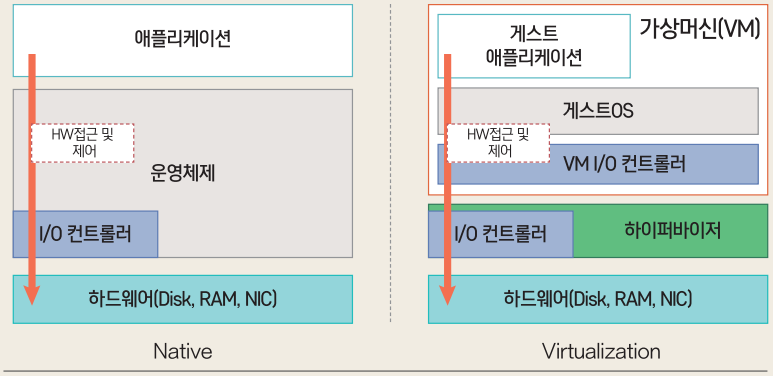
하이퍼콜(HyperCall)

- 하이퍼바이저를 호출하는 명령어로 게스트OS가 직접서비스에 접근할 수 있는 반가상화 인터페이스
  - 운영체제에서 감시자호출(Supervisor call)을 요청하는 것과 유사하다.
    ※ 감시자호출 : 일반 애플리케이션 수준에서 할 수 없는 지정된 서비스를 실행

- 하이퍼콜은 게스트OS가 하드웨어의 가상화 여부를 알고 있어야 하며, 이 기능이 가능하도록 게스트OS의 커널 수정이 필요
  - 따라서, 오픈소스 기반의 OS가 아니라면 반가상화를 이용하기 쉽지 않다.

가상화와 성능문제

- 가상화는 기존의 하드웨어를 하이퍼바이저를 통해 직접 가상화 하거나 호스트OS상에서 소프트웨어적으로 구동하기에 성능의 하락이 발생
  - 가상머신에서 디스크 읽기/쓰기와 같은 하드웨어 접근 시 기존의 Native 시스템에 비하여 거치는 단계가 늘어나므로 명령 처리 루틴이 길어진다.
    ※ 컴퓨팅 성능의 순서 : Native > 반가상화 > 전가상화 > 에뮬레이션



[그림] Native와 가상화의 하드웨어 접근제어 루틴

  - 가상화 연구영역에서는 성능을 개선시키기 위한 다양한 연구가 수행
    ※ SR-IOV[19]를 활용한 NIC 접근제어, GPU 가상화 활용, NUMA effect[20]를 고려한 Multi-core CPU 할당 등

에뮬레이션(Emulation)

- 에뮬레이션은 컴퓨터 하드웨어 부품의 모든 기능을 소프트웨어적으로 구현하는 방식
  - 에뮬레이터는 하드웨어를 대신하여 해당 하드웨어와 같은 방식으로 동작하는 환경을 복제하여 구성한다. 즉, 응용프로그램을 구동시킬 어떤 장치가 해당 응용프로그램을 실행시킬 수 있는 장치라고 믿도록 속이는 것이다.

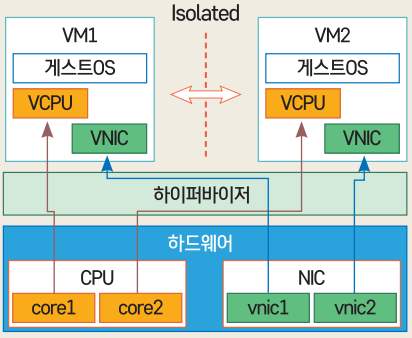
- 에뮬레이션의 예
  - 컴퓨터상에서 프린터 에뮬레이터를 통해 실제 프린터는 연결되어 있지 않으나, 마치 연결되어 있는 것처럼 인식하고 동작하게끔 하는 것이 있다.
  - x86 기반의 컴퓨터에서 ARM 계열의 가상머신을 띄우고 안드로이드를 구동시켜주는 QEMU[21] 또한 에뮬레이션의 일종이다.

- 에뮬레이션은 하드웨어 기능을 직접 지원받는 가상화와는 다르게, 모든 것을 소프트웨어로만 구현하기 때문에 범용성은 높으나 성능이 더 떨어진다.
  - 초기의 가상머신들은 게스트의 하드웨어와 명령어를 모두 에뮬레이트해야 했기에 속도가 매우 느렸다.

19 Single Root IO Virtualization, 인텔의 Network Interface Card에서 지원하는 기능으로 파티셔닝을 통해 가상머신마다 고유의 NIC 메모리 영역을 접근할 수 있도록 함.
20 다중 코어의 컴퓨터에서 시스템 버스를 공유하는 메모리 접근이 CPU와 메모리의 연결 위치에 따라 성능이 달라지는 현상
21 Quick Emulator, 가상화 기능을 지원하는 리눅스 기반의 오픈소스 소프트웨어 에뮬레이터로 KVM을 적용할 수 있다.

가상머신의 독립성(Isolation)

- 하이퍼바이저에 의해 구동되는 가상머신은 각 가상머신별로 독립된 가상의 자원을 할당받음
  - 가상의 자원을 할당받는다는 의미는 하드웨어의 특정 영역에 대한 접근 권한을 보장받는다는 의미이다.
    ※ 메모리의 경우 하드웨어 용량 이상을 할당하기도 하며 페이징(Paging)[22]을 통해 메모리 활용을 지원한다.



[그림] VM 간의 독립성

가상머신들은 동일 하드웨어에서 구동되더라도 논리적으로 분리되어 있어서 한 VM에 오류가 발생하거나 작동이 멈추어도 다른 VM 및 시스템으로 확산되지 않는다.

그 외 클라우드를 위해 필요한 기술들

- 분산처리(Distributed Computing)는 클라우드를 위한 요소기술로 여러 대의 컴퓨터 계산 및 저장능력을 이용하여 커다란 계산문제나 대용량의 데이터 저장을 해결하는 방식을 의미
  - 광의적으로는 여러 개의 컴퓨팅 디바이스를 하나의 시스템 안에 결합시킨 병렬컴퓨팅을 포함한다. 예로, 그리드컴퓨팅(Grid Computing)은 많은 계산량을 필요로 하는 작업을 위해, 인터넷상으로 분산된 자원을 공유하여 가상의 슈퍼컴퓨터처럼 활용할 수 있다.

- 네트워크(Network)는 물리적으로 떨어져 있는 다양한 장비들을 연결하기 위한 수단으로 중계장치(라우터, 스위치 등)의 가상화를 통해 가상네트워크 (Virtual Network)를 지원
  - 다양한 장비들을 네트워크로 연결하여 하나의 군집(Cluster)을 만들고 리소스를 활용한다. 예로, 네트워크 컴퓨팅(Network Computing)은 응용프로그램을 서버(Server)상에 두되 작동은 사용자(Client)의 자원을 이용하는 방식을 의미한다.

3. 컨테이너 기반의 클라우드 가상화

3.1. 컨테이너의 개요

- **컨테이너(Container)는 모듈화되고 격리된 컴퓨팅 공간 또는 컴퓨팅 환경을 의미하며, 시스템 환경 의존성을 탈피하고 안정적으로 구동**

22 한정된 메모리 용량을 관리하는 기법으로 한 번에 처리할 수 있는 적정크기(페이지) 단위로 분할하여 주기억장치(RAM)와 보조기억장치(HDD)의 페이지 스왑(Swap)을 수행.

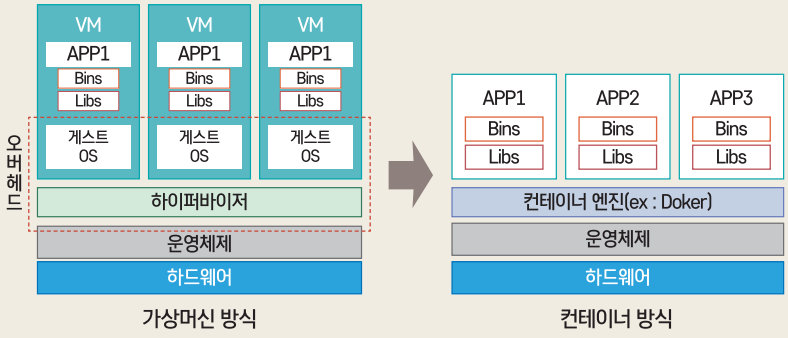
컨테이너의 사전적인 의미는'물체를 격리하는 공간'이다. 우리가 흔히 무역 관련 뉴스 등에서 접하는 컨테이너선의 그 컨테이너와 같은 의미이다. 컨테이너는 규격화된 박스에 다양한 화물을 넣을 수 있어서 화물의 보관과 이송에 매우 최적화되어 있다. 컴퓨터 세상에서도 컨테이너는 모듈화되고 격리된 컴퓨팅 공간 또는 컴퓨팅 환경을 의미한다. 엄밀하게는, 앞서 설명한 가상머신도 기존의 운영체제와 애플리케이션의 컨테이너라고 볼 수 있다.

클라우드 컴퓨팅에서 컨테이너는 애플리케이션(App)과 App을 구동하는 환경을 격리한 공간을 의미한다. 가상화의 범주 내에서 컨테이너는 기존 하이퍼바이저와 게스트OS를 필요로 했던 가상머신 방식과는 달리, 프로세스를 격리하여 '모듈화된 프로그램 패키지'로써 수행하는 것을 의미한다. 이렇게 하면 기존의 가상머신에 비해 가볍고 빠르게 동작할 수 있는 장점이 있다.

컨테이너라는 개념이 처음 등장한 것은 2000년대 중반부터 리눅스에 내장된 LXC(LinuX Container) 기술로 소개되면서부터이다. 컨테이너 기술이 등장하게 된 계기는 개발한 프로그램이 구동환경의 달라짐에 따라 예상하지 못한 각종 오류를 발생시키는 것을 해결하기 위함이었다. 이 문제는 SW개발자의 오랜 골칫거리였는데, 이런 오류가 발생하는 이유는 구동 환경마다 네트워크, 스토리지, 보안 등의 정책이 각각 다를 수 있기 때문이다. 결국 SW를 하나의 컴퓨팅 환경에서 다른 컴퓨팅 환경으로 이동하더라도 안정적으로 실행하는 방법을 모색하여 나온 방법이 바로 컨테이너이다.

[그림 3-1]은 컨테이너 방식의 개념을 나타낸다. 그림과 같이 애플리케이션의 실행에 필요한 라이브러리(Library, Libs),[23] 바이너리(Binary, Bins),[24] 기타 구성파일 등을 패키지로 묶어서 배포하면, 구동환경이 바뀌어도 실행에 필요한 파일이 함께 따라다니기 때문에 오류를 최소화할 수 있다.

그림 3-1 컨테이너의 개념



23 프로그램 구동 시에 필요하거나 공통으로 사용할 수 있는 특정 기능의 서브프로그램 또는 소스코드 집합을 의미한다. 라이브러리에는 주로 함수(서브루틴), 클래스에 대한 정의, 구성데이터 등 미리 작성된 코드가 포함될 수 있다.

24 컴퓨터 저장과 처리 목적을 위해 2진수 형식으로 인코딩된 데이터 파일을 의미하며, 코드의 컴파일(Compile) 또는 압축된 결과물을 말한다.

리눅스 컨테이너(LXC)

- LXC(LinuX Containers)는 단일 머신상에 여러개의 독립된 리눅스 커널 컨테이너를 실행하기 위한 OS레벨의 가상화기법으로 컨테이너 개념의 시초
  - IBM의 네임스페이스와 구글 Cgroup이 결합되어 리눅스 컨테이너(LXC)가 탄생되었으며, 호스트에서 실행되는 프로세스들 사이에 벽을 만드는 기능
    ※ 네임스페이스는 리눅스 시스템 리소스들을 묶어 프로세스에 전용 할당하는 방식으로 제공되며, 하나의 프로세스의 자원을 관리하는 기능이다.
    ※ Cgroup은 CPU, 메모리 등 프로세스 그룹의 시스템 리소스 사용량을 관리하여 특정 애플리케이션이 자원을 과다하게 사용하는 것을 제한할 수 있다.
  - LXC는 대부분의 코드가 GNU(LGPLv2.1+) 라이센스를 따르는 오픈소스 소프트웨어이다.
  - 프로그램 개발·실행을 위한 도구, 템플릿, 라이브러리, 프로그래밍 언어 바인딩이 세트로 구성되어 로우레벨 지원에 유연하며, 최신 커널이 지원하는 모든 컨테이너 기능을 다룸

● 컨테이너 기술은 경량화로 인한 속도와 이식성 측면에서 각광받는 추세

최근 클라우드 컴퓨팅에서는 컨테이너 기반의 가상화가 기존의 하이퍼바이저 기반의 가상화 기술을 대체하며 각광받고 있다. 예로 IT업계의 대표주자인 구글은 Gmail, Google Drive를 포함한 모든 서비스를 컨테이너로 제공한다고 발표하였으며 현재 자사의 컨테이너 플랫폼인 쿠버네티스(Kubernetes)를 통해 이미 2014년부터 매주 20억 개 이상의 컨테이너를 구동하고 있다.

그렇다면 클라우드 컴퓨팅에서 이미 널리 쓰이는 서버 가상화 기술이 있는데 왜 컨테이너가 인기를 끄는 것일까? 가장 큰 이유는 가볍기(경량화) 때문이다. 또한, 가볍기 때문에 파생되는 속도, 이식성 등의 향상효과도 있다.

컨테이너는 가상머신과는 달리 운영체제를 제외하고 애플리케이션 실행에 필요한 모든 파일을 패키징(Packaging)한다는 점에서 'OS레벨 가상화'[25]라고도 한다. 기존의 서버에 하이퍼바이저를 설치하고, 그 위에 가상OS와 APP을 패키징한 VM을 만들어 실행하는 방식[26]인 HW레벨의 가상화와는 [그림 3-1]과 같이 게스트OS와 하이퍼바이저가 없다는 측면에서 차별성을 보인다.

컨테이너는 가상머신 방식의 가상화보다 시스템에 대한 요구사항이 적다. 먼저 컨테이너 크기가 작다. 일반적으로 컨테이너에는 OS가 포함되지 않아 크기가 수십 MB에 불과하다. 당연히 운영체제 부팅이 필요 없기 때문에 서비스를 시작하는 시간 또한 상대적으로 매우 짧다. 또한, 작은 크기 때문에 컨테이너에 대한 복제와 배포가 좀 더 용이하다.

25 운영체제 수준 가상화, 운영체제의 커널이 여러 개의 격리된 사용자 공간 인스턴스를 갖출 수 있도록 하는 가상화 방식
26 보편적으로 서버 가상화 – VMware, Xen, KVM, Hyper-V 등

반면, VM에는 게스트OS가 포함되므로 보통 수 GB를 넘고, 시스템 자원을 많이 소요한다. 그 이유는 각각의 가상머신이 구동하는 게스트 OS를 통하여 운영체제 구동에 필요한 하드웨어의 가상 복제본(CPU, RAM 등)을 모두 구동해야 하기 때문이다. 이는 상당한 오버헤드이다.

이 점은 결국 자원에 대한 요구사항 측면으로도 이어진다. 컨테이너의 경우, 생성 및 실행되면 마치 운영체제 위에서 하나의 애플리케이션이 동작하는 것과 동일한 수준의 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 시스템은 기존 응용프로그램을 실행시키는 것과 유사하게 이를 구동할 여분의 컴퓨팅 자원만 있으면 된다. 때문에 기존의 가상머신 방식 대비 시스템의 성능 부하가 훨씬 적다.

자원에 대한 배분도 좀 더 유연하다. 컨테이너에서 실행 중인 서비스에 더 많은 가용성이 필요하거나 반대로 필요 없을 때, CPU에 대한 사용량이나 사용자가 설정한 임계치에 따라 자동으로 확장 또는 축소가 가능하다.

컨테이너는 구동 방식이 간단하다. 특정 클라우드 애플리케이션이 실행되기 위한 모든 라이브러리와 바이너리파일 등이 패키지화되어 있어서, 그저 기존의 시스템에서 실행하면 된다. 반면, 가상머신 방식은 새로운 서비스를 제공하기 위한 특정 애플리케이션을 실행시키려면, 먼저 새로운 VM을 띄우고 자원을 (– 동적 또는 미리 세팅한 대로) 할당한 다음, 필요한 게스트OS를 부팅한 후 애플리케이션을 실행시켜야 한다.

이처럼 컨테이너 방식은 기존의 가상머신 방식보다 시스템이 경량화되어 있기 때문에 더 많은 응용프로그램을 더 쉽게 하나의 물리적 서버에서 구동시키는 것이 가능하다.

표 3-1 가상머신 방식과 컨테이너 기반 가상화 방식의 차이

구분	기존 방식의 가상머신(VM)	컨테이너 기반의 가상화
이식성	• VM당 모놀리딕(Monolithic)한 서비스 • VM단위의 이동, 복제와 생성 가능	• 실행에 필요한 모든 종속성 및 구성을 함께 배포(실행환경의 일관성) • 마이크로(Micro)서비스 구축에 최적
효율성	• 1VM당 1서비스 • 성능 오버헤드 존재	• 호스트 OS커널 공유이므로 필요한 만큼 자원 사용
서비스 요청에 따른 신속성	• 최소 수 GB 이상의 추가 VM을 생성하여 대응	• 게스트OS가 없는 수 MB 단위의 컨테이너 생성
라이센스 비용	• VM 개수만큼 지불	• Host 1대의 비용만 지불
안정성	• 각각 독립된 VM들로 안정적인 운영 가능 (완전한 분리)	• 통제된 영역이지만 OS커널을 공유하므로, 장애발생 시 같이 영향 받음

3.2. 도커의 등장과 클라우드 기술의 변화

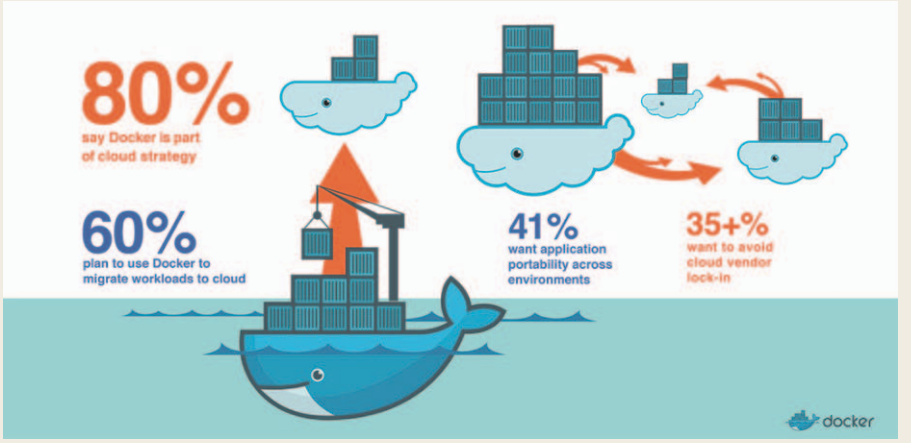
● **도커(Docker)는 오픈소스 기반의 컨테이너 관리 플랫폼이자 현재 컨테이너 기반 클라우드 컴퓨팅의 디펙토(de facto)**

컨테이너 기반의 가상화 소프트웨어에는 OpenVZ, LXC, Lunix vServer, FreeBSD Jail, Solaris Zones, Docker 등이 있다. 그중에서 최근 가상화 및 클라우드 컴퓨팅 영역에서 가장 각광받고 있는 것이 바로 도커(Docker)이다. 도커는 앞서 살펴본 컨테이너를 관리하는 기능의 오픈소스 플랫폼이다.

도커는 2013년 3월 산타클라라에서 열린 Pycon Conference에서 dotCloud의 창업자인 솔로몬 하익스(Solomon Hykes)가 「The future of Linux Containers」라는 세션을 발표하면서 처음 세상에 알려졌다.

이후 도커가 인기를 끌면서 같은 해 10월 회사 이름을 자사의 플랫폼명과 같은 Docker로 변경하고, 2014년 6월 Docker 1.0을 발표했다. 2013년 오픈소스로 공개된 후 불과 3년 만에 서버 운영체제의 기본기술로 각광받기 시작했다. [그림 3-2]는 도커의 로고인 푸른 고래와 클라우드 활용 지표를 나타낸다.

그림 3-2 도커의 로고와 클라우드 활용 지표



※ 출처 : Docker.com(2016.4.)

도커는 리눅스의 응용프로그램들을 소프트웨어 컨테이너 안에 배치시키는 일을 자동화하는 오픈소스 프로젝트로, 리눅스 컨테이너(LXC) 기술을 기반으로 만들었다. 기존 리눅스 컨테이너(LXC) 기술에 이식성 향상, 데이터와 코드의 분산된 관리, 프로그램 스택의 간결·명료함 등 이동성과 유연성을 높이는 변화를 주었다. 기존의 시스템보다 더 쉽고 빠르게 워크로드를 배포하고 복제하고 이동할 수 있으며 백업도 가능하다.

도커의 특징은 컨테이너 이미지 생성 기능을 제공하는 것에 있다. 이는 특정 컨테이너에서 실행될 소프트웨어와 방식에 대한 '구동사양(컨테이너 실행에 필요한 파일과 설정 값 등을 포함)'을 미리 정의해 놓는 것을 의미한다. 개발자는 도커에서 지원하는 컨테이너 이미지 도구를 활용하여 애플리케이션의 이미지를 만들고, 원격으로 배포하여 실행하는 것도 가능하다. 이렇게 하면 고도의 분산 시스템을 생성하는 일이 단순해진다. 개발자가 일일이 데이터센터의 서버를 찾아다니면서 하나씩 세팅할 필요가 없다는 뜻이다.

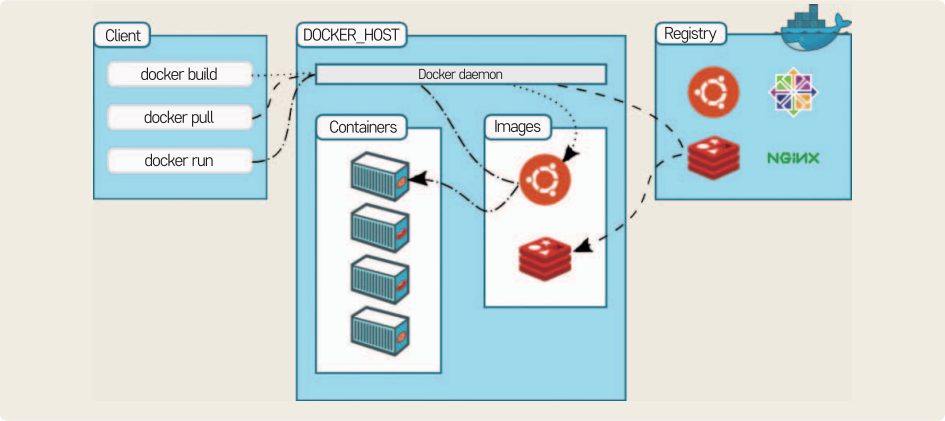
도커를 활용한 이미지는 수정이 불가한 형태로 배포되는데 이것은 단점보다는 장점으로 작용한다. 컨테이너에서 실행되는 앱과 구동하는 시스템이 분리된 형태로 있기 때문에 더 깔끔한 소프트웨어 스택 구현이 가능하다. 이미지에는 컨테이너를 실행하기 위한 모든 필요 요소가 담겨있다. 이로 인해 실행환경에 구애받지 않으며, 환경 의존성을 벗어날 수 있다.

이미지 파일은 항상 원본 상태를 유지한다. [그림 3-3]과 같이 컨테이너는 이미지를 실행한 상태인데, 같은 이미지에서 다수의 컨테이너를 생성할 수 있으며, 컨테이너의 상태가 바뀌거나 삭제되더라도 이미지는 그대로 남아 있게 된다. 실행 중 추가되거나 변경된 값은 현재의 컨테이너에 저장된다. 사용자가 해당 파일을 재구동할 때는 원본인 이미지와 컨테이너가 가진 설정 값을 조합하여 실행된다.

결과적으로 원본이미지에 대한 중복성을 없애고 수정된 값만을 관리하여 시스템이 경량화될 수 있다. 이것은 파일이 수정될 때마다 매번 새로운 전체 버전을 다운하거나 설치할 필요가 없다는 것을 의미한다. 도커에서는 이런 기능을 레이어(Layer)라는 개념을 통해서 지원한다.

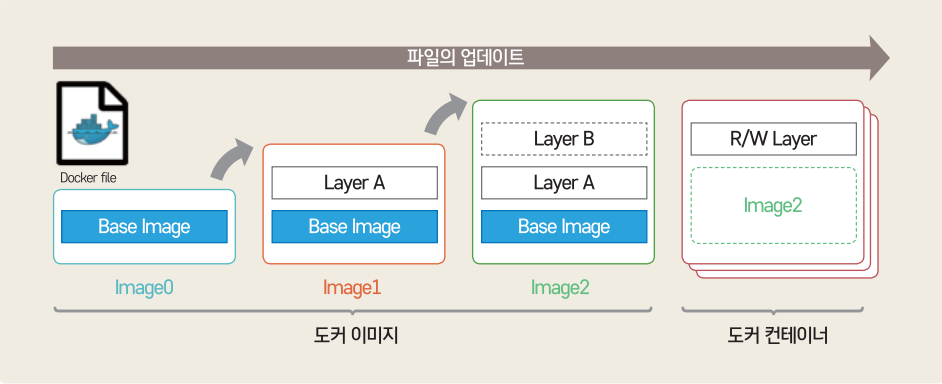
도커의 이미지는 컨테이너를 실행하기 위한 모든 정보를 가지고 있어서 용량이 보통 수백 MB 이상에 이른다. 대개는 읽기전용(Read Only) 레이어들로 구성되고, 파일이 수정 또는 추가되면 새로운 레이어가 생성된다.

그림 3-3 도커의 구동 아키텍처



※ 출처 : Docker.com

그림 3-4 도커의 Layer



[그림 3-4]의 예에서처럼 Image0을 기본으로 하여 만든 Image1은 'Base Image + Layer A'가 되고, 다시 이를 기반으로 만든 Image2는 'Base Image + Layer A + Layer B'로 구성된다. 만일 여기서 Layer B에 해당되는 소스를 수정하고 싶다면, Image1을 제외한 나머지 Layer B의 v2(버전 2)만 다운받으면 된다.

컨테이너를 생성할 때에도 기존의 이미지 레이어 위에 읽기/쓰기 레이어(R/W Layer)를 추가하면 된다. 컨테이너가 실행 중에 생성 및 수정하는 파일은 바로 이 R/W 레이어에 저장된다. 따라서 여러 개의 컨테이너를 실행하더라도 이미지 레이어는 그대로 사용하기 때문에 컨테이너는 최소한의 용량만을 필요로 한다. 원본이미지에 대한 관리는 [그림 3-3]과 같이 도커 허브에 등록하거나 도커 레지스트리(Docker Registry, 저장소)를 만들어 관리할 수 있다.

도커는 클라이언트-서버 모델처럼 클라이언트에서 빌딩하고 배포하고 실행하는 요청을 도커 데몬(Daemon)[27]에 요청하면서 컨테이너를 구동시킬 수 있다. 도커 클라이언트와 데몬은 같은 머신에서 동작할 수도 있고 원격으로 접속하여 동작하기도 한다.

도커 데몬은 클라이언트에서 빌딩한 요청대로 (- Docker API[28]를 통하여) 도커 레지스트리로부터 가져온 이미지(Docker pull 기능)를 기반으로 컨테이너를 생성하고 원하는 서비스를 구동한다. 이때 어떻게 연결을 할 것인지, 어느 정도의 크기로 클라우드를 구성할 것인지도 함께 관리한다.

도커는 앞서 살펴본 것처럼 사실 컨테이너의 장점과 오버레이 네트워크[29]의 활용, 그리고 유니온

27 데몬, 컴퓨터 시스템 운영에 관련된 작업을 Background 상태로 실행해 주는 프로그램
28 Application Program Interface, OS와 APP사이의 통신에 사용되는 언어나 메시지 형식으로, 어떤 프로그램을 구동하기 위한 라이브러리에 쉽게 접근하기 위한 규칙들을 정의한 것을 말한다.
29 Overlay Network, 물리 네트워크 위에 생성하는 가상의 네트워크로 오버레이 네트워크내의 노드는 가상의 논리적인 링크로 연결된다.

파일시스템[30] 등의 현존하는 기술을 잘 조합하여 쉬운 구동환경을 제공하는 플랫폼이다. 또한 프로그램을 작은 단위로 나누어 조합하는 마이크로(Micro) 서비스를 지향한다. 도커를 기반으로 하는 오픈소스 프로젝트는 10만 개 이상으로 진행되고 있다. 최근에는 머신러닝과 같은 인공지능 프로젝트에도 적극 활용되고 있다.

3.3. 도커의 써드파티 – 쿠버네티스(Kubernetes)

● 다중 컨테이너에 대한 효율적인 관리와 클러스터링

컨테이너는 기존의 가상머신 구동보다 경량화되어 있어서 서버 자원을 보다 효율적으로 사용하는 것이 가능하지만, 이 역시 컨테이너의 수가 많아지게 되면 관리와 운영에 있어서 어려움이 따른다. 다수의 컨테이너(서비스)의 실행을 관리 및 조율하는 것을 컨테이너 오케스트레이션(Orchestration)이라고 한다.

특히, 매우 큰 규모의 엔터프라이즈급[31] 컨테이너 배포 및 관리는 여러 써드 파티(3rd Party)[32] 프로젝트가 제공하고 있는데, 쿠버네티스(Kubernetes, K8S)는 구글에서 공개한 대표적인 컨테이너 관리 시스템으로 최근 가장 주목받고 있는 오케스트레이션 플랫폼이다. 구글은 이미 자사의 Gmail과 Google Drive등의 운영환경을 쿠버네티스를 활용하여 운영 중이며, 오픈소스 커뮤니티에도 최대의 코드 기여를 하고 있다.

개발자 및 사용자는 컨테이너 오케스트레이션 엔진을 통해서 컨테이너의 생성과 소멸, 시작과 중단 시점 제어, 스케줄링, 로드밸런싱, 클러스터링(그룹화) 등 컨테이너를 통한 애플리케이션을 구성하는 모든 과정을 관리하는 것이 가능하다. [표 3-2]는 오케스트레이션 엔진의 기능을 나타낸다.

표 3-2 오케스트레이션의 기능

기 능	내 용
서비스 디스커버리 (Service Discovery)	서비스 탐색 기능으로 기본적으로는 클라우드 환경에서 컨테이너의 생성과 배치 이동 여부를 알 수 없기에 IP, Port 정보 업데이트 및 관리를 통해 서비스를 지원함

30 Union File System, 읽기전용의 파일을 수정할 때 쓰기가 가능한 임시파일을 생성하고 수정이 완료되면 기존의 읽기전용 파일을 대체하는 형식의 파일시스템
31 Enterprise-class(Grade), 대규모의 서비스망 또는 이를 구축하기 위한 시스템 환경을 의미하며 일반적으로 개별 소비자용 보다는 기업용 솔루션을 지칭한다.
32 해당 분야에 호환되는 제품 또는 주요기업의 원천기술을 활용한 파생 제품을 생산하는 회사

기 능		내 용
스케일링 (Scaling)	로드밸런싱 (Load Balancing)	생성된 컨테이너의 컴퓨팅 자원 사용량의 설정 및 자동배분
	스케줄링 (Scheduling)	늘어난 컨테이너를 적합한 서버에 나누어 배포하고, 서버가 다운될 경우 실행 중이던 컨테이너를 다른 서버에서 구동시킴
클러스터링 (Clustering)		여러 개의 서버를 묶어 하나의 서버처럼 사용할 수 있도록 지원하거나, 가상네트워크를 이용하여 산재된 서버를 연결시켜 줌
로깅/모니터링 (Logging/ Monitoring)		여러 개의 서버를 동시에 관리할 경우 한 곳에서 서버 상태를 모니터링하고 로그 관리를 할 수 있도록 함

앞서 살펴본 도커에도 Swarm 모드라는 자체 오케스트레이션 기능을 지원한다. 그 외에도 Apache Mesos, CoreOS fleet, AWS EC2, Redhat Cockpit, HashiCorp Nomad 등 다양한 플랫폼이 있다.

표 3-3 주요 오케스트레이션 플랫폼 비교

구분	구글 Kubernetes	도커 Swarm	아파치 Mesos
특징 요약	다양한 테스트를 만족하는 안정적인 솔루션	사용이 용이한 솔루션	UI 수준이 높고 기능이 풍부하나 설치 및 관리가 어려운 솔루션
운영가능 host 머신	1,000 nodes	1,000 nodes	10,000 nodes
관리 서비스	Google Container Engine	Docker Cloud, SDN	Azure Container Service (MS)
기술자료	기술자료가 매우 풍부하고 CNCF[33]와 협력이 많아 클라우드 친화적임	기술자료가 풍부하고 개념과 기능이 간결한 편	MS와 Mesosphere가 적극적으로 지원하나 기술자료가 부족한 편
라이센스 모델	아파치	아파치	아파치

다만, 쿠버네티스는 규모가 큰 엔터프라이즈급의 컨테이너 관리에 좀 더 안정적인 환경을 제공하며, 오픈소스 기반의 클라우드 친화적인 기술자료가 풍부하다. [그림 3-5]는 쿠버네티스의 아키텍처를 나타낸다.

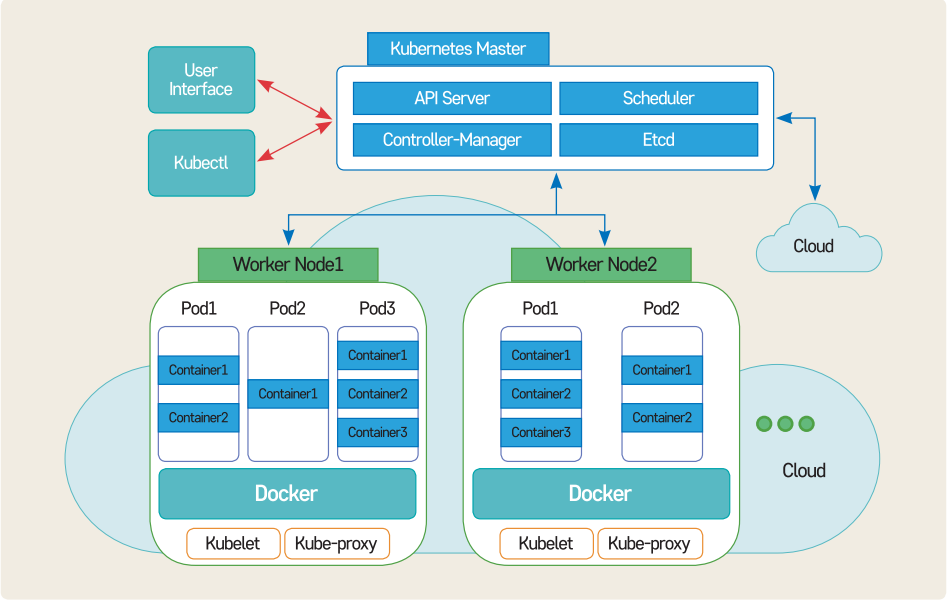
쿠버네티스는 클러스터 구조를 띄는데, 클러스터 전체를 관리하는 마스터(Kubernetes Master)가 있고, 컨테이너가 배포되는 가상 또는 물리 머신인 노드(Worker Node)가 존재한다.

33 CNCF : Cloud Native Computing Foundation, 구글이 쿠버네티스 v1.0을 출시하며 리눅스 재단과 제휴를 맺고 설립한 클라우드 컴퓨팅 재단

쿠버네티스에 의해서 배포 및 관리되는 컨테이너들은 포드(Pod)라는 단위로 묶여서 관리된다. Pod는 하나 이상의 컨테이너를 포함하고 있고, 같은 Pod 내에 속해 있는 컨테이너들은 서로 로컬 통신이 가능하며, 디스크 자원도 공유한다. 이렇게 하면 서비스에 따른 컴퓨팅 파워의 스케일링(Scaling)이 쉬워진다.

마스터는 쿠버네티스의 설정 환경을 저장하고 노드로 이루어진 클러스터 전체를 관리하며, Kubectl 커맨드 인터페이스를 통해서 세팅될 수 있다. 마스터에는 API 서버, 스케쥴러, 컨트롤러 매니저, Etcd로 구성되어 있다. API 서버는 유저(User Interface, UI)로부터의 요청이나, 마스터-노드 간의 통신을 담당한다. Etcd는 클러스터의 DB(Data Base)역할을 하는데, 노드 및 클러스터의 설정 값과 상태를 저장한다.

그림 3-5 쿠버네티스의 클라우드 아키텍처



※ 출처 : Docker.com

스케쥴러는 Pod의 배포 및 서비스에 필요한 리소스 할당 시 적절한 노드에 할당하는 역할을 한다. 컨트롤러 매니저는 Pod의 볼륨(Volum, 저장 공간) 조절, 동적으로 추가 또는 삭제되는 Pod에 대한 라벨(Label) 할당, 복제, 여러 Pod의 그룹핑 서비스 시 로드밸런싱 등을 관리한다.

노드는 마스터에 의해 명령을 받고 실제 작업을 수행하는 서비스 컴포넌트로 컨테이너를 보유한 Pod들이 배치된다. Pod는 노드 내에서는 도커 플랫폼과 맞물려 자원을 할당받아 구동된다. Kubelet는 마스터의 API 서버와 통신을 담당하며 수행할 명령을 받거나 노드의 상태를 마스터로 전달하는 역할을

한다. Kube-proxy는 노드에 들어오는 네트워크 트래픽을 Pod 내의 컨테이너에게 라우팅하고 노드와 마스터 간의 네트워크 통신을 관리한다.

쿠버네티스는 다중 머신 환경(클라우드)에서 사용자가 요청한 컨테이너를 어느 머신의 호스트에 설치하는지, 어떤 머신이 컴퓨팅 자원에 여유가 있는지를 판단하여 최적의 서비스 상태를 유지하려 한다.

쿠버네티스의 장점 중 하나가 바로 이와 관련된 Fault-tolerance[34] 기능인데, 기존의 서비스가 긴급점검과 같은 서비스 중단 상태를 보여 왔다면, 쿠버네티스는 점진적인 수시 업데이트를 통해 서비스 중단 없이 서버를 업데이트할 수 있다. 또한, 특정 컨테이너에 장애가 발생하더라도 바로 복제 컨테이너를 생성해 서비스를 유지할 수 있다.

클라우드 사용자가 서비스 공급자(Vendor)를 변경하고자 할 때, 기존에는 서비스 제품 또는 인프라 간의 호환 문제로 서비스 이전이 어려웠다. 이러한 현상을 특정 업체에 종속되는 문제 즉, 벤더 종속성(Vendor Lock In)이라고 한다. 쿠버네티스는 가장 널리 쓰이는 도커 컨테이너를 기반으로 하는 오픈소스 플랫폼이어서 클라우드 이전에 좀 더 자유롭다.

실제로 쿠버네티스는 컨테이너 기반의 가상화에서 오케스트레이션 플랫폼의 표준처럼 여겨지고 있으며, 도커 엔터프라이즈 에디션에 번들로 제공된다. 쿠버네티스는 2018년 12월 초 현재 기준으로 v1.13까지 출시되었다. v1.5부터 윈도우도 지원한다.

4. 시사점

4.1. 클라우드 기술의 변혁을 가져온 DevOps

● DevOps는 소프트웨어 개발과 정보기술 전문 운영자 간의 소통과 협업을 강조하는 개발 환경을 의미하며 컨테이너 기반 클라우드의 초석

DevOps는 소프트웨어 개발(Development)과 운영(Operations)의 합성어이다. DevOps는 SW개발조직과 운영조직 간 상호 긴밀한 소통과 협력, 대응을 의미하고, SW제품과 서비스를 빠른 시간에 개발 및 배포하는 것을 목적으로 한다. 일반적으로 프로그램, 게임, 콘텐츠 등과 같은 시스템을 개발하여 출시한 이후에는 반드시 '운영'이라는 과제가 남아 있다.

34 무중단 서비스, 시스템 일부에 고장이 발생하더라도 기능의 일부 또는 전체를 유지하는 것.

시스템을 직접 개발했기 때문에 시스템에 대하여 잘 알고 있는 개발자가 운영까지 한다면 더할 나위 없이 좋겠지만, 그러기에는 오픈 후에 쏟아지는 다양한 문제들(업데이트, 보안문제, 버그수정, 안정성확보, 확장성이슈 등)을 처리하기에도 역부족인 상황에 놓이게 된다.

또한 시스템의 개발과 운영에는 기본철학에 괴리가 있는데, 이를테면 개발측은 시스템에 문제가 발생했을 때 빠른 수정을 원하는 반면, 운영측은 안정적인 서비스가 목적으로 업데이트로 인한 변화와 혹시 발생할 수 있는 불안정한 문제(서버다운, 지연현상, 버그 등)와 같은 리스크를 기피하고자 한다.

그러나 클라우드의 등장으로 인해 이러한 개발 및 운영 환경에 변화가 생겼다. 기존에는 서버의 구축과 관리가 어려웠다. 우선 고가의 서버를 구매해야 하고, 각 서버마다 운영체제를 설치해야 하며, 해당 서버가 있는 데이터센터(IDC : Internet Data Center)의 환경에 맞게끔 일일이 서버를 세팅해야만 했다. 각 서버별로 상이한 HW를 사용하게 될 경우 세팅이 조금씩 다를 수밖에 없고, 이러한 세팅으로 인해 서비스는 미묘한 불안정성을 가지게 된다.

클라우드의 등장으로 서버의 세팅과 관리가 자유로워짐에 따라 개발과 운영의 경계는 허물어졌다. 결국, 클라우드로 인해 DevOps가 구체적으로 실현될 수 있었고, 이것이 컨테이너 기반의 효율적인 시스템 출현을 촉발시켰으며, 이것은 다시 기존의 클라우드를 과거보다 진일보시키는 결과를 만들었다.

4.2. 클라우드 컴퓨팅 생태계의 주도권 전망

● 컨테이너 기술은 클라우드 컴퓨팅과 동반성장하며 확산을 가속화

컨테이너 기반의 클라우드 컴퓨팅 환경 구성은 기존의 시스템보다 경량화를 추구하며, 그에 따른 속도향상, 마이크로서비스의 용이함, 컨테이너의 이동성, 서비스의 확산력, 스케일링 향상, 유연한 결합성이라는 효과까지 제공한다.

클라우드 컴퓨팅은 세계적인 IT 트렌드의 변화와 함께, 서비스 벤더나 사용자들에게 이미 당연한 시스템이 되어 버렸고, 이 시스템을 발전시키고 있는 컨테이너 기반의 다양한 기술들은 사실상의 표준이 되었다. 국내에서도 컨테이너 기반의 서비스들을 개발하거나 플랫폼을 운영하는 사례가 통신사업자나, SW기업 및 스타트업을 중심으로 늘어나고 있으며 앞으로도 더 증가할 것으로 보인다.

특히, 구글과 리눅스 재단이 만든 클라우드 컴퓨팅 재단(CNCF)의 지원과 오픈소스 기반이라는 장점은 오픈소스 커뮤니티에서 클라우드 컴퓨팅 관련 수많은 프로젝트에 기여하고 있다. 이는 컨테이너 시장의 주도권을 가지면서 후발 주자들의 플랫폼 오픈 소스화를 종용하고 있기도 하다.

2017년 오픈스택(OpenStack) 클라우드 서비스 사업자인 미란티스는 자사의 플랫폼에

쿠버네티스를 통합했고(4월), MS는 쿠버네티스 기반의 컨테이너 배포 플랫폼 개발사(다이스)를 인수하고 Azure에 쿠버네티스 기반 서비스를 통합했다. 이후, IBM도 자사의 클라우드 컨테이너 서비스에서 쿠버네티스를 지원하기 시작했으며(5월), 오라클도 자사의 클라우드 솔루션 코어OS에서 쿠버네티스를 지원할 것이라고 밝혔다(6월). 그러자 클라우드 서비스 업체인 피보탈도 쿠버네티스를 지원하는 피보탈 컨테이너 서비스(PKS) 개발을 발표했고, 아마존도 CNCF에 가입하면서(8월) 적극적으로 코드를 기여하고 있다.

그 후로 현재까지 앞서 언급한 벤더들은 합작한 새 버전의 컨테이너 서비스들을 내놓고 있다.

● 구글의 시장 주도는 앞으로도 지속될 것

쿠버네티스의 공개와 클라우드 컴퓨팅 재단 설립 등의 적극적인 행보로 구글은 컨테이너 오케스트레이션 시장의 주도권을 장악하고, 클라우드 컴퓨팅 생태계를 선도하고 있다. 구글의 쿠버네티스는 컨테이너 기반의 가상화 기술개발뿐 아니라 효과적인 운용 방식에도 표준이 되었다.

사실 구글이 리눅스 재단과의 합작으로 CNCF를 설립한 것은 도커가 리눅스재단과 OCI[35]를 설립한 직후이다[36]. 구글의 이 같은 행보는 리눅스 생태계의 대표격인 레드햇의 오픈시프트(OpenShift) 플랫폼에서도 쿠버네티스를 지원하도록 했고, 이로써 더 많은 컨트리뷰터(기여자)의 지원을 받고 있다.

앞서 도커가 컨테이너 기반의 클라우드 가상화 기술의 사실상의 표준이라고 했고 쿠버네티스가 이를 적극 지원하는 형태를 띠고 있다고 했지만, 도커를 거치지 않고 곧바로 컨테이너와 연결되는 바이패스(Bypass)형 인터페이스도 개발되고 있다. 전통적인 가상머신 진영인 오픈스택 재단은 쿠버네티스가 기본으로 탑재된 하이퍼바이저 기반의 컨테이너 환경인 카타(Kata)를 통해 도커와의 경쟁을 시작했다.

도커의 인기는 좀 더 지켜봐야할 일이지만, 구글의 쿠버네티스는 적용되지 않은 플랫폼을 찾아보기가 힘들 정도로 널리 퍼져 있다.

4.3. 컨테이너 기술의 전망

● 한계점도 분명하여 이를 해결하고자 하는 기술개발도 심화될 것

컨테이너 기술은 기존의 가상머신 형태의 서버 가상화가 가졌던 많은 문제를 해결했다. 사용자가

35 Open Container Initiative, 컨테이너 표준과 설계명세서를 수립하기 위한 비영리 단체, 2015.6.22. 설립.
36 2015.7.21.에 쿠버네티스 v1.0 출시와 함께 CNCF 설립.

원하는 만큼 수십 대 이상의 서버 컴퓨팅 능력을 비교적 간단한 UI를 통하여 대여할 수 있고, 부하에 따라 자동으로 서버의 개수를 늘리고 줄이는 것을 더 쉽게 해 주었다.

그러나 이러한 컨테이너 기술도 기존의 방법보다 클라우드를 구성하는 방법에 있어서 효율적인 것은 맞지만 단점도 가지고 있다. 예컨대 가상머신의 장점인 고수준의 프로세스 분리 기능은 곧 컨테이너 기술의 단점이 된다.

가상머신에서 동작하는 게스트OS는 호스트의 OS와 동일할 필요가 없다. 이는 가상머신마다 서로 다른 독립적인 운영체제 환경을 구축할 수 있단 의미이고, 하나의 머신 기준으로 제공할 수 있는 서비스의 다양성 측면에서는 좀 더 유리하다고 볼 수 있다. 또한, 가상머신 간의 독립성(Isolation)이 보장되어 한 가상머신의 장애가 다른 가상머신이나 시스템 전체에 영향을 미치지 않는다.

반면, 컨테이너는 호스트OS의 통제된 영역을 사용하지만, 많은 컨테이너들이 동일한 운영체제 커널을 공유한다. 컨테이너들은 가상머신처럼 더 철저하게 분리되어 있지 않기 때문에 보안이나 안정성 측면에서 문제가 발생할 수도 있다. 컨테이너 기반의 도커나 쿠버네티스에서도 Fault Tolerance를 보장하는 안전장치가 있고 대부분의 워크로드에서 충분한 분리성을 제공하지만 이것도 어디까지나 동일 호스트 위에서 이루어지기 때문에, 잘못된 스케줄링이나 예기치 못한 컨테이너 간의 충돌 등으로 시스템 장애를 유발하는 시나리오도 가능하다.

컨테이너는 기본적으로 비저장성을 갖는 이미지로부터 실행된다. 이 점은 시스템을 간결하게 하고 경량화하는 장점으로 작용했지만 작업 세션의 영속성(Persistence) 측면에서는 단점이 된다. 가상머신은 자체 파일시스템을 가지고 있어서 기본적으로 세션에 대한 영속성을 가지고 있다. 컨테이너는 새 인스턴스(프로세스)를 실행하면 컨테이너가 사라지고 재시작되는데, 이렇게 생성된 신규 컨테이너는 이전 컨테이너와의 연결된 상태 정보가 없다. 따라서 영속성을 위해서는 이전의 세션 작업을 포함하는 이미지의 새로운 생성이 필요하다. 이 부분은 컨테이너와 연결된 별도의 DB나 독립적인 스토리지가 있어야 하므로 가상머신보다는 불리하다.

성능 측면의 문제도 남아있다. 컨테이너 기반의 가상화가 기존 VM 기반의 가상화보다 구동상에 오버헤드가 적은 것은 분명하지만, 네이티브 수준의 속도를 제공하진 않는다. 사실 성능 문제는 SW를 활용하는 모든 영역의 끝나지 않는 숙제이다. 가상화 영역 또한 오랜 숙원과제였으며 클라우드 컴퓨팅과 같은 주요 IT 트렌드와 맞물려 그 중요성과 관심이 매우 높아 다양한 연구주제들이 남아 있다. 예로 최근에는 GPGPU[37]를 가상화 환경에서 활용하여 성능을 올리고자 하는 연구들도 진행되고 있다.

37 General-Purpose computing on Graphics Processing Unit, 다수의 병렬프로세서로 이미지 처리에 특화된 GPU를 전통적으로 CPU가 맡았던 응용프로그램 계산에 활용하는 기술

● 컨테이너 기술은 하이퍼바이저의 잠정적 대체제인가?

많은 전문가들은 컨테이너가 안정적이면서 확장성이 좋은 인프라 수요의 증가에 맞춰서 더 확산할 것으로 예상하고 있다. 그 대표적인 예로, 많은 사람들이 동시에 사용하는 포털 커뮤니티나 메일 서비스와 같은 인터넷 애플리케이션 부문에 컨테이너 기술이 많이 활용되고 있다는 점을 들 수 있다. 또한, 최근 프라이빗이나 퍼블릭 클라우드 인프라가 복잡해지는 것도 컨테이너의 확산을 부추기는 원인으로 여겨진다.

다만 컨테이너 방식이 확산될 것임에는 이견이 없으나, 적어도 당분간은 컨테이너가 하이퍼바이저를 대체하기에는 한계가 있을 것이라는 시각이 지배적이다. 이미 앞에서 언급하였지만 하이퍼바이저가 관리하는 가상머신 형태의 가상화 기법도 컨테이너 방식보다 보안과 안정성 등과 같은 여러 측면에서 분명 더 큰 장점이 있기 때문이다.

따라서 컨테이너 방식이 최근 각광을 받고 있긴 하나 서버 가상화 기술과 서로의 약점을 보완하면서 공존할 것으로 전망된다. 또한, 하이퍼바이저 진영에서도 컨테이너의 장점을 받아들이며 진화한 버전의 가상화 기법들을 시도하고 있어서 하이브리드 형태의 새로운 기술이 등장할 수도 있다고 본다.

참고자료

1. 국내

(1) Redhat, Linux 컨테이너 : https://www.redhat.com/ko/topics/ containers/whats-a-linux-container

(2) Redhat, 가상화 이해 : https://www.redhat.com/ko/topics/virtualization

(3) Redhat, 클라우드 컴퓨팅 이해 : https://www.redhat.com/ko/topics/cloud

(4) 아마존AWS-컨테이너란 무엇입니까?, 2018. : https://aws.amazon.com/ ko/what-are-containers/

(5) Kubernetes 튜토리얼 : https://kubernetes.io/ko/docs/tutorials/ kubernetes-basics/

(6) IT월드, 도커와 도커 컨테이너의 이해, 2018.9.

(7) KCERN, 한국의 클라우드 전략, 2018.9.

(8) 지디넷, 클라우드 전환기, IBM의 승부수 '컨테이너', 2018.5.

(9) IBM Developer, IBM Cloud Private 소개, 2018.3.

(10) 지디넷, 2018년 가장 뜰 소프트웨어는?, 2018.1.

(11) IBM Developer, 쿠버네티스와 컨테이너를 쉽게 이해하기, 2018.1.

(12) IDG, 데브옵스부터 컨테이너까지, 'IT 속도전' 시대의 플랫폼 신기술 도입 전략, 2017.

(13) Mantech, IT 트렌드-쿠버네티스(Kubernetes), 2017.

(14) IT월드, "왜 도커인가?" 도커와 리눅스 컨테이너의 이해, 2017.

(15) 매튜 포트노이, 가상화 세상 속으로, 에이콘출판사, 2016.

(16) IDG, 컨테이너에 대한 6가지 오해, 2016.

(17) 정보통신산업진흥원, 클라우드산업실태조사, 2015.

(18) 오픈스택 커뮤니티, 오픈소스 클라우드 기술의 진화 : 가상화와 컨테이너 기술, KRnet, 2015.

(19) CIO, 핵심 오픈소스 SW재단 8곳, 그리고 그들이 중요한 이유, 2015.

(20) 정보통신산업진흥원, 클라우드컴퓨팅 발전 및 이용자 보호에 관한 법률 설명자료, 2013.

2. 국외

(1) Cloud Native Computing Foundation : https://www.cncf.io/
(2) Kubernetes, https://kubernetes.io/
(3) Kubernetes Concepts, https://kubernetes.io/docs/concepts/
(4) Kubernetes Architecture, https://kubernetes.io/docs/concepts/ architecture/node
(5) Docker, https://www.docker.com/
(6) Docker Blog, https://blog.docker.com/
(7) Docker, What is a Container – A standardized unit of software, : https://www.docker.com/resources/what-container
(8) https://docker-curriculum.com/
(9) Opensource.com, What is Docker? : https://opensource.com/ resources/what-docker
(10) IBM Cloud private documentation : https://www.ibm.com/support/ knowledgecenter/SSBS6K_1.2.0
(11) Twistlock, Container Technology Chapter 1 | Docker, VM, LXC & Container Basics : https://www.twistlock.com/resources/container -basics- whitepaper-chapter-1/
(12) Twistlock, Docker Basics Whitepaper | Chapter 2 : https://www. twistlock.com/resources/docker-basics-whitepaper-chapter-2/
(13) VMblog, 2017 Predictions : It's not "containers or virtualization." It's "containers AND virtualization.", 2017.
(14) Twistlock, Containers 101 Infographic : What Are Containers, What's The Difference Between Containers & VMs & More, 2016. : https:// www. twistlock.com/2016/06/23/containers-101-infographic/
(15) Wired, Google Open Sources Its Secret Weapon in Cloud Computing, 2015.
(16) Wired, Google Made Its Secret Blueprint Public to Boost Its Cloud, 2015.
(17) Popek, Gerald J., and Robert P. Goldberg. "Formal requirements for virtualizable third generation architectures." Communications of the ACM 17.7 (1974) : 412-421.

월간 SW 중심사회
MONTHLY SOFTWARE ORIENTED SOCIETY

발행인	김명준(KIM, Myung Joon)
발행처	소프트웨어정책연구소(Software Policy & Research Institute)
	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A)
	Global R&D Ceneter 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do
홈페이지	www.spri.kr
전화	031.739.7300(+82-31-739-7300)
디자인·제작	(주)늘품플러스 | www.npplus.co.kr

사명 Mission

소프트웨어 정책 연구를 통한 국가의 미래전략을 선도함
Leading Nation's Future Strategy through Research on Software Policy

미래상 Vision

국민 행복과 미래사회 준비에 기여하는 소프트웨어 정책 플랫폼
Software Policy Platform contributing to the public happiness and future society

핵심 가치 Core Values

전문성 Expertise

다양성 Diversity

신뢰 Trust

역할 Roles

건강한 소프트웨어 산업 생태계 육성
To build a fair Ecosystem for Software Industry

소프트웨어 융합을 통한 사회 혁신
To innovate a Society through Software Convergence

국가 소프트웨어 통계 체계의 고도화
To advance the National Software Statistics System

개방형 소프트웨어 정책 연구 플랫폼 구축
To establish an Open Research Platform for Software Policy

소프트웨어정책연구소
Software Policy & Research Institute

소프트웨어정책연구소
Software Policy & Research Institute

주요 활동 Main Activities

추진 연구 Research Areas

- 소프트웨어 산업의 건강한 생태계 육성 정책연구
  Policy Research to foster a healthy software industry ecosystem
- 양질의 일자리를 창출하는 소프트웨어 융합 정책연구
  Policy Research to create good quality jobs in Software Convergence
- 미래 소프트웨어 인재 육성 정책연구
  Policy Research to develop future human resources in software fields
- 소프트웨어 통계 분석, 생산 및 활용 정책연구
  Policy Research to analyze, produce and utilize statistics on software
- 소프트웨어 신사업 발굴 및 기획연구
  Policy Research to discover and plan new software enterprises

발간물 Publications

- 이슈 리포트 / 인사이트 리포트
  Issue Report / Insight Report
- 월간SW중심사회 / SW산업 통계집
  Monthly Software-Oriented Society
- SW산업 연간보고서
  White Paper of Korea Software Industry
- 연구보고서
  Research Report

행사 Events

- SPRi 포럼
  SPRi Forum
- SPRi Spring / Fall Conference
  SPRi Spring / Fall Conference
- SW산업 전망 컨퍼런스
  Conference on Software Industry Outlook
- SW안전 국제 컨퍼런스
  International Conference on Software Safety

공동 연구 Joint Research

- 중장기 대형 SW R&D 과제 발굴(ETRI)
  Development of medium to long-term large-scale software R&D projects(ETRI)
- 미래 일자리 전망(KEIS)
  Future job prospects(KEIS)
- SW관련 국제협정 동향(KATP)
  Trends in international agreement on software(KATP)
- 공개SW 현황 분석(OSSF)
  Analysis of open-source software trend(OSSF)

인적 교류 Personal Exchanges

- 자문연구원, 초빙연구원 제도 운영
  Advisory Researcher and invited Researcher Programs
- 국내·외 인턴제 운영
  Domestic and International Internship Programs
- 해외 연구기관과의 인적 교류
  Personnel Exchange Program with Overseas Research Institutes

SPRi 소프트웨어정책연구소
경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D센터 연구동(A)
Global R&D Ceneter 4F, 22, Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do
www.spri.kr

9 772586 502001 03
ISSN 2586-5021