블록체인 기술의 동향과 금융권의 대응

박정국*, 이한욱**

* 금융결제원 금융결제연구소 인증보안기술연구담당 수석연구역(E-mail: arspark@kftc.or.kr)
** 금융결제원 금융결제연구소 인증보안기술연구담당 전문연구역(E-mail: hwlee@kftc.or.kr)

〈요 약〉

블록체인은 참가자 간의 거래정보를 기록한 원장을 특정 기관의 중앙 서버가 아닌 네트워크에 분산하여 참가자가 공동으로 기록하고 관리토록 하는 분산장부 기술이다. 최근 금융과 IT기술을 융합하는 핀테크 확산을 배경으로 블록체인에 대한 관심이 집중되고 있으며, 세계 주요국에서 이 기술을 금융서비스 전반에 접목하려는 시도가 활발하게 이루지고 있다.

블록체인 기술은 혁신기술의 진행 단계 중에서 개발 실험 단계로서 새로운 시도가 많이 이루어지고는 있지만 아직까지 대규모 업무 환경에 적용된 블록체인 사례는 발표되지 않고 있다. 이는 주로 확장성, 처리지연 가능성, 처리능력 및 보안 이슈 등 이 기술이 해결해야 할 과제와 직접적으로 관련되어 있다. 다만 시점확인, 공증, 지급결제, 자동집행계약 관련 분야에서는 현재도 활용 가능성이 활발하게 모색되고 있으며 금융 업무에서는 환거래 뱅킹 네트워크를 포함한 대규모 지급결제, 자본시장의 증권 발행, 무역 금융 관련 업무에 대한 적용이 우선적으로 논의되고 있다. 블록체인 기술이 금융 업무에 본격적으로 도입되기 위해서는 기술 성숙도 향상, 규제체계 개편 등 해결되어야 할 과제들이 존재하지만 금융거래의 효율성 및 보안성을 크게 제고하는 방법을 제공한다는 점에서 금융권은 해당 기술을 활용하기 위한 진지한 고민이 필요한 시점이다.

이미 금융시장의 리더들은 블록체인 기술을 암호화폐 거래에 국한시켜보는데서 벗어나 금융업무 처리 전반을 지원하는 기술로 바라보고 있다. 수십 년간 지속되어온 금융시스템의 기반을 새로 쓴다는 것은 쉬운 일이 아니며 여기에는 단순히 기술의 문제뿐만 아니라 법률 및 사회적 문제까지 포함한다. 특히 금융 업무는 거래의 신뢰성 확보가 무엇보다 중요한 가치이므로 혁신이라는 명분으로 신기술을 무조건 받아들일 순 없다. 그럼에도 금융회사들은 현재의 금융 네트워크가 안전하고 편리하며 신뢰할 만하다는 것을 보장하기 위해 지속적 노력을 경주해야 하고, 또한 어떤 네트워크보다도 높은 부가가치와 혜택을 제공하기 위해 혁신을 계속할 필요가 있다.

Ⅰ. 들어가며

최근 금융과 IT의 융합으로 상징되는 핀테크 확산을 배경으로 블록체인(blockchain) 기술에 대한 세계 주요국의 관심이 높아지고 있다.[1] 관련 스타트업들이 이루어 놓은 다양한 시도를 근간으로, 글로벌 금융회사와 ICT 기업들은 컨소시엄을 구성하여 블록체인 기술 개발 및 국제표준 제정을 진행하고 있으며[2], 정책당국도 블록체인 기술 활용을 위한 규제 개선을 포함한 정책적 지원 방안을 검토 중이다. 이와 함께 블록체인 기술을 전통적 금융 서비스 전반에 접목하려는 시도 또한 활발하게 이루지고 있다. 이는 비트코인(bitcoin)을 통해 블록체인 기술의 가능성이 어느 정도 검증되었다는 판단과 함께 실용화 과정을 거친 새로운 블록체인 기술이 기존 금융시스템과 융합될 경우 금융 프로세스 혁신에 크게 기여할 수 있다는 기대에 기인한다. 나아가 기존에 발견하지 못했던 새로운 시장, 예컨대 분산된 주식거래, 비상장 주식의 거래 자동화 등 새로운 거래 형태와 시장이 창출될 가능성도 높게 전망된다. 아울러 모든 네트워크가 직면하게 되는 시스템 장애와 같은 운영 리스크 측면에서도 블록체인 기술은 참가자의 컴퓨터에 거래기록이 분산 저장되도록 설계되었기 때문에 한 노드의 장애에 덜 취약하다는 이점도 크게 부각되고 있다.

지난 몇 해 동안 컴퓨터와 인터넷의 처리능력 및 암호기술의 측면에서 이룩한 기술적 진보는 블록체인이라는 혁신기술이 등장할 수 있는 밑거름이 되었고 그 결과 금융 프로세스를 지탱하는 많은 구성요소를 빠르게 변화시키고 있다[4]. 더욱 작고 정교해진 컴퓨팅 기기들이 고속의 무선 네트워크 기술로 연결되어 언제 어디서나 실시간으로 금융서비스를 제공받을 수 있게 됨에 따라, 지급결제 서비스와 관련된 대중의 인식도 가치를 안정적으로 전송하는 것에 그치지 않고 직관적이고 즉각적이면서 효율적이기를 기대하는 등 크게 변화하고 있다.

한편, 지급결제시스템에 대한 대중적 신뢰의 근간이 되는 결제 보안과 민감한 데이터의 보호에 대한 각종 위협으로 인해 블록체인 기술을 금융 프로세스에 적용하는 것에 대해 회의적인 시각도 있다. 국제결제은행(BIS)의 지급결제 및 시장인프라 위원회(CPMI :Committee on Payments and Market Infrastructures)는 보고서를 통해 중앙 기관이 없는 블록체인과 같은 분산된 체계와 개방적인 거버넌스 구조에서는 플랫폼에 대한 해킹 공격 등 발생할 수 있는 사고에 대한 대책 수립이 어려울 수 있다고 지적한다[5,6]. 보고서는

1) 다보스포럼(2015.9)은 세상을 바꿀 21개 미래기술의 하나로 블록체인을 선정하였다.
2) R3CEV 컨소시엄(2015.9)은 美 핀테크 기업 R3CEV를 중심으로 골드만삭스, BOA 등 42개 글로벌 금융회사가 참여하고 있으며, 리눅스 재단(Linux Foundation)의 Open Ledger Project(2015.12)는 IBM 주도하에 글로벌 ICT 기업 및 금융회사가 참여하여 오픈소스 분산원장 프레임워크의 공동 개발을 추진하고 있다.

참가 허락이 필요 없는 혹은 공개 유형의 새로운 지급결제시스템에서 돌발 상황이 발생하면 참가자의 합의(consensus)가 필요하여 신속한 대처가 어렵다는 점을 그 이유로 들고 있다. 아울러 거래정보를 중앙 서버가 아닌 분산 네트워크에서 참가자가 공동으로 기록하고 관리하는 블록체인 기술이 큰 규모의 거래를 안정적으로 처리할 수 있는지, 처리과정에서 발생되는 분쟁들을 효과적으로 해결할 수 있는지, 금융정보를 취급하는 금융회사만큼 새로운 참가자들을 신뢰할 수 있는지 등의 문제가 여전히 제기되고 있다.

이에 본고에서는 블록체인 기술의 개요 및 등장 이후 제기되어온 문제점과 이를 해결하기 위한 주요 노력, 그리고 블록체인을 둘러싼 국내외 금융회사 및 ICT 기업 간의 협력 구축이 경쟁적으로 진행되고 있는 현황을 소개한다. 나아가 금융회사의 블록체인 기술 대응전략 및 수립 시 고려하여야 할 사항에 대해 살펴보고자 한다.

Ⅱ. 블록체인 개요

1. 정의 및 배경

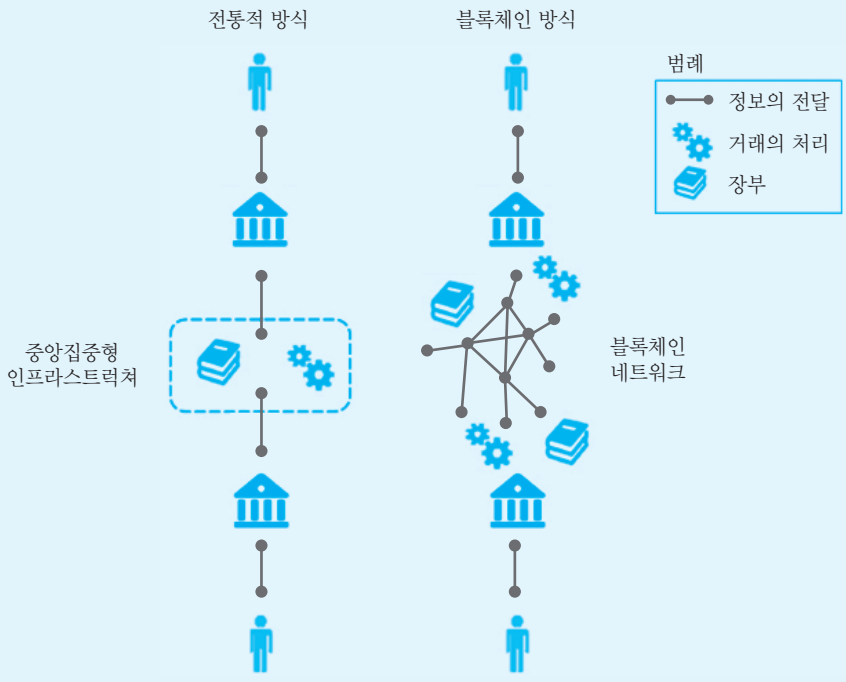
블록체인은 참가자 간에 발생한 거래정보를 기록한 원장을 특정 기관의 중앙 서버가 아닌 네트워크에 분산하여 참가자가 공동으로 기록하고 관리하는 분산장부 기술(distributed ledger technology)이다[1,7].

근대 이후 자산에 대한 소유권은 실물 보관 여부와 무관하게 특정한 기관에서 관리하는 장부(ledger)의 기록에 따라 결정되었다. 장부를 중앙에서 집중 관리하는 기존 시스템은 기록을 관리하는 중앙 기관이 장부를 조작하거나 중요 정보를 외부로 유출하지 않을 뿐 아니라, 시스템 오류 및 처리속도 저하를 예방하고, 해킹 등 외부로부터의 악의적인 공격 및 조작 시도 등을 방지한다는 신뢰가 필요하다. 이에 따라 중앙 기관에서 조작 등 문제가 발생하여 시스템에 대한 신뢰가 훼손되는 것을 예방하기 위한 감독과 감시 관련 규제가 제도화되어 있다.

금융 컨설팅 업체인 First Annapolis는 지급결제 서비스를 대상으로 한 블록체인의 전망 보고서에서 정보의 전달, 거래의 처리, 장부 관리의 측면에서 중앙 집중 기반구조(infrastructure)를 이용하는 전통적 방식과 분산 P2P 네트워크를 이용하는 블록체인 방식을 비교하였다[8](〈그림1〉 참조). 전위의 고객 단은 고객과의 상호작용을 담당하는 것으로 두 방식이 완전히 동일하다. 반면에 네트워크와 접속을 통해 이루어지는 정보의

전달(messaging)에 대해 전통적인 방식은 중앙의 기반구조를 통하는 반면 블록체인 방식은 P2P 연결 방식을 취한다. 거래의 처리(processing)에 대해서는 전통적 중앙 집중 구조에서는 배치 또는 트랜잭션 단위로 처리되나 분산 환경의 블록체인은 블록단위로 처리되며, 잔고를 추적하고 관리하는 장부는 전자는 중앙의 특정기관에 의해 관리되지만 후자는 분산되어 있는 다수의 참가자에 의해 관리된다.

〈그림1〉 **전통적 방식과 블록체인 방식 비교**



자료: First Annapolis Consulting research [8] (재구성)

블록체인 기술에 대한 평가는 아직도 엇갈리는 상황이다. 블록체인 기술을 효과적으로 사용할 수만 있다면 단순히 교환을 위한'거래인증'에 사용되는 것을 넘어 사이버 공간에서의 신뢰 시스템으로 작동하는 등 인터넷에 비견될 정도로 엄청난 잠재력을 지닌 기술로 각광받는가 하면 다른 한편에서는 비트코인의 화폐적 실험에서 드러난 문제점까지 고스란히 떠안으며 평가 절하되기도 한다[9].

블록체인에 관심을 갖는 배경과 이유는 각자의 입장에 따라 다양할 수 있으나 실무적

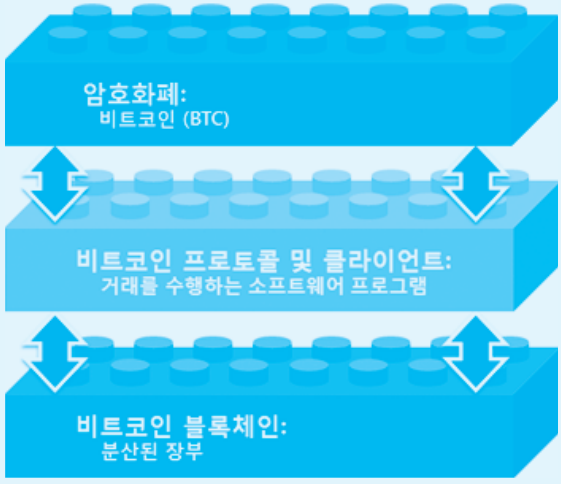
관점에서 보면 거래 중개자 존재의 필요성을 줄일 수 있다는 점, 집중화로 인한 시스템 리스크를 제거할 수 있다는 점, 사기 행위를 예방할 수 있다는 점, 데이터의 품질과 거버넌스를 향상시킬 수 있다는 점 등으로 크게 요약할 수 있다.

2. 블록체인의 구조

가. 블록체인과 비트코인

비록 혼재되어 사용되고는 있지만 비트코인과 블록체인은 서로 구분 가능한 개념이다. 블록체인의 대표적 구현 사례가 주지하고 있는 암호화폐(cryptocurrency)인 비트코인이며 이 화폐의 거래를 기록하는 장부가 블록체인이다[10]. 〈그림2〉는 비트코인과 블록체인의 관계를 나타낸 것이다. 상단과 하단에는 각각 응용 서비스인 비트코인과 비트코인의 거래 기록을 저장하기 위한 블록체인이 존재하며, 그 사이에 가치를 전달하기 위해 비트코인과 블록체인을 유기적으로 연결시켜주는 프로토콜이 자리하고 있다[11]. 대부분 금융회사의 관심은 암호화폐로서 비트코인보다는 그 하단에 위치한 블록체인과 프로토콜에 있는 것으로 보인다.

〈그림2〉 블록체인과 비트코인 관계

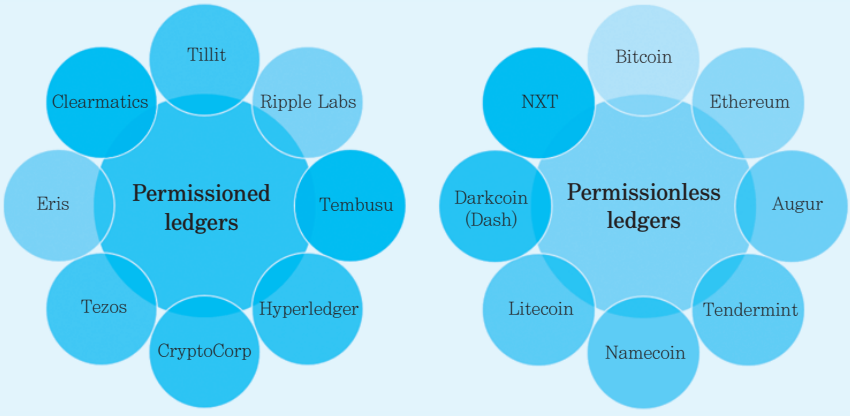


자료: LG CNS [12] (재구성)

가. 블록체인의 분류

분산 장부의 개념을 넘어 사용 목적에 따라 다양한 블록체인 기술 및 활용 방안이 등장하면서, 이들을 분류하여 정리할 필요가 생겼다. 블록체인에 대한 이해와 활용을 돕는 차원에서 네트워크 멤버십, 블록생성 주체, 비트코인 블록체인과의 연관성을 기준으로 블록체인 분류하고 설명하고자 한다. 우선 네트워크의 멤버십을 기준으로 참가에 제한이 없는 퍼미션리스(permissionless) 블록체인과 허가된 사용자만이 참가하는 퍼미션(permissioned) 블록체인으로 구분하며[13], 전자는 일반 사용자용 블록체인으로 후자는 기업용 블록체인으로 부르기도 한다(〈그림3〉 참조).

〈그림3〉 네트워크 멤버십에 따른 블록체인 분류



자료: R3CEV [13]

또한, 블록 생성을 누가 하느냐에 따라 퍼블릭(public) 블록체인과 프라이빗(private) 블록체인으로 구분되며 각 특징은 〈표1〉과 같다. 퍼블릭 블록체인은 참가자 누구나 열람 및 블록 생성이 가능한 공개된 형태의 블록체인으로 개인 또는 중앙 기관의 영향을 받지 않는 탈중앙화, 분권화된 시스템으로 여겨진다. 반면에 프라이빗 블록체인은 블록 생성 권한을 가진 기관이 둘 이상으로 구성되어 있느냐에 따라 컨소시엄(consortium) 블록체인과 완전한 프라이빗(fully private) 블록체인으로 다시 나뉜다. 컨소시엄 블록체인은 미리 선정된 노드에 의해서 컨트롤되는 반중앙형(semi-centralized) 블록체인으로 n개의 참여기관이 노드를 한 개씩 운영하고 각 기관의 노드간 동의가 일어나야 거래가 승인된다.

블록체인의 기록, 열람 권리를 퍼블릭 블록체인처럼 대중에게 부여할 수도 있지만 금융회사와 같이 미리 선정된 제한된 참가자에게만 제공하거나 API를 통해 특정 인원에게만 공개할 수도 있다. 완전한 프라이빗 블록체인은 완전히 개인화된 블록체인으로서 한 중앙기관이 모든 권한을 가지며 네트워크에 참여하기 위해선 그 중앙 기관의 허락이 필요하다.

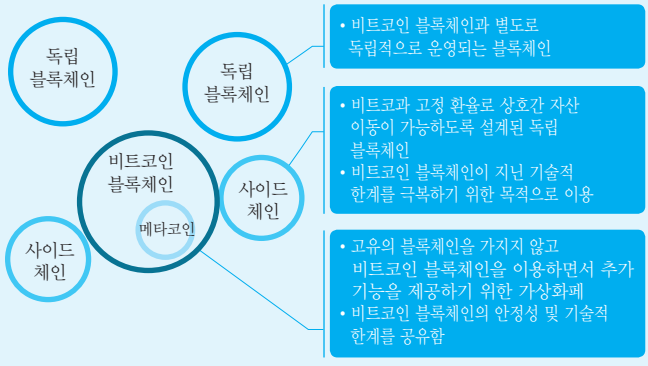
〈표1〉 블록체인 생성 주체에 따른 분류

구분	퍼블릭 블록체인	프라이빗 블록체인	
		컨소시엄 블록체인	완전 프라이빗 블록체인
블록생성 권한	누구나	멤버	소유주(Owner)
블록읽기 권한	누구나	규칙을 따름	규칙을 따름
규칙변경	매우 어려움(다수 동의)	중간(멤버 동의)	쉬움
주요특징	상대적으로 느린 거래속도	상대적으로 빠른 거래속도, 확장성	
적합업무 영역	암호화폐, 공증	금융회사간 거래, 공급망 추적	감사
타임라인	현재	2017 ~ 2018	2016
예	Bitcoin 외 다수	R3CEV 뱅크 프로젝트	NASDAQ, Eris Industries

자료: www.coindesk.com (재구성)

다른 분류 방식으로는 블록체인의 확장성 문제를 개선하려는 노력과 관련이 있으며, 비트코인 블록체인과의 연관성에 따라 독립 블록체인, 사이드체인, 메타코인으로 분류하기도 한다(〈그림4〉 참조).

〈그림4〉 비트코인 블록체인과의 연관성에 따른 블록체인 분류



다. 비트코인 블록체인의 구조

블록체인은 거래가 담겨있는 블록이 그 이전 블록과 연결되어 있는 형태의 정돈된 목록이며, 각 블록은 컨테이너 형태의 데이터 구조로서 메타데이터를 담고 있는 헤더(header)와 거래내역을 확인할 수 있는 다수의 거래식별자가 나열되어 있는 몸체(body)로 이루어진다. 블록 헤더는 직전 블록의 해시 값[3], 머클 트리(merkle tree)[4]의 최상위 해시 값, 블록 생성 시각, 블록 생성 난이도, 블록 난스(nonce) 등으로 구성된다(〈그림5〉 참조). 한 블록의 최대 크기는 현재 1MB로 제한되어 있다.

블록 내에 직전 블록의 해시 값이 포함되기 때문에 과거의 블록에 포함된 내용의 아주 작은 일부분이라고 할지라도 이 후 모든 블록의 해시 값에 연쇄적으로 영향을 끼친다. 이러한 연쇄효과 덕분에 블록체인의 보안성이 유지될 수 있다. 가령 생성된 지 여러 세대가 지난 블록을 변경하기 위해서는 나중에 생성된 블록 전부를 미리 재계산하여야 하나, 이는 현실적으로 불가능에 가깝기 때문이다.

〈그림5〉 블록과 블록체인의 구조

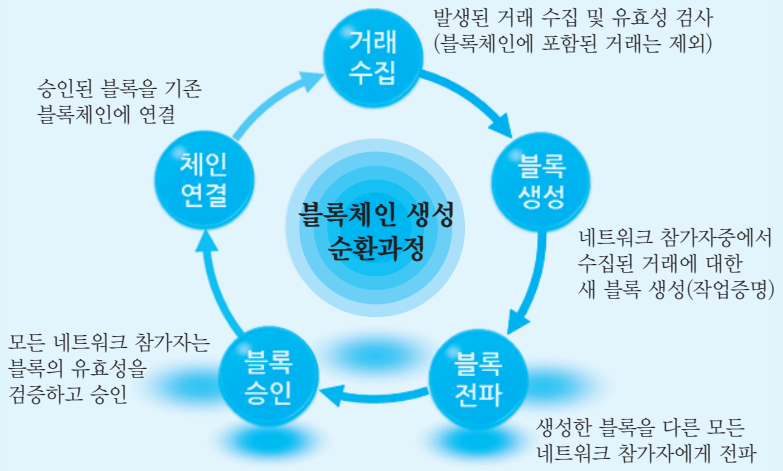
자료: http://www.ybrikman.com/writing/2014/04/24/bitcoin-by-analogy/ (재구성)

3) 해시(Hash)란 해시함수(블록체인의 경우 SHA-256)를 이용해 임의의 데이터로부터 고정된 길이의 난수(일종의 짧은 전자지문)를 만들어 내는 방법을 말한다.
4) 머클 트리는 거래 내역의 변조를 막기 위하여 각각의 거래내역을 해시한 뒤 그 값을 트리형태로 구성한 데이터 구조이다.

라. 비트코인 블록체인 프로토콜

비트코인 블록체인 프로토콜은 〈그림6〉에서 보는 바와 같이 블록체인을 생성하는 반복 순환적 과정이라고 생각할 수 있다.

〈그림5〉 블록과 블록체인의 구조



우선 비트코인에서 송금 같은 거래가 발생하면 발신인은 자신의 거래 내역을 모든 참가자에게 전송한다. 비트코인 참가자는 다른 참가자가 발생된 거래를 수집하여 거래자체에 문제가 없는지 확인하며 이렇게 수집된 거래들로부터 참가자는 경쟁적으로 새로운 블록을 생성하기 시작한다. 새로운 블록을 생성하기 위해서는 평균 10분 정도 걸리도록 사전에 조정된 문제를 풀어야 하며 이렇게 문제를 풀었다는 증거를 제시하는 것을 작업증명(Proof-of-Work)이라고 한다. 작업증명을 통해 누군가가 새로운 블록을 생성하면 이 블록을 다른 모든 참가자에게 전파하고 각 참가자는 블록의 유효성을 검증하고 해당 블록에 문제가 없으면 이 블록을 블록체인의 마지막에 연결한다. 체인이 형성되면 다시 처음으로 돌아가 새 블록을 생성하는 과정을 반복한다.

5) 작업증명(proof of work)은 신뢰성이 있는 중앙 기관의 존재가 없는 상태에서 분산 네트워크의 동의를 얻기 위해서 이용한 개념이다. 네트워크 상에 있는 모든 컴퓨터 노드들이 비트코인의 장부(Ledger)에 일어난 일련의 갱신에 공동으로 동의할 수 있도록 해주는 일종의 합의 알고리즘 역할과 블록 생성을 계산적으로 어렵게 만들어서 공격자들이 마음대로 전체 블록체인을 조작하는 것을 방지하는 데 목적이 있다.

3. 블록체인 기술의 현주소와 가능성

가. 블록체인 기술의 현주소

최근 금융시장의 리더들은 블록체인 기술의 기능적 장점을 이해하면서 암호화폐 기능에 국한된 관점에서 벗어나 금융 프로세스 전반을 지원하는 기술로 시각을 넓히고 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 적극적인 도입이 이루어지지 않는 데에는 대규모 업무 환경에 적용된 참조할 만한 블록체인 사례가 나타나지 않았다는 점과 함께 다음과 같은 이유를 들 수 있다.

첫 번째로 블록체인 기술의 확장성 문제, 처리지연 가능성, 처리능력 및 보안 이슈 등이 기술이 해결해야 할 과제와 직접적으로 관련되어 있다. 현 수준에서 블록체인 기술은 기업의 운영 환경에서 중앙 집중 구조를 가지고 있는 운영, 로깅, 모니터링 툴과 같은 비기능적 요구사항을 충분히 다루지 못하고 있다. 즉, 블록체인 기술의 현 상태는 혁신기술의 진행 단계 중에서 개발 실험 단계(stage of development experiment)라고 보는 것이 타당할 것이다[14].

두 번째로 신규 개발, 신규 파트너십, 새로운 컨소시엄 결성 등 기술 향상과 관련 있는 것으로 보이는 노력과 홍보가 여전히 초보적 수준을 벗어나지 못하고 있기 때문이다. 기술의 발전을 촉진하기 위하여 기술기업의 제품 수준, 기업 지원역량 그리고 지속가능성 면에서 성숙도 향상이 필요하다. 더욱이 블록체인에서는 일반적으로 받아들여지는 표준이 없기 때문에 각기 다른 구현, 규칙, 데이터 및 보안 모델이 난립하고 있는 상황이며, 다양한 노력이 행해지고 있으나 해결방안이 나오기까지는 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

세 번째로 현 수준의 분산장부 플랫폼은 관련된 모든 서버에게 복사되어야 하는 단순 거래 장부라는 한계를 지님과 동시에 기존의 시스템 및 인프라와 접목시키는 문제를 고려하지 않고 있기 때문이다. 블록체인 기술은 계정관리시스템, 원장정보, 지원 워크플로우, 예외 처리, 광범위한 전처리 로직을 포함하고 있지 않다. 분산장부 플랫폼의 차별화된 특징은 모든 거래들을 비가역적(immutable)이며 결코 수정, 취소, 폐기되지 않는다는 점이다. 복잡한 금융거래에서는 계약조항에 근거하여 그 거래를 변경할 수 있는 기능을 필요한 사항으로 포함시키는 경우도 있다. 현재 분산장부 플랫폼은 거래를 취소할 수 있는 기능을 지원하지 않으며, 플랫폼이 그 기능을 지원하기 위해 어떻게 진화할 수 있는지는 명확하지 않다.

네 번째로 전통적인 중앙 집중 처리와 분산처리 방식간의 트레이드오프(trade-off) 관계 때문이다. 분산처리는 커뮤니티 내 구성원 간의 공유 컴퓨팅 기능으로 정의할 수 있으며,

이는 동기화와 조정을 필요로 한다. 비트코인과 같은 분산장부 구현 사례는 조정을 관리하기 위해 하나의 분산합의 메커니즘(distributed consensus mechanism)을 사용한다. 그럼에도 불구하고 이러한 설계에는 본질적으로 거래 처리에 있어 지연을 발생시키는 과정을 포함하고 있다. 가령 분산 설계는 모든 노드들이 연산을 수행하고 장부 데이터를 저장하기 때문에 상당한 컴퓨팅 자원 및 저장 공간을 필요로 하며 네트워크 노드 수와 개별 거래의 크기에 따라 네트워크 대역폭의 증가를 유발할 수도 있다. 또한 프라이버시에 대한 규제가 지역마다 다른 현상은 정보를 모든 노드에 분산 저장하는 처리방식에게 추가적 숙제를 부과할 수 있다[14]. 이와는 반대로 중앙 처리 방식은 일반적으로 하나의 시스템에 근거하여 정보의 진실성 판단을 위한 단일 뷰(view)를 제공한다. 이 모델에서 거래 지연은 사실상 제로에 근사하므로 강화된 보안, 표준화된 방식을 통한 검증, 검증 가능한 거래 히스토리 확보 등 분산장부 플랫폼 패러다임의 일부 수용이 가능할 뿐만 아니라 중앙 처리 시스템에서 구현하는 것이 가능하다. 반면에 이 모델은 중앙처리 시스템의 무결성 측면과 그 시스템을 관리하는 조직에 대해서 완전한 신뢰를 필요로 한다.

따라서 중앙의 거래정보보관소 또는 관리소와 같은 책임 있는 기관이 존재하는 현재의 중앙 처리 방식이 바람직한 미래의 모습일지, 아니면 무결성을 보장하기 위해 수학적 연산과 암호 기술을 사용하는 분산시스템이 더 좋은 대안일지는 금융회사에게 공개된 질문이다. 어쩌면 미래에는 두 처리방식 모두를 요구하는 방향으로 진화할 지도 모른다.

가. 블록체인 기술의 금융서비스 이용 가능성

블록체인 기술에 대해 가장 개방된 입장을 가진 중앙은행 중 하나인 영란은행은 분산장부 기술이 지급결제시스템의 근본적인 변화를 가져올 수 있다고 여긴다[15]. 많은 규제 당국들도 처음에는 보안 및 익명성에 대한 우려, 감독과 감시 부족, 금융시스템 안정성 훼손 등을 이유로 블록체인에 대해 의구심을 가지고 무시하는 입장이었으나, 요즘 여러 중앙은행들은 그 단계를 지나 블록체인의 가능성을 분석하고 있다.

스페인 Santander 은행의 보고서에 따르면 블록체인 기술은 2022년까지 연간 150~200억 달러의 IT 인프라 비용을 절감할 수 있다고 하며[7], Aite 그룹은 블록체인 기술에 대한 투자가 2009년 이후 지금까지 총 10억 달러에 달하며 2019년에는 연간 400만 달러까지 도달할 것으로 예상하였다[16].

한국은행은 비트코인 등 분산원장 기술을 활용한 디지털 통화가 단기간 내에 법정화폐와 여타 지급수단을 상당 부분 대체하는 수준까지 발전할 가능성은 크지 않은 것으로 전망하였다. 하지만 분산원장 기술은 기존 금융시장인프라 및 금융 중개기관에 큰 변화를

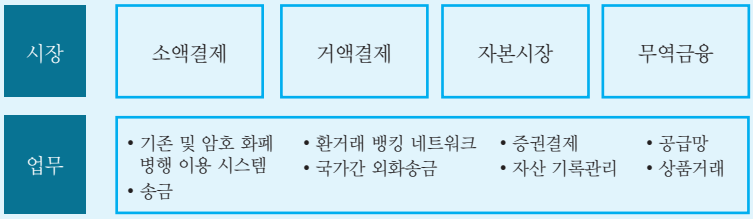
초래하고 중앙은행 업무에도 중대한 영향을 미칠 수 있는 잠재력을 가진 것으로 평가하였다[1,2].

미국 증권예탁결제원(Depository Trust & Clearing Corporation; DTCC)은 블록체인 기술의 금융분야 활용 가능성과 관련하여 현재 금융시장 시스템 인프라의 문제점을 다음과 같이 지적하였다[14]. 우선 금융시스템은 단편적이면서 여러 버전으로 구성되어 있다. 오래된 시스템 일수록 공격자들이 많은 연구를 거쳐 취약점을 찾아내 공격을 시도할 가능성이 높기 때문에 기존 시스템들이 최신 사이버 공격에 대응하기 쉽지 않다. 또한 수십 년간 유지되어 왔기 때문에 시스템이 너무 복잡하게 구성되어 있으며 주식거래를 포함해 청산, 결제, 자산관리 등에 대한 시스템이 제각각 서로 다른 시기에 다른 목적으로 이뤄져있기 때문에 최소한의 표준을 통해서만 관리되고 있다. 글로벌화 시대에도 불구하고, 금융서비스를 365일 24시간 중단 없이 제공하기 어렵다는 점도 함께 지적하였다.

그러면서 DTCC는 신뢰받는 자 간에만 공유, 접근할 수 있으며 완전하고 추적 가능한 거래기록을 가진 분산장부를 통해 현재 금융 인프라에 대한 의미 있는 개선 방법을 제공할 수 있을 것으로 보고 아래와 같은 사항을 보장함으로써 현재 비즈니스 관점의 여러 과제들을 해결할 수 있을 것으로 보았다. 첫째, 신뢰할 수 있는 구성원이 모든 거래에 대해 동일한 사본을 보유하기 때문에 신뢰에 대한 공통 기준을 공유한다. 둘째, 모든 데이터는 최신 표준에 따라 보편타당한 방식으로 암호화되고 그 데이터에 요구되는 키를 소유한 자에 의해서만 복호화되고 검증된다. 셋째, 공유 장부는 간결하고 일관성 있는 방식으로 툴, 업무흐름, 자산관리시스템을 통합할 수 있는 네트워크와 데이터 표준을 확립한다. 넷째, 거래 분산모델은 프로세싱이 항상 그리고 실행가능한 패러다임을 정의한다. 이 모델은 로컬 데이터베이스 오염에 있어서 기존의 하드웨어 리플리케이션(replication) 모델보다 더 안정적이다.

혁신성을 갖춘 다양한 사업자들이 개발하고 있는 주요 블록체인 어플리케이션은 시점확인(timestamp), 공증(provenance), 지급결제(settlement), 자동집행계약(self-executing contracts) 관련 분야이다. 금융 업무에서 가장 활발한 곳은 암호화폐, 전자지갑 관련 생태계이다. 이는 필연적으로 소액지급결제를 제공한다. 금융 서비스 전반에서 다양한 활용 방안이 검토되고 있으나 특히, 환거래 뱅킹 네트워크를 포함한 대규모 지급결제, 자본시장의 증권발행, 무역 금융 관련 업무에 대한 적용이 우선적으로 논의되고 있다[17].

〈그림8〉 블록체인 적용 논의 중인 금융 분야



자료: Euroclear & Oliver Wyman[17]

Ⅲ. 블록체인 기술 동향

1. 새로운 시도

시가총액이나 거래규모면에서 최고 수준의 암호화폐인 비트코인이 7년 정도 운영되면서 블록체인의 안전성과 가능성은 시장으로부터 일정 부분 인정받게 되었지만, 동시에 활용 측면, 운영 측면, 화폐 측면에서 한계도 함께 지니고 있는 것으로 여겨진다.

우선 활용 측면에서 살펴보면, 비트코인은 이론적으로 초당 최대 10건의 거래 밖에 처리하지 못하며 실제로도 초당 3건 내지 7건 처리가 한계라고 알려지고 있다. 수수료 면에서도 40바이트 정도의 데이터를 비트코인 블록체인에 기록하기 위해서는 50원에서 250원 정도 소요된다. 따라서 처리능력과 처리비용을 고려할 때 대량의 금융 거래를 처리하기에는 적합하지 않는 것으로 보인다. 또한 비교적 간단한 조건의 비트코인 거래만 수행할 수 있기에 복잡한 계약 등을 수행하기에는 한계가 있다.

운영 측면에서 비트코인 블록체인은 계좌의 최종 상황 없이 순수한 거래 기록만을 가지고 있기 때문에 어떤 계좌의 상황을 알기 위해서는 현 수준 65GB에 이르는 블록체인 전체를 가지고 있어야만 하며 이마저도 해마다 급속히 증가하고 있다. 또한 블록체인의 작업증명은 그 자체로 멋진 개념이기는 하지만 사람들의 탐욕과 더불어 점차 컴퓨팅 파워의 집중화를 야기하고 있다. 작업증명을 성공한 참가자에게 25BTC를 보상으로 제공하기[6] 때문에 전문 장비로 무장한 전문 채굴자와 채굴자 그룹이 등장하였고 그 결과 일반 채굴자는 수익성

6) 보상액은 50BTC로 시작하여 매 4년마다 1/2씩 반감된다. 25 BTC는 2016년 4월 기준 1,200만 원 수준이다.

악화로 채굴을 포기하고 마지막에는 소수의 채굴자만 남게 되는 악순환이 이루어지게 되었다. 비트코인 블록체인에서는 단일 채굴자 또는 채굴 그룹의 컴퓨팅 파워가 전체의 51%를 넘을 경우 기존에 확정된 블록도 뒤집을 수 있기 때문에 이는 매우 우려스러운 상황이라 할 수 있다. 아울러 작업증명 방식의 채굴은 전기 에너지를 심각하게 낭비한다는 우려도 빈번히 등장하고 있다. 최근 호주의 어느 재단(Long Future Foundation) 보고서에 따르면 미래에는 전세계 전기 생산량의 60%까지 비트코인에서 소비될 수 있다고 예측하면서 채굴시 발생하는 자원 낭비에 대한 우려를 제기하였다[18].

마지막으로 화폐 측면에서도 비트코인은 가격 변동성이 클 뿐만 아니라 거래확정에 소요되는 시간이 평균 60분으로 매우 느리다. 이는 판매자가 비트코인을 지불수단으로 받아들이기 어렵게 만들었다. 오늘 만 원이라고 생각하고 받은 가상화폐가 내일이면 천 원으로 바뀌어 있다거나, 지불된 대금이 60분 뒤에야 확정된다면 아주 곤란한 상황이 발생할 것이다.

이와 같이 비트코인과 비트코인 블록체인은 여러 측면에서 문제점을 안고 있으나 다음과 같은 노력을 통해 블록체인의 개선이 빠르게 이루어지고 있다.

가. 작업증명 대안

인터넷 사이트인 코인마켓캡[7]은 전세계 암호화폐 거래소에서 거래되고 있는 암호화폐 가총액을 보여주는 사이트이다. 2016년 4월을 기준으로 1,800개 이상의 거래소에서 670여 개 암호화폐와 60여 개의 자산이 거래되고 있다. 이것은 암호화폐를 가지지 않거나 공개되지 않은 사설 블록체인은 제외된 숫자로서 최소 700개 이상의 블록체인이 존재한다고 추측해 볼 수 있다. 시가총액 상위를 구성하고 있는 암호화폐에는 비트코인, 이더리움, 리플, 라이트코인, 도지코인, 메이드세이프, 대시 등이 있지만 아직까지는 비트코인이 전체 암호화폐의 시가총액을 모두 합친 것의 80%, 거래량의 65%를 차지하는[8] 등 절대적 강세를 보인다는 것을 알 수 있다. 여기서 우리의 관심은 다양한 암호화폐 또는 블록체인들은 비트코인 블록체인을 넘어서기 위해 어떤 새로운 방식으로 취하려고 했는가에 있다.

우선 초기에는 채굴 즉, 작업증명에 사용되는 알고리즘을 좀 더 복잡하게 하여 채굴 전용기계를 제작하기 어렵게 만드는 시도부터 이루어졌다. 라이트코인, 도지코인, 대시 등이 이러한 방식으로 대표적인 경우라 하겠다. 이 방식은 지금 당장은 효과가 있다고

7) http://coinmarketcap.com/
8) 2016년 3월 누적 기준 (자료: 코인마켓캡)

하더라도 언젠가는 전문 채굴도구 제작이 가능해 지기 때문에 지속적으로 효과를 보기는 어렵다는 점, 그리고 비트코인 블록체인을 근본적으로 개선하기 어렵다는 점에서 큰 관심을 끌기에는 부족하다.

다른 해결 방식으로는 증명에 사용하는 자원을 블록체인 외부가 아닌 내부에서 찾는 방식이 있다. 비트코인의 작업증명이 컴퓨팅 파워라는 외적 자원을 이용한다면 이 방식은 가상화폐를 지니고 있는 지분을 자원으로 사용한다. 즉, 채굴자가 얼마나 많은 암호화폐를 보유하고 있느냐에 따라 채굴 확률이 결정되는 방식으로 지분증명(Proof-of-stake)이라고 불린다. 이 방식은 악의적인 공격에 좀 더 안전하고 에너지 소비도 훨씬 적기 때문에 비트코인 블록체인을 대체할 좋은 대안으로 거론되고 있는 상황이며, 피어코인(peercoin), 비트쉐어(Bitshare) 등이 이 방식을 취하고 있다. 퍼블릭 블록체인에서 지분증명을 이용한 방식은 비교적 우수한 결과를 내겠지만 금융회사의 대량 거래를 처리하기에는 이 방식도 역부족이다.

나. 화폐 기능 강화

화폐로서의 기능 강화라는 측면의 접근 방식도 존재한다. 이 방식은 주로 비트코인의 가격 변동성을 줄이는 것에 맞춰져 있는데, 금융회사의 지급보증을 받거나, 수요 증가 혹은 수요 감소 시 대비책을 갖추거나, 차용증서를 유통하는 방식 등 다양한 방식이 시도되고 있다.

사실 화폐기능은 크게 고려사항이 아니지만 리플(ripple)과 같은 방식은 비트코인과 달리 원화, 달러와 같은 명목화폐를 기반으로 결제를 수행할 수 있기 때문에 주목할 필요가 있다.

다. 프라이빗 블록체인

비트코인과 같은 공개 블록체인이 가지는 약점을 배제하고 최적화된 맞춤형 블록체인을 구현할 수 있는 프라이빗 블록체인에 관한 시도들이다. 이 방식은 암호화폐 없이도 운용될 수 있고, 소규모 그룹 또는 중앙서버에서 비경쟁적 방식으로도 합의에 이를 수 있기 때문에 매우 빠른 시간에 합의에 도달할 수 있으며 대량 거래도 가능하기 때문에 관심을 집중해야 할 부분이다. 가령 리플, 스텔라(Stellar) 등의 분산 합의 방식은 원장에 포함시킬 거래 내역을 참가자 간 10초 이내에 완료되는 의견수렴(투표) 과정을 통해 확정할 수 있다.

다만 사설 블록체인은 공개된 정보가 제한적이기 때문에 그 실체를 완전하게 파악하기 어려울 수 있다.

2. 대안 블록체인

2009년 비트코인과 블록체인이라는 개념이 도입된 이후 생겨난 몇 가지 재미있는 대안 블록체인을 소개한다.

가. 컬러 코인 (Colored coin)

별도의 블록체인 없이 비트코인 블록체인에 얹혀있는 메타코인의 전형이다. 퍼블릭 블록체인 기반의 컬러코인은 소량의 비트코인에"색깔"을 입혀 현물자산(off-chain assets)을 토큰 형태의 디지털자산(on-chain assets)으로 표현하는 방법이다. 비트코인 트랜잭션에 자산적 의미를 부여하여 해당 코인의 소유자가 현물자산의 소유권을 가진 것으로 간주한다. 물론 중앙 기관 없이 기술로서 소유권을 증명한다고 해서 컬러코인이 법적인 효과를 가지는 것은 아니다.

디지털 자산에 대해 효과적이며 자산관리에 있어 불변성, 위조방지, 전송용이 등 비트코인 블록체인의 장점을 누릴 수 있다. 주식, 부동산등기, 지적재산, 쿠폰 등에 활용된다. 렌터카 회사 소유의 자동차에 컬러 코인을 연결하고 해당 컬러 코인 소유자가 서명한 메시지를 수신할 경우에만 차의 시동을 걸 수 있도록 구성한 아이디어가 재미있는 사례로 소개되기도 하였다.

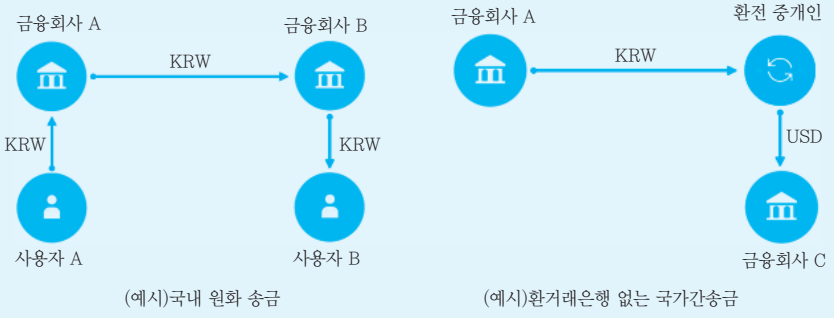
나. 라이트코인 (Litecoin) 및 도지코인 (Dogecoin)

화폐로서의 기능이 강조되는 독립, 공개 블록체인으로 비트코인 블록체인과 거의 유사하다. 전문 채굴자에 의한 문제를 해결하기 위해 일방향 암호 알고리즘(SHA256) 대신 패스워드 기반 비밀키 유도함수의 일종인 Scrypt를 사용한다. Scrypt는 해시 함수보다 ASIC 또는 FPGA의 계산효율이 낮아 비트코인과 달리 일반 컴퓨터(CPU 또는 GPU)로도 채굴이 가능하다. 블록생성 주기도 10분(비트코인)에서 2분 30초(라이트코인)와 1분(도지코인)으로 크게 단축되었다. 라이트코인과 도지코인은 화폐측면에서는 아류 비트코인으로서는 비교적 성공했다고 보이지만 기술적으로 큰 진보를 이루었다고 보기는 어렵다.

다. 리플 (Ripple)

독립, 컨소시엄, 참가 승인이 필요한 블록체인이다. 작업증명 대신 독자적인 분산합의(투표) 수행하며 평균 10분이 소요되는 비트코인의 채굴에 비해 5초 내외의 매우 빠른 속도로 처리 가능하다. 아울러 일단 합의가 완료되면 바로 확정되어 되돌릴 수 없게 된다는 점 역시 금융회사로서는 고무적이다. 또한 비트코인 블록체인이 비트코인 암호 화폐만 처리되는 데 반해 리플은 원화, 달러 등의 명목화폐를 차용증서(IOU) 발급형태로 거래할 수 있게 하여 암호화폐의 개입 없이도 명목화폐의 지급, 환전, 송금 등을 수행할 수 있다.

〈그림9〉 리플을 이용한 국내 · 외 송금



자료: Ripple.com [19]

리플은 명목화폐, 상품 및 마일리지 등에 대한 지급 업무를 수행하므로 별도의 결제 시스템을 필요로 한다. 비트코인의 경우 계정 간 암호 화폐를 이동시킴으로써 거래가 완결되는 구조이며 금융권의 관심이 비트코인의 경우 블록체인에 있는 것에 비해 리플의 경우는 리플(XRP)로 이루어지는 거래 자체에 있다고 볼 수 있다.

현재 리플은 리눅스 재단(Linux Foundation)이 진행하고 있는 금융회사들을 위한 블록체인 프로젝트인 하이퍼 레저(Hyper Ledger)에 제안 기술로 올라와 있는 상황이며 좀 더 관심을 가지고 지켜봐야 할 기술로 보인다.

라. 이더리움(Ethereum)

이더리움은 최근 사용이 급격히 증가하는 독립, 공개 블록체인의 일종이다. 비트코인 블록체인이 비트코인 거래에 적합한 제한된 거래밖에 수행하지 못하는 것에 착안하여

이더리움은 비트코인과 같이 화폐로서의 교환 기능뿐만 아니라 거의 제약 없는 프로그램 실행을 위한 기능이 추가되었다. 최근 자주 언급되고 있는 스마트 계약(smart contract), 분산 애플리케이션, 탈중앙화된 자율조직(Decentralized Autonomous Organization; DAO)을 구성하기 위한 가장 우수한 환경을 제공하고 있으며 삼성과 IBM의 IoT 기술 및 R3컨소시엄의 개념증명(Proof of Concept) 등에 적용된 바 있다.

〈표2〉 주요블록체인 특징 비교

구분	비트코인	이더리움	리플	라이트코인	도지코인	대시	피어코인	스텔라
합의방식	작업증명	작업증명	분산합의	작업증명	작업증명	작업증명	작업증명/지분증명	분산합의
블록 생성주기	10분	12초	5초	2.5분	1분	2.5분	10분	2-4초
확정시간	6 블록 (60분)	6 블록	1 블록	6블록 (15분)	6블록 (6분)	6블록 (15분)	6블록 (60분)	1 블록
처리용량 (TPS)	7	25	1000	28	33	30	7	300
거래비용	0.0001 BTC (52.5원)	0.00042 ETH (2.7원)	0.00001 XRP (0.0원)	0.001 LTC (4.2원)	1 DOGE (0.3원)	0.25 ~0.5%	0.01 PPC (5.8원)	0.00001 XLM (0.0원)

이상의 주요 블록체인의 특징을 비교해 보면 〈표2〉와 같다. 리플이나 스텔라와 같이 분산합의 방식을 채택한 블록체인이 블록생성주기와 확정시간, 처리용량 등을 고려할 때 대량 거래의 금융환경에 보다 적합한 결과를 보여주고 있다.

3. 금융회사 블록체인

오랫동안 유지되어온 금융회사의 전통적 결제 네트워크를 대체하기 위해서는 분산장부의 법적 효력이 명확해야 한다. 즉, 누가 자본을 얼마나 어떻게 보관하고 있고 그것을 어떻게 증명할 수 있는지를 명확히 제시할 수 있어야 한다. 물론 비트코인처럼 익명의 거래 증명자를 기반으로 한 프로토콜에서 불가능한 일이다. 가장 긴 체인이 결제의 정당성을 가지지만 그 체인은 지속적으로 교체(fork)되어 왔으며 교체 전에 이루어진 결제에 대한 정당성을 법적으로 증명할 방법이 없기 때문이다. 또 익명의 거래 증명자는 인센티브가 유일한 목적일 뿐 자금이 불법적으로 사용되든 테러리스트에게 송금되든 신경 쓰지 않고 알 수도

없다.

금융시스템에선 거래가 발생한 후 일정시간 내 결제(settlement) 과정을 거친다. 그 과정에서 결제 완결성[9]이 보장되지 않을 경우에는 지급결제시스템을 통한 지급 · 청산 · 결제가 제대로 진행되지 않거나 사후적으로 무효화되는 법률 리스크에 노출될 수 있으며 이는 금융시스템 전체에 혼란을 초래할 수 있다[3]. 블록체인 네트워크에서 거래는 중앙은행과 같은 기관이 법적 권한을 가지고 완결성을 보장하는 것이 아니라 전 세계에 분산된 익명의 사람들의 컴퓨팅 파워(기술)로서 보장하고자 한다. 블록체인은 기술적으로 좋은 아이디어이지만 이중 지불(double spending)공격[10]과 블록 재조정(block reorganization)의 가능성이 다분한 퍼블릭 블록체인의 경우 결제 기록이 왜곡될 소지가 충분하다. 현실성을 감안하였을 때 검열 저항적인(censorship-resistant) 프로토콜인 비트코인은 은행 간의 청산결제 시스템으로 부적합하다고 보는 견해가 우세하다[20]. 금융기관은 블록체인 기술을 이용해 저비용의 빠르고 효율적인 청산 · 결제 시스템을 구현하길 원한다. 금융기관의 장부 시스템은 명확한 법적 이해관계를 위해 화폐적 기능이 없고 내부에서 거래를 증명할 수 있어야 하고 다양한 금융자산을 위해 각 자산에 맞는 장부 시스템을 구축하고 실시간으로 거래가 가능해야 한다. 이와 같은 이유 때문에 금융기관은 당연히 컨소시엄이나 프라이빗 블록체인을 선택할 것이다. 비트코인과 같은 퍼블릭 블록체인은 앞서 언급했듯이 금융기관의 응용 목적인 법적인 정당성, 효율성, 거래 속도와 같은 문제를 해결해주지 못하기 때문이다.

Ⅳ. 블록체인에 대한 금융회사 대응방향

1. 주요 대응사례

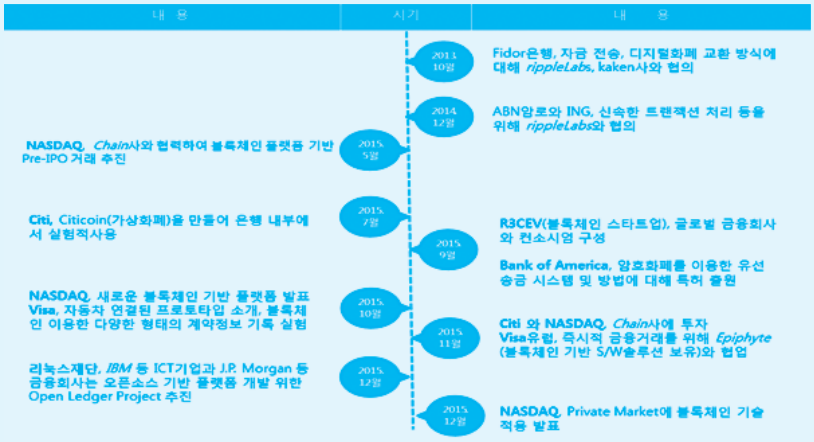
가. 글로벌 금융권

분산장부 기술을 해외 송금, 지급결제, 주식 및 채권 발행 및 거래기록 관리 등 기존 금융서비스 및 거래정보 기록에 활용하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다(〈그림9〉 참조).

9) 결제 완결성(settlement finality)이란 지급결제시스템을 통해 이루어지는 지급 · 청산 · 결제가 참가기관의 파산 등의 상황이 발생하더라도 취소되지 않고(irrevocable) 해당 지급결제시스템의 운영규칙에 따라 무조건적(unconditional)으로 이루어지도록 하는 것을 의미한다.

10) 이중지불 공격은 가상화폐에 대해 발생할 수 있는 일반적 공격으로 특정 참가자가 자신이 보유한 금액을 정상적인 거래에 사용한 뒤 해당 거래가 제외된 원장을 다시 배포하여 결제를 취소시키고 해당 금액을 다른 거래에 재사용하는 조작을 의미한다.

〈그림10〉 주요 금융회사의 블록체인 기술 관련 활동



자료: http://letstalkpayments.com (재구성)

나스닥(NASDAQ)은 거래내역을 정확하고 저비용으로 기록하는 방안을 마련하기 위한 블록체인 프로젝트를 추진하여 지난해 12월 장외주식 거래 플랫폼에 도입하였고, 온라인 쇼핑몰 오버스탁(Overstock)은 미국 증권거래위원회로부터 블록체인이 적용된 인터넷 공모주식을 발행할 수 있는 권한을 받아 자사 플랫폼에서 2,500만 달러 규모의 회사채를 발행하였다.

비자(Visa)는 2015년 8월 비트코인 및 분산원장 기술을 새로운 지급수단을 개발하는 데 활용할 계획을 발표하고 연구와 실험을 지속적으로 실시하고 있으며, 2015년 9월에는 비자, 시티, 나스닥 등은 분산원장 개발 플랫폼 업체 Chain.com에 3천만 달러를 투자하였다.

골드만삭스는 블록체인 기술을 활용해 벌써 SETLcoin이라는 가상화폐 결제시스템을 내놓았고, 리플사는 이종통화간 교환을 매개하기 위한 수단으로 디지털통화를 활용하는 실시간 송금시스템을 개발하였다.

아시아 지역에서 가장 적극적인 곳은 일본시장이다. 대표적인 블록체인 기반 결제 시스템 회사인 리플은 최근 일본 종합금융그룹 SBI홀딩스와 합작투자 형태로 SBI리플 아시아(SBI Ripple Asia)를 설립하고 아시아 시장 진출을 발표했다. 미즈호 금융그룹(Mizuho Financial Group)도 마이크로소프트와 함께 블록체인 기술을 활용을 위한 테스트에 착수했다.

그 외에도 금융회사와 기술기업이 협력하여 관련 프로젝트를 추진하고 있는 것에 특히

주목할 필요가 있다. 지난 2015년 9월부터 미국과 유럽의 주요 은행들은 핀테크 스타트업 R3CEV와 컨소시엄을 결성하고(〈표3〉 참조) 2017년경까지 블록체인을 금융서비스에 활용하기 위한 공동 플랫폼 및 국제표준 개발 등을 추진하고 있다. 현재 이 컨소시엄에서 시험하고 있는 분야는 주로 자본시장의 기업어음 즉시결제, 파생상품의 금리 스왑, 무역금융의 신용장 발행 등으로 알려지고 있다. 또한 최근 많은 은행이 참여한 가운데 아마존, 마이크로소프트, IBM 클라우드 인프라스트럭처에서 Eris, 이더리움 등 5가지 블록체인 솔루션을 사용하여 분장원장을 구현해보는 실험을 실시한 바 있다.

〈표2〉 주요블록체인 특징 비교

날짜	북미	유럽	호주	일본	계
2015. 9.15	– JPMorgan – Goldman Sachs – State Street	– Barclays – BBVA – UBS – Credit Suisse – Royal Bank of Scotland	– Common wealth Bank		9
2015. 9.29	– Bank of America – Bank of NY Mellon – Citigroup – Morgan Stanley – Royal Bank of Canada – Toronto Dominion Bank	– HSBC – Societe Generale – Deutsche Bank – Commerz Bank – Skandinaviska Enskilda Banken	– National Australia Bank	– Mitsubishi UFJ Financial Group	13
2015. 10.28		– Nordea – Unicredit Bank		– Mizuho Bank	3
2015. 11.19	– Wells Fargo – Canadian Imperial Bank of Commerce	– BNP Paribas – ING	– MacQuarie		5
2015. 12.17	– Northern Trust – Scotiabank – US Bancorp – BMO Financial Group	– Banco Santander – Danske Bank – Intesa Sanpaolo – Natixis – OP Financial Group	– Westpac Banking Corp.	– Nomura – Sumitomo Mitsui Banking Corp.	12
계	15	19	4	4	42

또한, 2015.12월에는 리눅스 재단(Linux Foundation)산하에 IBM이 주도하는 오픈소스 기반의 하이퍼레저(HyperLedger) 프로젝트가 추진되고 있다. 글로벌 금융기관 뿐 아니라 다양한 IT 관련 기업이 함께 참여하여 비트코인의 핵심기술 블록체인을 업그레이드하고 있다(표4 참조). 이 프로젝트가 성공적으로 결과물들을 만들어 낸다면 각 기업들은 공동

플랫폼을 기반으로 개별 산업에 특화된 응용 프로그램 및 하드웨어 개발 등에 집중할 수 있을 것으로 기대된다. 현재 Project에는 4개의 제안(Ripple, IBM Digital Asset Holdings, Blockstream)이 올라와 있는 상황이다.

자본시장에선 미국의 증권예탁결제원(DTCC)은 IBM 주도의 블록체인 프로젝트와 블록체인 스타트업 펀딩에 적극적으로 참여 중이고, 호주 증권거래소(ASX)와 독일증권거래소 산하 클리어스트림 등은 블록체인기술의 청산결제시스템 적용을 추진하고 있다.

〈표4〉 리눅스 재단 컨소시엄 참여 기업(30개)

구분	참여 기업
금융회사	ABN AMRO, ANZ Bank, BNY Mellon, J.P. Morgan, London Stock Exchange Group, CLS, Credits, Deutsche Borse, DTCC(Depository Trust & Clearing Corporation), State Street, SWIFT, Wells Fargo
IT기업	IBM, Cisco, Intel, VMware, IC3, Eris Industries, Fujitsu, Hitachi, NEC, NTT DATA
핀테크 스타트업	R3, Digital Asset Holdings
컨설팅	Accenture

세계 최대의 예탁결제기관인 Euroclear는 블록체인은 자본시장의 중복적인 시스템 제거, 거래상대방 리스크 감소 등을 통해 참여자의 비용을 감소시킬 것이며 향후 18~24개월 후에는 다양한 실제 적용 사례가 나올 것으로 예측하였다.

일본거래소도 올여름 블록체인 기반 장외 주식거래를 도입하기 위해경우 최근 IBM과 파트너십 계약을 체결하고 청산결제와 관련된 개념증명 애플리케이션의 개발에 착수했다.

나. 국내 금융권

최근 국내 은행들도 관련 핀테크 기업과의 협업을 통해 해외송금, 문서보안, 개인 인증서 분야에서 시스템 공동 개발에 나서는 등 블록체인 기술을 활용하는 방안을 검토 중이다. 그간의 해외송금 서비스는 다수의 이해관계자들로 인해 비싸고 느리고 번거롭다는 비판을 받아왔다. 블록체인기술 기반 해외송금 서비스는 문제점을 제거하기 위해 기존 SWIFT망(중개은행을 거치는 해외송금망) 대신 블록체인 네트워크를 송금 정보망으로 이용하고 있다. 여러 은행이 해외송금 업무에 블록체인 기술 도입을 추진하는 이유는 블록체인 원형이라 할 수 있는 퍼블릭 블록체인과 암호화폐(비트코인) 기능을 이용하여 기존 시스템과의 접목

및 적용이 수월하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 은행권은 블록체인 태스크포스를 구성하여 은행권의 R3 컨소시엄 참여방안, 블록체인 기술의 금융서비스 활용분야 및 관련 규제 식별, 중국 · 싱가포르 등과 함께 아태지역 별도 협의체 구성여부 등을 논의하고 있다.

자본시장에서도 최근 미국 일본 등 글로벌 거래소가 속속 블록체인 사업에 뛰어들고 있는 상황인 만큼 한국거래소도 블록체인 기술 활용 방안을 검토 중이라고 밝혔다. 한국거래소를 중심으로 글로벌 블록체인 사업 경쟁에 뛰어들 예정이다. 일단 거래소에서 블록체인 활용 분야를 발굴하고 국내외 관련 기관 및 기업을 비롯해 해외거래소와도 파트너십을 구축한다는 계획이다. 거래소의 연간 IT 비용은 1000억 원으로 보안에 쓰이는 것은 약 90억 원 정도이며 블록체인을 도입하면 이 같은 비용을 대폭 절감할 수 있기 때문에 거래소가 관심을 보이는 것으로 해석된다. 거래소가 블록체인에 대한 대비를 시작하는 단계지만 이미 글로벌 거래소들이 상당부분 관련 작업을 진척시킨 상황이다. 국내에서도 우선적으로 비상장 주식시장[11]을 대상으로 블록체인의 도입 가능성이 높다.

다. 정책당국 및 중앙은행

세계 각국의 관심이 고조되는 가운데 주요국 정부, 중앙은행 등도 분산원장 방식의 활용 가능성에 많은 관심을 가지고 영향을 점검하고 있다. 일부 중앙은행에서는 블록체인 등 분산원장 기술을 활용하여 디지털통화를 직접 발행하거나 기존 결제시스템에 적용하는 방안을 연구 중이다.

유럽연합 증권시장 감독기구(ESMA; European Securities and Markets Authority)는 디지털통화 및 분산원장 기술 관련 투자에 대한 금융기관, 시장 참가자, 투자자 등을 대상으로 의견 및 사례를 수집하고 있다.

우리 금융당국에서도 블록체인 기술 활용을 위해 중앙 집중 결제시스템기반의 기존 금융법규[13]과 블록체인 기반 서비스간 정합성 문제 등 규제개선, 핀테크 기업의 블록체인 활용 서비스 개발을 돕기 위한 인프라 지원 등 정책적 지원 방안을 검토하고 있다.

---

11) 우리나라 비상장 주식 거래는 금융투자협회에서 운영하는 장외 주식시장 K-OTC를 이용하거나 개인들 간 직거래하는 두 가지 방법이 있다. 이런 식으로 거래 가능한 주식 총규모는 약 56조원에 달한다.

12) 네덜란드 중앙은행, 중국 인민은행, 호주중앙은행, 특히 영란은행은 2015년 중앙은행의 디지털통화 직접 발행 방안에 대한 검토를 주요 연구 주제(「One Bank Research Agenda」, Discussion Paper, 2015.2)로 선정, 캐나다 중앙은행은 디지털통화 확산이 초래할 리스크를 경계하면서도 중앙은행이 직접 디지털통화를 발행하는 경우의 효과를 점검중이다(「Money in a Digital World」, 2014.11).

13) 전자화폐발행 및 환금시 중앙전산시스템 경유의무화(법률18조,시행령11조) 등 중앙집중식 전산설비시스템을 전제로 규정되어 있는 현행 전자금융거래법 및 동 감독규정의 대폭적인 개정이 이루어져야 할 것으로 보인다.

또한, 한국은행은 2016년 1월'분산원장 기술과 디지털통화의 현황과 시사점'이라는 보고서를 발간한데 이어 분산장부 기술이 기존 금융거래 인프라에 근본적인 변화를 초래할 수 있는 신기술이라는 인식을 가지고 금융권, 학계 및 관련 기술을 보유하고 있는 산업계가 참여하는 워킹그룹을 금융정보화추진협의회 산하에 두는 방안을 추진하고 있다[1].

2. 대응 전략 및 고려사항

가. 개요

금융 서비스에서 분산장부 기술이 널리 이용하기 위해서는 산업차원의 수용과 분산장부 내에서 코드화되는 금융상품, 법적실체 및 금융계약을 위한 표준의 도입 등이 중요하다. 특히, 분산장부의 신뢰 범위(trust boundaries)에 대한 거버넌스와 규제 체계가 중요하다. 분산장부는 자산에 대한 불변의 디지털 기록과 분산 네트워크에 있는 다른 당사자들 간에 자산가치 공유를 위한 트랜잭션 전송을 제공 할 수 있다. 자산 자체가 물리적 형태이거나 장부에 직접적으로 완전하게 저장되지 않으면, 자산은 보호받으며 복수의 연결이 끊긴 공유 장부에 입력되지 않는다는 것을 보장하여야 한다. 관련 표준, 운영규칙 그리고 신뢰 범위를 관리하는 중요한 역할은 상업적 이해로부터 독립되어야 한다.

금융회사는 블록체인의 도입여부를 고민하기에 앞서 다소 과대 포장된 선전으로부터 벗어나 실체를 정확히 파악해야 하고 몇 가지 관점에서 블록체인 기술이 금융회사와 금융회사 고객을 위해 어떻게 기여할 수 있는지에 대한 객관적 평가가 있어야 할 것이다. 〈표5〉는 블록체인 기술을 평가기준의 예이다.

〈표5〉 블록체인 기술의 평가기준

구분	주요 내용
표준 (Standards)	분산장부의 이용이 업계의 데이터 포맷 및 계약 규칙 표준화를 강화할 수 있는가?
효율성 (Efficiencies)	분산장부가 수작업, 데이터 교환, 데이터 포맷 변환 그리고 다른 시스템들과의 조정을 제거할 수 있는가?
빠른 처리 (Faster Processes)	분산장부가 거래를 완결시키는 과정에서 처리시간과 단일 실패점 (single point of failure)[14] 등 리스크를 줄이는 플랫폼을 제공할 수 있는가?
투명성 (Transparency)	분산장부에 의해 제공된 투명성이 기술을 이용하는 비즈니스를 이롭게 하는가?
보안 (Security)	분산장부의 인증 메카니즘과 암호화가 해당 비즈니스의 프로세스와 데이터 전반적 보안 수준을 향상시키는가?

나. 대응전략

금융회사가 블록체인과 분산장부 기술을 시장에서 차별화된 경쟁력을 강화시키는 방법으로 바라본다면 다양한 업무에서 신속한 추진이 가능할 수 있다. 그러나 이 기술은 너무 새롭고 입증되지 않은 부분이 많기 때문에 기반이 되기까지는 상당한 시간이 필요할 것이다. 그러므로 현 시점에서 최선의 투자는 전략적 가능성을 가지고 신중하게 새로운 접근을 허용하고, 시행하기 전에 관련된 비용에 대해 충분히 이해할 수 있도록 하는 것이라고 생각된다. 이 기술의 가능성을 좀 더 잘 이해하고 조직의 중요한 전략 관점에서 신기술을 전망해 보기 위해 핵심기술 관련 워킹 구룹 운영을 생각해 볼 수 있다. 블록체인 전략가이드에 따르면 워킹그룹의 활동은 다음의 네 단계로 나누어 단계적으로 진행할 수 있다[21].

첫 번째는 구체적 기회를 찾는 단계이다. 이 단계는 워킹그룹에게 미래의 효과적인 경로를 설계하는 역할을 부여하는 단계로서, 분산장부 기술이 차별화된 효과를 나타낼 수 있는 잠재적 파일럿 프로젝트 리스트를 모으는 과정이다. 후선업무, 지연발생, 고객 불만 영역 등 문제가 노출된 곳이 좋은 대상이 될 수 있다. 워킹그룹은 좋은 후보대상을 모으기 위해 조직 내외부의 다양한 이해관계자와 전문가를 포함시키거나 협의하여야 하며 조직의 차별화된 역량을 향상시킬 수 있는 출발점을 찾아내는 것이 좋다. 블록체인 프로젝트의

14) 제품이나 서비스의 구성요소중 일부 정상적으로 작동하지 않으면 전체 제품 또는 서비스를 중단시키는 부분을 의미한다

타당성은 비즈니스 모델, 기술적, 제도/규제, 운영 관점에서 순차적으로 판단해 보면 도움이 될 것이다. 비즈니스 모델 관점에서는 업무의 디지털 의존성, 중개자 존재여부, 이해관계자의 소요비용 부담 등 사업의 성공가능성, 레거시 기술의 의존성 등이 중요하다. 기술적 관점에선 현 시스템의 요구사항을 블록체인 기술이 감당할 수 있는지, 거래정보의 암호화 수준, 처리량, 지연시간 등이 중요하다. 제도/규제 관점에서는 준법 의무의 비중이 큰 업무가 더 적합할 수 있다. 운영측면에서 현존 시스템과 잘 통합되어 있지 않고 다른 시스템, 비즈니스에 영향을 받지 않는 사업에 우선적으로 도입하는 것이 좋다.

두 번째는 평가기준과 준비상태를 점검하는 단계이다. 선택한 개별 업무를 대상으로 분산장부 기술이 처리시간 또는 비용 단축, 투명성 제고 등 측면에서 어떻게 가시적 효과를 만들 수 있는지를 표현하는 명시적 가설을 개발해야 한다. 가설의 현실성 확보를 위해 기술의 고객 노출 정보, 제도 및 규제 환경, 그리고 사법적 관할권, 해당 산업의 경쟁구조, 변화 요구에 대한 조직 역량 등을 고려해야 한다. 이 단계 말미에는 시작점을 몇 개로 축소하되 각 시작점은 좋은 시험을 제공하기 위해 제한되고 충분히 구체적이어야 한다. 또한 각 시작점에 대해 프로토타입을 어떻게 개발할 것인가에 대해 명확한 아이디어가 있어야 한다.

세 번째는 프로토타입을 구현하는 단계이다. 프로토타입 작업을 위해 매개 변수를 조정하게 되며 테스트 및 평가 단계를 거쳐 개선이 이루어진다. 그 결과 블록체인 혁신을 이루는 새로운 방안을 발견할 수도 있다.

마지막으로 적용 업무범위를 적절하게 확대하는 단계이다. 프로토타입의 실험 결과가 블록체인에 대한 관심을 정당화할 수 있을 정도의 즉시적, 가시적 향상을 얻었다면 그 성과는 기술의 가능성과 진정한 변화를 구현하는데 드는 비용에 대해 사람들의 인식을 제고할 것이다. 이제 최초 프로토타입의 결과에 근거하여 장기 계획을 세우고 측정가능하고, 달성가능하며, 신뢰할 만한 방식으로 확대 적용 로드맵을 만들면 된다.

다. 고려사항

국가 간 송금 업무, 지급결제업무 또는 자산과 관련한 복잡한 스마트 계약을 구현하기 위한 목적 등으로 블록체인을 이용하기 위해서는 현실에 기반을 둔 프레임워크를 갖추는 것이 중요하다. Sapient Global Markets는 금융회사가 블록체인 기술을 성공적으로 활용하기 위해 고려할 사항으로 규제(Regulatory), 고객 이용사례(Customer Use Case), 기존 시스템과의 접목(Legacy System Integration), 파트너십, 그리고 핵심 인력 확보 방안 등을 들고 있다[22]. 간략히 소개하면 다음과 같다. 우선 블록체인이 기존 규제 체계와

어떻게 조화를 이룰 것인지 고려되어야 한다. 특히 법률과 규제 수준에 의해 실행가능한 시장의 범위가 제한될 수 있다. 가령, 참가 허가가 필요 없는 블록체인은 대부분의 규제 체계와 상충되거나 조직과 맞지 않을 수 있다. 다음으로 블록체인 기술에서 언급하고 있는 과장된 부분을 꿰뚫어 보고 이를 평가해야 하며 강력한 고객 이용사례를 만들어야 하며 기존 시스템과의 접목도 함께 고려하여야 한다. 대형 금융회사가 보유하고 있는 기존 시스템을 대체하는 것은 비용이 많이 들고 시간도 많이 소요되는 과정이지만 금융 현대화를 위해서는 중요한 과정이다. 블록체인 솔루션은 기존 시스템과 융합되어 함께 작동되고 그리고 변화의 로드맵과 통합될 필요가 있다. 마지막으로 블록체인은 다수의 시장 참여자로 구성되므로 이들 이해관계자에게 지속적으로 의지와 동기를 부여하는 것과 블록체인과 금융 서비스 두 분야 모두를 아우르는 인재는 제한되어 있으므로 내부의 적임자 혹은 외부 파트너십을 통해 핵심 인력을 어떻게 확보하느냐가 장기적으로 성공여부를 결정할 것이다.

Ⅴ. 맺으며

현재 많은 금융자산들이 온라인상에서 디지털 형태로 거래된다. 하지만 그 자산들은 중앙은행이나 결제기관이 현물을 가지고 보증을 하여 전자화된 자산이다. 만약 금융자산이 완전하게 디지털 형태로 존재하고 청산 및 결제의 완결성을 가지며 법적으로도 인정을 받게 되면 기존의 결제기관 또는 중개기관이 신용 제공자로서 역할을 할 필요가 없게 된다. 그 디지털 자산의 거래내역이 기록되는 원장시스템 자체가 보증인 것이다. 이미 증권의 무권화(dematerialization)를 이루어낸 호주의 증권거래소(ASX)는 시스템을 더 효율적으로 개선하기 위해 기술기업과 협력하여 블록체인 기반의 증권거래시스템을 개발 중이고, 아직 무권화가 안된 거래소들도 마찬가지로 블록체인 연구를 활발히 진행중이다. 우리나라도 전자증권법이 이미 통과되었기 때문에 한국거래소도 블록체인 적용을 검토하고 있는 것으로 보도된 바 있다.

블록체인 기술은 전세계 금융 거래의 효율성을 향상시키고 금융 네트워크를 변화시키며, 그리고 화폐의 회전속도를 증가시키고 레거시 뱅킹시스템의 효율성을 크게 향상시킬 수 있는 기술로서 그 잠재력을 인정받고 있다[23]. 한편, 국내 금융권의 블록체인 기술에 대한

15) 유가증권에 대한 권리를 나타내는 실물증권을 발행하지 않고 발행회사나 중앙 예탁기관의 계좌부, 곧 장부상에 존재하는 기록만으로 신주 발행, 증권 유통 등에 따르는 권리의 이전이 이루어지는 것을 말한다.

보편적 인식은 중개자가 필요없이 금융거래를 가능하게 하는 혁신적인 기술이지만 낮은 처리능력, 높은 거래비용, 긴 거래 확정시간 등 많은 기술적 한계를 가지고 있으므로 높은 수준의 대량 금융거래를 처리하는데 적합하지 않다는 것이었다. 최근에는 상기 기술적 한계들이 극복될 가능성을 보이면서 주요 금융회사들이 블록체인 기술을 적극 검토 · 수용하려는 다소 변화된 모습을 보이고 있다.

사실 아이디어로부터 시작해 실제로 사용되는 아키텍처 또는 제품을 만드는 것은 쉬운 일이 아니다. 더욱이 수십년간 지속되어온 금융시스템의 기반을 다시 쓴다는 것은 더더욱 어려운 일이다. 단순히 기술의 문제 뿐만 아니라 법률 및 사회적 문제까지 포함한다. 특히 금융업무는 거래의 신뢰성 확보가 무엇보다 중요한 가치이므로 혁신이라는 명분으로 신기술을 무조건 받아들일 순 없다.

그럼에도 분명한 것은 금융회사들은 현재의 금융 네트워크가 안전하고 편리하며 신뢰할 만하다는 것을 보장하기 위해 지속적 노력을 경주해야 하고, 또한 어떤 네트워크보다도 높은 부가가치와 혜택을 제공하기 위해 혁신을 계속할 필요가 있다. 블록체인 기술이 금융업무에 본격적으로 도입되기 위해선 기술 성숙도 향상, 규제체계 개편 등 해결되어야 할 과제들이 존재하지만 금융거래의 효율성 및 보안성을 크게 제고하는 방법을 제공한다는 점에서 금융권은 해당 기술을 활용하기 위한 진지한 고민이 필요한 시점이다.

정부와 금융당국은 분산장부 기술을 기반으로 하는 디지털통화 이용에 따른 투자자 피해, 자금세탁, 금융사기 등 부작용 최소화에 만전을 기해야 한다. 아울러 건설적이고 적절한 참여를 통해 아직 초기 단계인 블록체인을 포함한 기술의 발전이 주는 시사점을 분석하고 미래의 금융 및 지급결제 환경에 적합한 규제체계 마련 등에 관심을 가져야 할 것이다.

〈참 고 문 헌〉

[1] 김동섭, 분산원장 기술과 디지털통화의 현황 및 시사점, 한국은행 지급결제조사자료, 2016.

[2] 이동규, 비트코인의 현황 및 시사점, 한국은행 지급결제조사자료, 2013.

[3] 한국은행, 한국의 지급결제 제도, 2014.

[4] Euro Bank Association, Cryptotechnologies, a major IT innovation and catalyst for change, 2015.
〈https://www.abe-eba.eu/downloads/knowledge-and-research/EBA_20150511_EBA_Cryptotechnologies_a_major_IT_innovation_v1_0.pdf〉

[5] Committee on Payments and Market Infrastructures(CPMI), Digital currencies, Bank for Internal Settlements(BIS), 2015.
〈www.bis.org/cpmi/publ/d137.pdf〉

[6] D. S. Evans, Economic Aspects of Bitcoin and Other Decentralized Public-Ledger Currency Platforms, University of Chicago Coase-Sandor Institute for Law & Economics Research Paper 685, 2014.
〈http://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2349&context=law_and_economics〉

[7] Santander InnoVentures, Oliver Wyman and Anthemis Group, The Fintech 2.0 Paper: rebooting financial services. 2015.
〈http://santanderinnoventures.com/wp-content/uploads/2015/06/The-Fintech-2-0-Paper.pdf〉

[8] J. de Lange and C. Dickey, Outlook for Blockchain in Payments, 2016.
〈http://www.firstannapolis.com/articles/outlook-for-blockchain-in-payments〉

[9] A. M. Antonopoulos, Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies, O'Reilly Media, Inc. 2014.

[10] S. Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008.
〈https://bitcoin.org/bitcoin.pdf〉

[11] M. Swan, Blockchain: Blueprint for a New Economy, O'Reilly Media, 2015.

[12] J. Park, Bitcoin, Block Chains and the Expansion of Block Chains, 2016.
〈http://www.lgcnsblog.com/inside-it/bitcoin-block-chains-and-the-expansion-of-block-chains/〉

[13] T. Swanson, Consensus-as-a-service: a brief report on the emergence of permissioned, distributed ledger systems, 2015. 〈http://www.ofnumbers.com/wp-content/uploads/2015/04/Permissioned-distributed-ledgers.pdf〉

[14] Depository Trust & Clearing Corporation(DTCC), Embracing Disruption: Tapping The Potential Of Distributed Ledgers To Improve The Post-Trade Landscape, 2016. 〈http://www.dtcc.com/~/media/Files/PDFs/DTCC-Embracing-Disruption.pdf〉

[15] R. Ali, J. Barrdear, R. Clews and J. Southgate, Innovations in Payment Technologies and the Emergence of Digital Currencies, Bank of England, 2014. 〈http://www.bankofengland.co.uk/publications/Documents/quarterlybulletin/2014/qb14q3digitalcurrenciesbitcoin1.pdf〉

[16] G. Wang, Blockchain Players in Capital Markets: Where Are the Pioneers Headed?, 2015. 〈http://aitegroup.com/report/blockchain-players-capital-markets-where-are-pioneers-headed〉

[17] J. Van de Velde et al., Blockchain in Capital Markets, 2016.

[18] Long Future Foundation, Bitcoin mining on course to consume 30% of world's electricity, 2015. 〈http://longfuture.org/2015/05/bitcoin-mining-on-course-to-consume-60-of-worlds-electricity/〉

[19] P. Rapoport, P. Griffin, R. Leal and W. Sculley, The Ripple Protocol: A Deep Dive for Finance Professionals, 2014. 〈https://ripple.com/files/ripple_deep_dive_for_financial_professionals.pdf〉

[20] T. Swanson, Settlement Risks involving public blockchains, 2016. 〈http://tabbforum.com/opinions/settlement-risks-involving-public-blockchains?print_preview=true&single=true〉

[21] J. Plansky, T. O'Donnell and K. Richards, A Strategist's Guide to Blockchain, 2016. 〈http://www.strategy-business.com/article/A-Strategists- Guide-to-Blockchain?gko=0d586〉

[22] D. Donovan, Blockchain in Financial Services: The Hype and the Reality of the Adoption Cycle, 2016.
〈https://www.finextra.com/blogposting/12323/blockchain-in-financial-services-the-hype-and-the-reality-of-the-adoption-cycle〉

[23] Capgemini and The Royal Bank of Scotland, World Payment Report 2015, 2015.
〈http://www.abbl.lu/download/16635/world-payments-report-2015.pdf〉