

암호화폐의 트렌드 변화에 따른 환경오염 방지 해결방안에 대한 고찰

김정훈 (호서대학교 안전소방학부 부교수)¹⁾ 송세희 (호서대학교 대학원 안전공학과 석사과정)²⁾
고임환 (호서대학교 안전보건학과 학부생)³⁾ 남학현 (호서대학교 안전보건학과 학부생)
장재혁 (호서대학교 안전보건학과 학부생) 정회윤 (호서대학교 안전보건학과 학부생)
최혁재 (호서대학교 안전보건학과 학부생)

국문 요약

비트코인의 가격 급등으로부터 부각된 암호화폐는 기존 화폐와 달리 탈중앙화 되어 있어 스테그플레이션 해소 수단으로 각광받고 있다. 특히 4차 산업혁명시대에 접어들면서 블록체인 및 사물인터넷을 이용한 기술들이 다방면에서 활용되고 있으며 그 파급력 또한 광범위하다. 그럼에도 불구하고 테슬라 대표 일론 머스크의 발언처럼 암호화폐의 환경오염 문제 지적은 지속되어 왔으며, 그 중 대표적인 것이 화석연료 사용에 따른 채굴시의 막대한 전기 사용량이다. 또한 기존 채굴방식이 지속될 경우 발생하는 이산화탄소 발생량은 지구 기후 변화의 주원인인 온난화 현상의 가속화를 초래한다. 한편 암호화폐의 채굴에 따른 환경오염과의 연관성을 종합적으로 고찰한 연구는 제한적으로 수행되었다. 본 연구에서는 암호화폐의 생태계 다변화에 따라 환경오염의 문제를 구체적으로 살펴보고자 하였다. 기존 선행문헌을 최신 자료 위주로 조사한 결과 암호화폐의 채굴은 전기사용량 및 전자폐기물 증가에 따라 탄소 중립과는 상반된 환경오염에 영향을 미치고 있었다. 또한 채굴과정이 필요없는 POS 방식이 등장하였지만 탈중앙화가 무너지는 단점이 대두되어 각종 친환경 암호화폐가 등장하는 전환점을 맞이하게 되었다. 끝으로 신재생 에너지를 이용한 암호화폐의 등장은 에너지 저장장치의 이용 극대화, 그리고 국제적 협약이 탄생하는 계기로 작용하게 되었다. 이와 같은 결과를 기초로 향후의 암호화폐는 통화의 가치 뿐만 아니라 환경친화적인 접근이 병행되지 않고서는 퇴보하게 될 것이라는 점을 명확히 언급하고자 한다.

■ 중심어: 암호화폐, 비트코인, 친환경, 채굴, 블록체인, 환경영향성, 환경오염

I. 서론

비트코인(Bitcoin)은 블록체인(Block Chain)(김형욱 등, 2019 ; 정병규, 2019) 기반으로 소규모 분산 단위로

1)제1저자 및 교신저자: 호서대학교 안전소방학부 부교수, kjh0789@hoseo.edu

2)공동저자: 호서대학교 대학원 안전공학과 석사과정, selly3645@naver.com

3)공동저자: 호서대학교 안전보건학과 학부생, vvxxz6682@naver.com

호서대학교 안전보건학과 학부생, southcrane1121@naver.com

호서대학교 안전보건학과 학부생, kevin_ul@naver.com

호서대학교 안전보건학과 학부생, gmn04160@naver.com

호서대학교 안전보건학과 학부생, plainapple@naver.com

4)본 연구는 환경부 “화학물질 안전관리 전문인력 양성사업”의 지원을 받아 수행하였으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

· 투고일: 2022-02-11 · 수정일: 2022-03-02 · 게재확정일: 2022-03-15

자을 운영되기 때문에 기존 화폐와는 달리 탈중앙화 되어 있고, 수량이 한정되어 스테그플레이션 해소 수단으로 많은 기관을 포함한 투자자들에게 주목받고 있다(김열매, 2017). 그러나 탈중앙화, 신속성, 높은 휴대성 등의 장점에도 불구하고 암호화폐 채굴로 인한 환경오염이 걸림돌로 작용하고 있다. 2021년 5월, 테슬라 대표 일론 머스크는 “암호화폐의 미래가 유망하다고 믿지만 환경에 대가를 치르게 할 수는 없다.”는 발언과 함께 암호화폐의 환경오염 문제를 강조한 바 있다(정운섭, 2021). 환경오염을 유발하는 요소에는 화석연료를 사용하는 암호화폐 채굴 시의 전기 사용량이 대표적이다.

글로벌투자은행(IB)의 분석에 따르면, 캠브리지비트코인 전기 소비인덱스(University of Cambridge's bitcoin electricity consumption index: CBECI)에서 현재 비트코인 채굴에 쓰이는 전기 소비량은 연간 130테라와트시(TWh)로 추정되며, 이는 전세계 전기 소비량의 0.6%에 달한다. 이 수치는 국가별로 노르웨이(124.12TWh), 네덜란드(110.68TWh)를 상회하는 값이며 그리스(53.64TWh)보다 두 배 이상 많다(성연진, 2021). 또한 라우치 연구원이 개발한 온라인 툴에 따르면, 비트코인의 연간 전력 소비량은 이제 아르헨티나(121TWh), 네덜란드(108.8TWh), 아랍에미리트(113.20TWh)를 넘어 노르웨이(122.20TWh)의 소비량에 근접하고 있다(크리스티나 크리들, 2021). 그리고 2019년 독일의 뮌헨공과대학(TUM)이 발표한 논문에 따라 채굴 시에 사용되는 전력을 이산화탄소 배출량으로 환산하면, 연간 비트코인 채굴 시 발생하는 이산화탄소의 양은 약 2,200~2,290만톤으로 일반 승용차 한 대가 연간 방출하는 이산화탄소가 4.7톤인 것을 감안하였을 때, 약 480만대 정도의 자동차가 배출하는 이산화탄소와 동일한 수준의 양이다(김카니, 2019). 기존 비트코인 채굴방식이 계속 진행될수록 발생하는 이산화탄소량은 증가하게 되고, 이는 지구 기후 변화의 주원인인 온난화 현상의 가속화를 초래한다. 따라서 2016년 대부분의 국가들이 가입한 국제협약인 파리기후변화협정에 따라 지구 온난화 방지를 위해 자체적으로 탄소 배출량 억제정책을 실행해야 한다. 이런 사회적 흐름에 따라 전 세계는 ‘탄소중립’을 중심으로 한 ESG(환경-사회적 책임-지배구조의 책임) 경제체제로 전환되는 실정에 있다(한민지, 2021).

본 연구는 이와 같은 경제체제 전환의 핵심에 놓여 있는 환경문제를 다양한 관점에서 접근하던 중 암호화폐가 갖고 있는 ‘득과 실’이라는 측면을 연결시키고자 착안하게 되었다. 다시 말해 각종 언론보도를 통해 암호화폐와 환경문제가 ‘실’이라는 측면에서 부각되어 왔고 이것이 암호화폐의 파급력 억제와 관련되어 있다는 점을 파악하게 되었다. 최근 암호화폐가 전세계적으로 주목받고 있는 반면, 기존 선행연구는 초기 암호화폐의 환경오염에 대해서만 초점을 맞춘 것으로 기초적인 수준의 한계점을 나타내었다. 4차 산업혁명시대에 직면하면서 블록체인 및 사물인터넷을 활용한 기술들이 기업 등 다방면에서 활용되고 있는 반면, 암호화폐가 아직까지 실생활과 밀접하게 통용되지 못하는 이유로는 변동성이 크고 불확실한 화폐로서의 기능과 함께 환경오염 문제가 대두되어 왔기 때문이다. 다시 말해 4차 산업혁명의 4대 윤리 중 하나인 환경영향성이 해소되지 못했기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 암호화폐의 생태계가 변화, 발전함에 따라 야기될 수 있는 환경오염의 심각성을 정확히 진단하고 대안의 기술변화를 고찰함으로써 환경영향성에 대한 중요성을 강조하고자 한다.

II. 본론

2.1 암호화폐와 전자화폐

2.1.1 암호화폐의 정의

암호화폐는 암호 기술을 이용하여 만든 전자화폐의 일종으로 네트워크로 연결된 인터넷 공간에서 암호화된 데이터 형태로 사용되는 화폐를 의미하며, 법정 화폐 기관에서 발행하지 않고 중앙은행의 통제를 받지 않는 탈중앙화 형태의 화폐이다(박용주, 2018). 주로 결제 수단으로 사용되기보다는 자산의 안전한 보관을 위해 사용되는 경우가 많아 암호자산(Crypto Asset) 이라고 부르기도 한다. 탈중앙화로 인해 신뢰성과 보안을 책임지는 중개기관이 존재하지 않는 암호화폐가 자산을 안전하게 보관하는 용도로 사용되는 이유는 암호화폐가 블록체인

기술을 이용하여 정보를 저장하고 전송하기 때문이다. 블록체인 기술이란 거래내역과 같은 데이터를 블록으로 묶고 체인 형식으로 연결한 뒤 다수의 사람들이 복사하여 분산 저장하는 알고리즘으로 블록체인에 참여한 다수의 이용자들이 감시자로서 데이터의 변질과 위조를 방지함으로써 신뢰성과 보안 수준을 높이는 방식이다(조현승 등, 2019).

2.1.2 암호화폐와 전자화폐의 차이점

2018년 비트코인 투자 열풍이 불면서 암호화폐라는 용어가 널리 알려지게 되었다. 암호화폐는 실물이 없는 컴퓨터상 정보형태로 존재하는 전자화폐의 일종이다(장세형, 2021). 중앙은행이 발행하는 일반 화폐와는 달리 처음 고안해 낸 사람이나 기관의 규칙에 따라 그 가격 또는 가치가 달라지게 된다. 중앙은행에 의한 중앙화가 되어있지 않고, 블록체인 기술을 활용하여 유통되므로 국가가 가치를 보장하지 않는다. 암호화폐의 수는 기하급수적으로 증가하고 있으며 크게 플랫폼 코인, 유틸리티 토큰, 거래용 코인으로 구분된다. 대표적인 플랫폼 코인에는 이더리움(ETH), 유틸리티 토큰에는 유니스왑(UNI), 거래용 코인에는 비트코인(BTC)이 있다. 비트코인과 같은 암호화폐는 정부가 규제 및 관리를 하지 않고 암호화폐의 근본이나 기반이 확실치 않은 암호화폐 즉, 스텀코인 또한 존재하기 때문에 주의가 필요하다. 이와 대비적으로 전자화폐는 IC카드 혹은 인터넷에 현금을 전자적으로 저장한 화폐를 말한다. 사이버머니(Cyber Money)로 불리기도 하며 네이버페이, 카카오페이, 티머니, 지역화폐 등이 있다. 전자화폐는 현금을 기반으로 발행됨으로써 국가와 기업 및 기관, 그리고 개인으로 유통되는 것이 특징이다. 기업 및 기관의 신용도에 따라 전자화폐의 가치가 변동될 수 있으나 전자화폐의 근원에는 현금이 존재하고, 기업 및 기관에 대해 정부규제 등이 존재함으로써 전자화폐=현금가치 라는 관계가 성립될 수 있다.

2.1.3 일반화폐와 암호화폐의 차이점

오늘날 화폐의 기본요건은 교환의 매개수단이 되는가, 가치 저장의 수단으로 적합한가, 가치 척도의 단위가 되는가 등을 법적으로 엄격하게 관리하는 것이 신뢰의 핵심이다(장세형, 2021 ; 사이페딘 아모스/위대선 역, 2018). 일반 화폐는 실물인 동전 또는 지폐 형태로 발행하는 화폐이며 중앙은행이 주체가 되어 발행규모와 거래기록 등을 주관한다. 암호화폐는 발행주체인 민간업체가 발행규모를 사전에 결정하여 전자상으로 발행한다. 또한 일반 화폐는 액면가가 고정된 반면, 암호화폐는 교환가치가 시장의 수요와 공급에 의해 결정되며, 거래기록은 장부식으로 블록체인을 통하여 기록된다. CBDC(Central Bank Digital Currency)는 중앙은행의 블록체인 기반 디지털화폐이다(커넥팅랩, 2021). 현재 현금없이도 결제가 이루어지는 형태가 민간금융기관이 현금 보관과 지급 역할을 대행하여 가능한 것이라면 CBDC의 경우 금융기관의 역할을 개인이 할 수 있게 된다. <그림 1>은 현금과 CBDC, 암호화폐의 상관관계를 비교하여 나타낸 것이다.

	 현금	 CBDC	 암호화폐
발행기관		중앙은행	민간
발행규모		중앙은행 재량	미리 결정됨
교환가치		액면 고정	수요공급에 의해 결정
화폐단위		법정화폐 단위	독자 단위
제반 기술	인쇄	블록체인+독자 개발 기술	블록체인

<그림 1> 현금, CBDC, 암호화폐의 차이 (출처: SK증권)

2.1.4 가상자산

가상자산은 초기 암호화폐 또는 가상화폐 등으로 명명되었으나 점차 각국 정부나 국제기구에서 통일된 용어로 사용되었다(이준호 등, 2021). 실물이 없는 정보 형태로 사이버상으로만 거래되는 자산의 일종으로서 중앙은행이 발행하는 일반 화폐와는 달리 처음 고안한 사람이 정한 규칙과 시장의 수요와 공급에 따라 가치가 책정된다. 우리 정부도 2020년 3월부터 개정된 특정금융정보법이 통과되면서 제도권 내로 편입되어 '경제적 가치를 지닌 것으로서 전자적으로 거래 또는 이전될 수 있는 전자적 증표'를 '가상자산'으로 명시하였다. 해외에서도 대표적인 가상자산인 비트코인이 처음 등장할 당시 '디지털 화폐' 또는 '가상화폐' 등으로 불렸다. 또한 암호화 기술을 사용하는 화폐라는 의미로 '암호화폐'로 불렸으며, 국내에서는 '가상통화'라는 용어가 사용되었다. 2019년 주요 선진 20개국은 정상회의 선언문에서 암호화페를 '가상자산', '암호자산' 이라고 표현했으며, 블록체인 기술을 기반으로 유통되기 때문에 정부에 의한 가치보장이나 지급은 없다고 선언한 바 있다(커넥팅랩, 2021). 특히 블록체인 기술을 활용하는 분산형 시스템 방식으로 처리되는 특징이 있는데, 여기서 분산형 시스템에 참여하는 사람을 채굴자(Miner)라고 한다. 이러한 채굴자들은 블록체인 처리의 보상으로 코인 형태의 수수료를 받는다. 가상자산은 이러한 구조로 유지되기 때문에 자산 발행에 따른 생산비용이 전혀 들지 않는다. 또한 보관 비용이 들지 않고, 하드월렛(HardWallet)을 제외한 도난·분실의 우려가 없기 때문에 가치저장 수단으로의 기능도 뛰어난 장점을 가지고 있다. 그러나 거래 비밀성의 악용 가능성과 이로 인한 과세의 어려움이 발생하여 탈세수단이 될 수 있다. 한편, 국제회계기준위원회(IASB) 산하 국제회계기준(IFRS) 해석위원회는 2019년 6월부터 영국에서 회의를 열어 가상자산을 화폐나 금융자산으로 분류할 수 없다는 결론을 내린 바 있다(박상돈, 2019).

2.2 화폐채굴과 환경

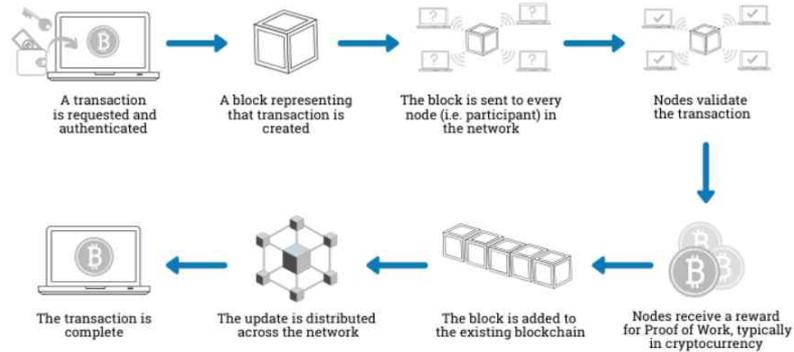
2.2.1 POW와 POS

암호화폐의 대표격인 비트코인 등의 코인을 얻기 위한 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫번째로는 주식시장에 사고파는 개념과 같이 코인 거래소에서 이미 채굴된 코인을 가지고 있는 사람에게 시세에 맞는 금액을 지불하고 코인을 획득하는 방식이다. 두번째로는 코인의 보안성에 필요한 네트워크 유지를 도와줄 수 있는 특정한 행위를 한다면 코인 자체 시스템의 보상으로 일정한 양의 코인을 작업자에게 지급하는 방식이다. 이에 해당하는 방식은 POW와 POS로 나눌 수 있다. POW와 POS방식은 블록체인 기술을 기반으로 한 것이지만 블록체인 기술을 어떻게 운영하는지에 대한 방법은 다르며 보상의 지급방식 또한 다르다.

2.2.1.1 POW

POW(Proof of Work)란 작업 증명이란 뜻이며 말 그대로 작업을 한만큼 보상이 주어진다라는 개념이다(이병욱, 2019). 코인의 보안성을 유지하게 해주는 블록체인 기술의 네트워크는 해커가 네트워크에 공격하여도 블록에 담겨있는 트랜잭션(Transaction)의 손상이나 조작을 하지 못하도록 한다. 해커가 공격을 하여 트랜잭션의 내역을 변경하려 하더라도 각자 가지고 있는 코인에 기록된 복제되어 있는 트랜잭션이 존재하기 때문에 트랜잭션에 거짓의 DB(Data Base)를 올리거나 변경할 수 없다. 그 이유는 DB가 거짓인지 진실인지 판별하여 블록을 생성하고 체인에 연결하는 작업을 하고 있기 때문으로 이 작업을 POW라고 한다. 사람들은 POW의 작업을 돕는 사람들을 채굴자라고 부르고, 채굴자들은 블록체인 네트워크에 안정화를 돕는 '인정받은 행위'를 하는 대신에 일정한 보상을 코인으로부터 지급받는다. POW에서의 인정받은 행위는 코인에서 주어진 연산의 암호를 채굴자가 컴퓨터 프로그램을 이용하여 푸는 것이다. 코인에서 연산 문제를 출제하는 이유는 사용자 간에 코인 거래가 일어날 때 그 거래의 내역이 코인의 블록에 기록되어야 하는데, 이 거래가 정상적인 거래인지 혹은 해커에 의한 이전 거래에 사용된 복제된 코인인지를 판별하기 위하여 이 기록들을 해쉬 연산 문제로 출제하는 것이다.

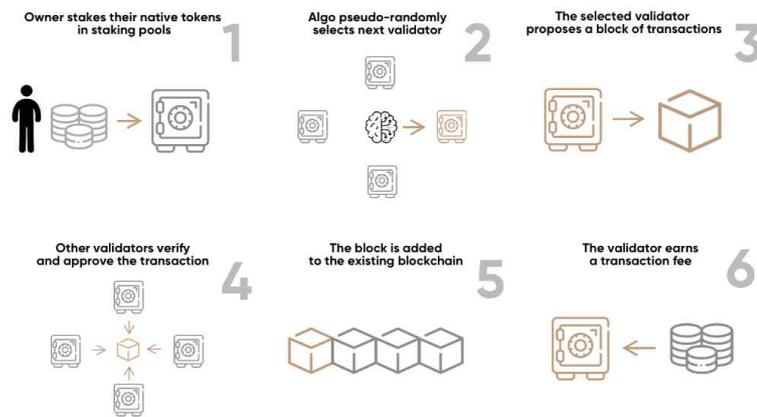
현재 POW 방식을 적용하는 코인들은 대표적으로 비트코인과 이더리움이 있다. <그림 2>는 POW의 작동 체계를 나타낸 것이다.



<그림 2> Proof-of-Work operating system (출처: Euromoney Learning)

2.2.1.2 POS

POS(Proof of Stake)란 지분 증명이란 뜻이며 지분을 가진만큼 증명한다는 뜻이다(이병욱, 2019). 여기서 ‘증명한다’ 라는 것은 자신이 가진 코인을 거래소에 더욱 많이 스테이킹(Staking) 할수록 그 지분에 대해 코인으로부터 인정을 받아 네트워크를 관리할 수 있는 자격을 받는 것이다(애플망고, 2021). 거래소 지갑에 많이 스테이킹 한다는 것은 그만큼 개인이 자신의 돈을 많이 투자한다는 것이다. 코인에서 이러한 방식의 운영이 이루어질 수 있다고 주장하는 이유는 코인을 많이 투자한 사람이 네트워크 운영에 도움이 될 수 있는 트랜잭션의 정리와 블록생성의 권한을 갖게 된다면, 그 권한을 가진 사람은 자신의 코인 가치를 떨어뜨리지 않으려 트랜잭션의 정리와 블록생성의 일 처리를 그 누구보다 정확하게 정리할 것이라는 주장이다. 이 권한을 가지고 일어난 사람은 보상을 받는데, 보상에 대한 기준은 자신이 참여한 코인 지갑에 스테이킹한 퍼센트에 비례한다. POS 방식을 적용하는 대표적 코인으로는 퀀텀, 네오, 오브스 등이 있으며, <그림 3>은 POS의 작동 체계를 나타낸 것이다.



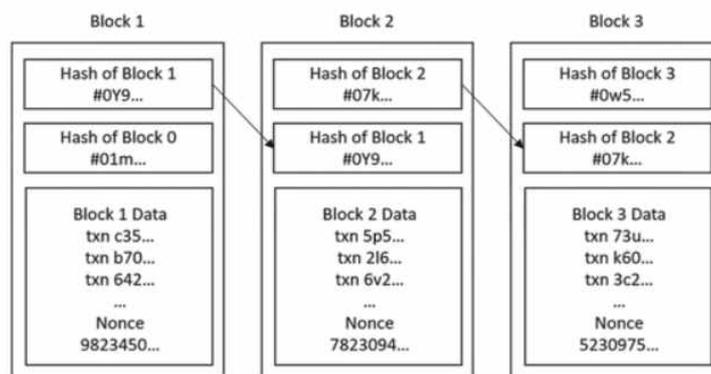
<그림 3> Proof-of-Stake operating system (출처: Capital.com)

2.2.2 채굴시 발생하는 문제

2.2.2.1 POW 채굴 보상 시스템

POW 방식의 코인은 채굴자가 연산 문제를 해독함으로써 거래 내역이라고 할 수 있는 트랜잭션을 정리하여

그 대가로 보상을 받지만 보상 지급 방식에도 문제가 있다. 그 이유는 약 10분 마다 생성되는 연산 문제(이병욱, 2019)를 채굴자들끼리 하나의 문제를 풀기 위하여 경쟁을 하는 과정에 있다. 출제된 연산 문제에 대한 보상 시스템은 여러 명의 채굴자가 참여하였더라도 가장 문제에 근접한 1인에게 보상으로 코인을 준다는 것인데, 여기서 한 문제에 대한 보상을 받는 1인을 제외한 나머지 채굴자들의 전력은 모두 무의미해진다. 그리고 POW에서 출제된 연산 문제를 채굴자들이 해독하는데 성공시마다 다음 연산 문제가 어렵게 출제되도록 설계되어 있다. <그림 4>와 같이 블록 생성에 따른 메커니즘을 이해한다면 다음 블록이 생성함에 따라 출제되는 연산문제의 난도 상승에 대해서도 이해할 수 있다(김준상, 2019). 비트코인의 최초 거래를 한 거래의 내역이 Block 1에 담겨 있다. 그리고 두번째 거래가 실행될 때 Block 2에서는 두번째 거래의 내역만 담기는 것이 아닌 이전 Block 1의 내역이 함께 추가된다. 마찬가지로 Block 3에서 세번째 거래에 따른 내역과 함께 Block 2의 내역이 함께 추가된다. 이와 같이 Block에서는 이전 블록에 내역들이 정리된 블록의 해시(Hash of Block) 값이 다음 블록에도 포함되어 있다. 거래가 많아 질수록 그 다음 블록이 생성될 때의 해시 값은 조금 더 복잡해질 수밖에 없다. 복잡해진 문제만큼 채굴하려는 채굴장비의 성능은 높아질 것이기 때문에 채굴장비의 성능에 따라 전력사용이 조금씩 높아진다. 따라서 높아진 전력을 사용하고 보상을 받는 1인의 채굴자가 아닌 나머지 채굴자들은 높아진 전력을 사용하고도 보상을 받을 수 없어 전력 낭비가 조금씩 증가하고, 이것이 보상 시스템 문제로 작용한다.



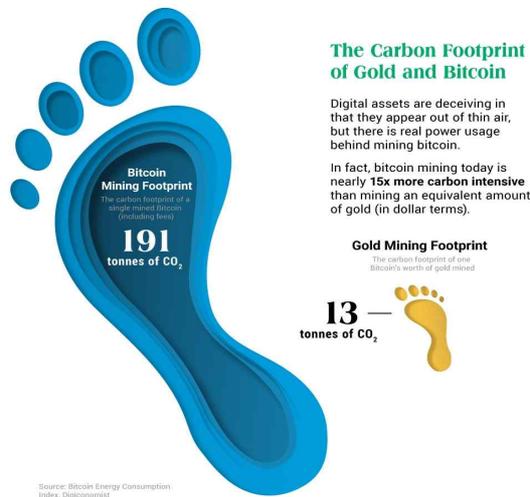
<그림 4> Bitcoin block structure (출처: Wiley Online Library)

2.2.2.2 POW 채굴 시 발생하는 전력소비

POW 방식의 채굴 보상을 받기 위한 경쟁에서 가장 우위의 방법은 연산 암호를 더 빠르게 풀 수 있는 좋은 컴퓨터 장비를 갖추는 것이다. 대표적으로 컴퓨터에 사용되는 그래픽카드인 CPU(Central Processing Unit) 혹은 GPU(Graphics Processing Unit), 코인 채굴에 별도 사용되는 전용 채굴기인 ASIC(Application-specific Integrated Circuit)도 등장하였다. 비트코인이 등장한 2009년 당시에는 일반 가정용 PC에 장착된 CPU만으로도 채굴이 가능(심재현, 2017) 하였지만 블록체인에 대한 기술력 가치를 인정받기 시작하자 블록을 채굴하는 전문 채굴자들이 급증하기 시작하였다. 이로 인해 기존 CPU 만으로 채굴이 가능하였던 것이 현재는 GPU 정도를 사용해야 채굴이 가능하고, 자본이 더 우수한 채굴장은 채굴 전용 ASIC 채굴기를 사용하는 등 고사양 채굴 장비에 대한 수요가 증가하고 있다. 현재 일반 채굴자들이 가장 많이 사용하는 것이 GPU이며 GPU 시장에서 가장 큰 제조업체는 NVIDIA와 AMD로 요약할 수 있다.

한편 영국 케임브리지 대학 연구진이 개발한 ‘케임브리지 비트코인 전력소비 지표(CBECI)’에 따르면 대표적인 암호화폐인 비트코인 채굴에 사용되는 전력은 연간 130TWh이다. 수치 상으로는 전체의 0.6%도 미치지 않는 수치이지만 소비량만을 비교한다면 연간 110.68TWh를 사용하는 네덜란드와 연간 124.12TWh를 사용하는 노르웨이와 근접한 수준의 양이다. 환경오염 문제로 대두되는 부분이 바로 이것이며 전기의 사용량이 증가할수

록 그에 따른 발전소의 가동율은 증가하게 된다. 발전소의 에너지 생산량은 여전히 재생에너지로 생산한 에너지량보다 화석연료의 에너지 생산량이 더 높기 때문에 화석연료의 사용량이 높은 비중을 차지한다. 또한 발전소의 가동율이 증가한다는 것은 그에 따른 이산화탄소 배출량도 증가하여 탄소발자국이 증가하게 되는 것을 의미한다. 비트코인 네트워크는 거래를 하게 되면 트랜잭션을 검증하기 위해 막대한 양의 에너지를 사용하게 된다. 다른 수치와 비교하여 보았을 때, 대략적으로 1,312번의 번개가 치거나 1,240,476마일을 운전하여 비트코인 1개를 채굴하는데 필요한 에너지를 생산해야 한다. Digiconomist에 따르면(21년 10월), 단일 비트코인 거래가 평균적으로 897.30KgCO₂의 탄소발자국을 남기며, 이는 1,988,718개의 VISA 트랜잭션이 사용되는 양과 149,549시간의 YouTube 시청시간에 소모되는 탄소발자국과 동일한 양이다(박설민, 2021). 독립 연구원 Max Krause와 Thabet Tolaymat에 따르면, 실질적으로 유형적인 가치가 있는 금과 비교해 보았을 때 1달러의 비트코인을 생성하는 데 17MJ만큼의 컴퓨터 전력이 필요한데 반해, 1달러의 금을 생성하는 데는 5MJ만큼의 에너지만 필요하다(Visual Capitalist, 2021). <그림 5>와 같이 채굴된 비트코인 하나의 탄소 발자국은 191톤의 이산화탄소에 해당하는 반면, 금으로 동등한 가치를 채굴하려면 13톤의 이산화탄소만 필요하다. 결국 비트코인 채굴은 동등한 양의 금을 채굴하는 것보다 약 15배 더 많은 탄소 소비가 필요하다는 결론에 도달한다.



<그림 5> 비트코인과 금의 탄소발자국 비교 (출처: Bitcoin Energy Consumption Index, Digiconomist)

2.2.3 전자폐기물 및 반감기가 미치는 영향

2.2.3.1 전자폐기물

경제학자들에 따르면 2020년 비트코인 네트워크가 1억 1,250만 건의 거래를 처리했으며, 하나의 개별 거래당 최소 272g의 전자 폐기물이 생성되는 것과 동일한 수치라고 한다. 이것은 아이폰12 mini 2개의 무게와 동일하다(Hern, 2021). UN의 Global E-waste Monitor 2020(Barker, 2020)에 따르면 2019년에 전 세계적으로 5,360만 톤의 전자 폐기물이 생성되었으며, 이는 5년밖에 되지 않는 시간동안 21%나 증가한 수치다. 이에 따르면 2030년까지는 7,400만 톤에 이르는 전자 폐기물이 쏟아져 나올 것으로 예상하고 있다. 전자 폐기물이 증가한 이유로는 전자 장비의 소비율 증가, 짧은 수명 주기로 인한 것으로 금, 은, 구리, 백금 등과 같은 고부가 가치가 있는 회수 가능한 재료의 17.4%만 회수 및 재활용되어 낭비되고 있다. 또한 수은과 같이 인체의 뇌와 신경 조정 시스템에 손상을 야기하는 독성 첨가제 또는 유해 물질을 함유하고 있어 인간의 건강 및 환경적으로 치명적인 위험을 내포하고 있다. 건강과 환경에 위협을 가하는 물질로 납, 크롬화합물, 카드뮴 화합물, 수은 등이 폐기처리 과정에서 유출되고 있다. 특히 납이 가장 치명적으로 체내에 축적되어 오랜 시간이 경과 후 독성이 발현되기 때문에 특히 위험하고, 인체 뿐만이 아닌 중금속으로 인한 토양오염과 같이 환경적으로도 치명적

이다. 또한 분해없이 제품을 태우거나 그대로 매립하여 공기 중으로 독성물질이 방출되고 바다로도 유해물질이 방출된다. 전자폐기물이 발생한 국가에서 전자폐기물을 처리하는데 있어 규제가 없거나 취약한 개발도상국에 전자폐기물을 수출하는데도 문제점이 발생한다.



<그림 6> Global E-waste generated by year (출처: UN Global E-waste Monitor 2020)

2.2.3.2 반감기

반감기의 본래 의미는 ‘어떠한 물질의 양이 초기값의 절반이 되는데 걸리는 시간’으로 정의한다. 이는 코인에서도 동일하며 정확하게는 코인을 얻을 수 있는 채굴량의 보상이 절반으로 줄어드는 시기를 뜻한다. 비트코인의 창시자 사토시 나카모토(Satoshi, 2018)는 인플레이션(Inflation)을 방지하기 위해 총 코인의 수량을 2,100만개까지만 채굴할 수 있도록 설계하였다. 여기서 추가로 코인의 시스템 자체에서 채굴자들이 채굴에 성공할 시 보상으로 지급되는 코인의 보상을 4년 주기로 발생하는 반감기를 맞이할 때마다 기본 보상의 절반만 지급된다. 이것은 개발자가 정한 특정 순서의 Block이 생성될 때 자동으로 절반으로 감소되게 설정되어 있으며, <표 1>과 같이 주기가 4년으로 들어맞는다는 것은 개발자가 4년 주기의 반감기를 의도한 것이라 볼 수 있다.

<표 1> Bitcoin halvings (출처: Seeker Jim)

Halving Number	Date of Halving	Block Reward
Launch of Bitcoin	2009	50
1 st Halving	2012	25
2 nd Halving	2016	12.5
3 rd Halving	2020	6.25
4 th Halving	Expected in 2024	3.125
5 th Halving	Expected in 2028	1.5625
6 th Halving	Expected in 2032	0.78125
⋮	⋮	⋮
11 th Halving	Expected in 2048	0.048828125

2.2.4 암호화폐와 환경과의 연결관계

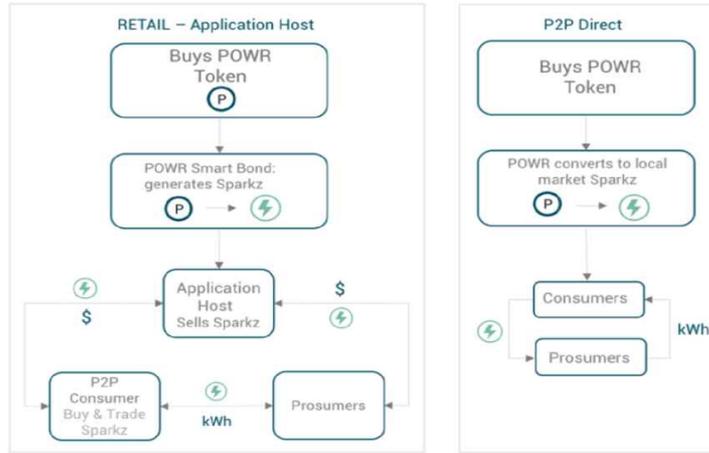
암호화폐의 채굴에 있어서 환경과 연결을 지었을 때 가장 주목해야할 점은 에너지의 소비출처이다. 에너지의 총 소비량이 감소하였다 하더라도 그 에너지의 출처가 전부 재생이 불가능한 화석연료 에너지였다면, 총 소비량이 획기적으로 줄어들지 않는 이상 환경 친화적인 방식으로 보기에는 다소 무리가 있다. 따라서 암호화폐 시장은 점점 친환경적인 방향으로 눈을 돌리고 있다. 전력의 소비를 줄이는 방식부터 친환경 에너지를 사용하는 방식 등 다양한 방법으로 환경에 있어 덜 유해한 방향을 채택하고 있다. 전력의 소비를 해결하는 방법 중 하나로 Emersion Cooling(액침냉각)을 들 수 있다. 액침냉각(3M Science ; Patrizio, 2022)이란 IT 하드웨어 기기를 비전도성 액체에 직접 담구어 열 설계를 향상시키는 방식이다. 유체를 사용하는 수냉 방식에 비하여 유리한 방식으로, 서버의 발열에 의하여 내부 액체가 증발하여도 뚜껑에서 다시 냉각되어 액체로 변환되고 그것이 다시 순환형태를 갖는 폐쇄 루프 냉각 시스템을 가지고 있다. 그리고 액체를 사용하게 되면 산화작용에 의한 부품 손상이 적어 고장날 확률이 더 낮을 것으로 기대된다. 또한 공냉 방식과 비교하여도 전력소비가 5~15% 감소하는 효과가 있다. 이러한 액침냉각 방식은 에너지 절감면, 또는 장비 고장면에서도 유리하기 때문에 친환경적인 방식이라 할 수 있다. 실제로 이 기술은 막대한 전력을 사용하는 데이터 센터에도 적합한 방식의 기술이기도 하다. 또 한가지의 해결 방법은 암호화폐에 대한 보안성의 획기적 개선이다. 2016년 보안 분야에서 세계 최고의 학회로 손꼽히는 ACM CCS(Conference on Computer and Communications Security)의 “On the Instability of Bitcoin Without the Block Reward” 논문에서 트랜잭션 처리에 따른 채굴보상 방식이 모두 채굴된 이후에 ‘사용자 간 거래 수수료에 따른 보상으로 바뀌게 될 경우 안전성 자체는 떨어지게 된다’고 제시한 바 있다(Carlsten et al., 2016). 다시 말해 코인의 개발자가 프로그램에 전혀 개입하지 않는 수준의 보완성이 확보되어야 채굴에 따른 환경문제가 원천적으로 해결될 수 있다. 이것은 사토시 나카모토의 비트코인 백서에서도 동일하게 언급된 바 있다.

2.3 친환경을 위한 암호화폐

2.3.1 친환경 코인

2.3.1.1 파워렛저

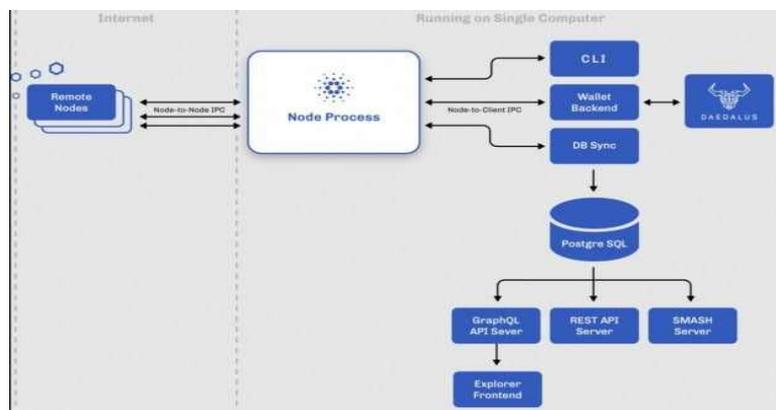
파워렛저(Power Ledger)는 블록체인의 에너지 산업을 위한 암호화폐다(손채현, 2021). 신재생 에너지 사용을 유도하며 개인과 개인의 에너지 거래를 활성화할 수 있는 P2P 에너지 거래 시스템을 포함한 블록체인 기반으로 투명성과 안전성의 메커니즘을 활용하여 광범위한 네트워크를 소비자에게 제공함으로써 전 세계 에너지 시장이 원활하게 상호작용할 수 있도록 한다. 친환경적이고 실용적인 전력 공급원은 태양에너지이지만 아직도 공기업에서 독점으로 전력을 공급하고 가격결정권을 차지하고 있는 시장의 문제점을 해결하고자 소비자들을 위한 새로운 시장구조를 만들기 위해 개발된 친환경 암호화폐이다. 파워렛저의 핵심 가치 중 하나는 지속가능성으로 작업증명(POW) 알고리즘에 의해 소비되는 에너지를 최소화하는 목표를 갖고 있다. 파워렛저에는 POWR 토큰과 스파크즈(Sparkz) 토큰이 존재한다. POWR토큰은 파워렛저 생태계의 연료를 공급하는 이더리움 기반 토큰으로 액세스 허용 토큰의 역할을 해주며 프로그램 소유자와 소비자 간의 거래를 가능하게 해주는 인증서의 개념을 가진다. 스파크즈 토큰은 파워렛저 플랫폼에서 실질적인 거래에 사용되는 토큰으로 (POWR → 스파크즈) 토큰의 변환이 가능하다. 일반적인 계층에는 이더리움 블록체인을 사용하고, 에코시스템은 타사 코인과의 교환을 연결시키는 역할을 한다. 일반적 계층과 타사교환은 독립적으로 작동하므로 POWR 토큰에 사용할 수 있는 최신 보안 및 분산 기능을 제공한다. 파워렛저의 기능에는 P2P 거래를 활용함으로써 수수료 없이 소비자가 더 합리적인 가격에 전력을 이용할 수 있는 거래 플랫폼을 형성할 수 있고, 태양광 패널과 같이 에너지를 생산하고 VVP(가상발전소)를 이용하여 잉여에너지를 판매하는 거래가 가능하다. 파워렛저는 재생가능 에너지 인증서 및 탄소 배출권 등의 환경 상품의 거래가 가능하며 안전하고 투명한다는 장점과 함께 시장이 활성화될수록 친환경적인 전력을 이용할 수 있다.



<그림 7> Application Host가 개입된 거래 / P2P Direct 거래의 도식화 (출처: Medium.com)

2.3.1.2 에이다

에이다(ADA)는 차세대 블록체인 플랫폼인 카르다노(Cardano) 기반의 암호화폐로서, 카르다노는 암호화를 통해 안전성이 보장되며 빠르고 직접적인 전송시스템으로 디지털 화폐를 주고받는 데 사용할 수 있는 에이다 암호화폐를 위한 블록체인 플랫폼이다(손채현, 2021). 즉, 카르다노는 블록체인 플랫폼이고, 에이다는 그 플랫폼 위에서 작동하는 암호화폐이다. 가상자산은 채굴 및 보상을 활용한 비트코인이 1세대, 블록체인에 스마트 컨트랙트를 더한 이더리움이 2세대라고 불린다. 스마트 컨트랙트란 당사자가 미리 프로그래밍에 전자 계약서를 넣어두고, 조건충족 시 자동으로 계약이 진행되는 시스템이다. 이후 이들의 단점을 보완한 카르다노 블록체인은 미래 지향적인 3세대의 대표주자로 불린다. 카르다노는 탈중앙화에만 매진하는 다른 플랫폼과 달리 스마트 계약상에서 개인, 기업, 정부 등의 의도에 따른 중앙화도 가능한 플랫폼으로 보다 균형 있고 지속 가능한 생태계를 제공하려는 목표를 가지고 있다. 카르다노는 우로보로스(Ouroboros)라는 새로운 POS 알고리즘의 블록체인 기술을 이용한다. 우로보로스는 무한을 상징하며 해커들의 조작으로 인해 공격받는 그라인딩 공격(Grinding Attack)을 랜덤 변수 생성 프로토콜인 코인 토싱(Coin Tossing) 프로토콜을 사용하여 이에 대처하며 더욱 안전성이 보장되는 알고리즘을 형성한다. 즉, 우로보로스 POS는 기존 POS 방식의 장점을 유지한 채, 지분 독점을 막을 수 있는 수단이다. 또한, 해시 코드를 사용할 필요가 없기 때문에 에너지 소비가 많은 POW 방식의 채굴 기능을 제거하여 친환경을 중시하는 더 많은 사용자를 유인하며 글로벌 인프라를 갖춰 안정성과 확장성이 뛰어난 특징이 있다.



<그림 8> 카르다노 시스템 구성 (출처: hankyung economy, 2021.08)

2.3.1.3 치아코인

치아코인(XCH)은 CPU를 사용하여 채굴하기 때문에 전력 소모 문제가 심각하고 전자폐기물, 탄소배출 등 환경오염에 문제를 일으키는 비트코인의 문제점을 보완한 친환경적 암호화폐로 주목받고 있다. POW 원칙을 사용하는 대신 치아는 검증할 수 있는 지연 기능으로 공간 증명을 번갈아가며, ‘광산’이 아닌 ‘농장’ 블록체인을 제안하고, 치아 코인의 저장공간과 시간 증명인 POST(Proof of Space and Time)는 비트코인과 이더리움의 채굴에 사용되는 POW를 대신할 수 있는 새로운 알고리즘이 된다.



<그림 9> 치아 코인 (출처: Usa.inquirer)

POST 시공간 증명이란 공간 증명과 시간 증명으로 구분할 수 있다. 공간 증명은 치아 발굴을 위해 하드디스크의 미사용 공간을 따로 확보해 두고 있다는 것을 증명하는 방식이고, 시간 증명이란 블록들 사이를 지나는데 필요한 시간을 말한다. 이때 검증 가능한 지연함수(VDF)를 통해 시간 증명을 구현한다. VDF의 본질적 특성으로 순차적인 컴퓨팅이 필요하다는 단점이 있지만 치아 코인의 시간 증명 구현은 검증 속도가 빠르므로 다수의 병렬 기기를 실행해도 비트코인에 비해 대량의 잠재적 전력 낭비를 최소화할 수 있다(장세형, 2021). 친환경 코인의 대표주자인 치아 코인은 POST 알고리즘을 사용하며 남은 하드디스크 공간을 활용함으로써 전력 낭비를 방지하고, 투명성을 높이고 규제를 수용하며 Chia Network를 상장시켰다. 또한 프로그램이 가능한 디지털 화폐로 은행, 정부, 탈중앙화 거래소(DeFi), 해외송금 등에서 사용 가능한 금융 기술을 구축하고 현금, 주식, 선물, 디지털 화폐 등의 장벽을 하나로 연결하여 예측 가능한 방식과 신뢰를 바탕으로 시장 이용 가능성을 확대한다(고석용, 2021).

2.3.2 채굴사례

2.3.2.1 지열에너지를 활용한 채굴방법

2021년 9월 중앙아메리카에 있는 엘살바도르에서 세계 최초로 비트코인을 법정 화폐로 사용하기 시작했다. 이러한 환경오염 문제의 대안으로 엘살바도르의 대통령은 잠재되어있는 수백 메가와트의 미개발 지열을 이용하여 재생에너지를 통한 비트코인 채굴을 내놓았다. 탄소 배출제로의 채굴을 진행하게 하기 위해 지열 발전소인 LaGeoSV 회사에서 채굴설비 방안을 만드는 등의 노력을 하고 있다. 대통령은 트위터를 통해 지열정에서 수증기가 솟구치는 영상을 올리면서 “우리의 기술자들이 방금 95MW의 100% 청정, 탄소배출 제로인 화산 지열 에너지를 제공하는 새 지열정을 팠다고 알려왔다”라고 전하며, 100% 재생에너지로 비트코인을 채굴할 가능성을 시사한 바 있다(Bukele, 2021).

2.3.2.2 원자력발전소를 활용한 채굴방법

원자력 에너지가 미래 탄소 중립에 가장 적합한 에너지라는 사실에도 불구하고 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고의 영향으로 안전성에 대한 문제로 미래 재생에너지 목록에서 빠져 탈원전 시대를 준비하는 원전 업계는 어려움을 겪고 있다. 반면 암호화폐 채굴업체는 채굴 장비를 24시간 가동하는 전력이 핵심인데 이로 인한 에너지 생산에 화석연료가 쓰여 환경오염의 원인이므로 채굴규제를 받고 있다. 이는 ‘제로 탄소’ 사업 구축의 핵심

이 될 수 있는 협력관계로 서로의 이익을 가져올 수 있는 상생 전략으로 보인다. 실제로 2021년 9월 26일 비트코인 채굴업체 테라 울프는 원자력 발전소를 운영하는 탈렌 에너지와 합작투자하여 미국 펜실베이니아주 윈전 옆에 경기장 4배 크기의 채굴 시설을 추진하였다(정혜인, 2021).

III. 결 론

본 논문은 암호화폐의 채굴에 따른 환경오염과의 연관성을 통해 암호화폐의 생태계가 발전함에 따라 환경 오염을 막기 위한 해결책을 제시하고자 다음과 같은 결론을 도출하였다.

3.1 암호화폐 채굴이 환경오염에 미치는 영향

암호화폐 시총 1위 비트코인은 기존 화폐와는 달리 탈중앙화를 이루며 한정된 수량으로 스테그플레이션 해소 수단으로 부각되어 투자자들에게 강한 인상을 주며 등장하였다. 지난 5월 테슬라 CEO 일론 머스크의 비트코인 결제 지원 철회 발언과 함께 채굴에 대한 환경오염이 중요 문제로 대두되었다. 실제 POW 방식의 비트코인 채굴의 연간 소비전력량은 113.27TWh로 네덜란드와 아랍에미리트의 연간 전기사용량과 비슷하다는 연구 결과가 있다. 전기사용량의 증가는 채굴 발전소 가동률의 증가가 되고, 화석연료의 사용으로 이산화탄소의 배출량이 증가한다. 또한 반감기를 통해 채굴 경쟁이 심해지고 채굴 후에도 전자폐기물의 증가로 인해 환경오염에 영향을 미치고 있다. 암호화폐의 채굴은 세계 기업들이 '탄소 중립'을 내용으로 탄소 배출량 감소를 통한 환경경영인 ESG 경영이념을 내세우는 방향과 상반된 흐름이다.

3.2 채굴방식 변화 등 친환경적 암호화폐의 등장

심한 전력 소모로 인해 환경오염에 영향을 끼치는 POW 방식 채굴의 단점을 보완하고자 채굴과정이 필요 없는 POS 방식이 등장하였지만, 암호화폐의 지분율에 따라 탈중앙화가 무너지며 조직에 집중된 중앙화가 발생할 수 있다는 단점이 출현하였다. 따라서 기존 암호화폐의 장점은 그대로 유지하면서 친환경 코인을 만들기 위한 노력의 성과로 친환경 암호화폐가 등장하기 시작하였다. 태양열 같은 재생에너지를 이용한 파워렛저, 우로보로스는 새로운 알고리즘을 통해 POS 방식의 단점을 극복한 예이다. 또한 채굴의 개념을 농장의 개념으로 전환하고 POST 방식으로 POW 방식을 대체하여 친환경적 암호화폐인 치아 코인이 등장하였다.

3.3 친환경 암호화폐의 미래

암호화폐 채굴에 따른 전력 낭비를 방지하고자 신재생 에너지를 이용하여 암호화폐가 기후변화에 주는 악영향을 줄이고자 하였다. 전기를 생산하고 이를 분배하는 산업은 바로 소비할 수 없는 점에 비효율적 한계가 있다. 남은 에너지를 오래 보관하거나 생산된 전기의 장거리 송전기술이 부족할 경우 버려지곤 하기 때문에 이를 방지하기 위해 에너지 저장장치(ESS)를 이용한다. 남은 전기를 암호화폐 채굴에 사용한다면 그에 따른 수익으로 전기료를 낮추거나 다른 효율적인 에너지에 재투자 하는 것처럼 남아서 버려지는 에너지의 가치를 변환해 보관하는 용도로 활용할 수 있다. 또한 암호화폐의 채굴과정에서 발생하는 탄소로 인한 기후변화 악영향을 끼치는 것에 대응하기 위한 국제적 협약이 탄생하였다(김우경, 2021). 파리 기후 협약에서 영감을 받은 에너지 및 테크 환경단체인 에너지웹재단(Energy Web Foundation), 혁신규제연대(Alliance for Innovative Regulation) 및 록키마운틴연구소(Rocky Mountain Institute)의 주도로 '암호화폐 기후 협약(Crypto Climate Accord)'이 체결되었다(김우경, 2021). 환경에 대한 보존가치의 중요성이 대두됨에 따라 '그린 비트코인 프리미엄'이라는

단어가 등장하여 비용 부담을 감수하더라도 기업과 대중들은 친환경적 암호화폐를 선호하고 있다. 더 이상 암호화폐를 통화의 가치로만 인식하지 말고 환경친화적 측면에서 바라봐야 할 시간이 다가오고 있다. 암호화폐는 현 시점에도 기술의 발전을 거듭하고 있고 다양한 양상으로 변화되고 있다. 학술적 기준인 논문과 서적 등에 의한 정보 제공보다 언론 보도나 화폐의 생산자 및 소비자에 의한 정보 공유가 지배적이고 막대한 영향력을 갖고 있다. 또한 G20 국가별 반응과 입장 표명의 변화 등과 연관되어 본 연구에서 도출된 세가지 결론 이외에도 환경문제를 해결하기 위한 여러 방안들이 파생될 수 있다. 따라서 국내외 트렌드 변화에 따른 주기적인 모니터링과 기존 예측하지 못했던 사항들에 관하여 지속적인 재검토가 수행되어야 할 것이다. 이에 대한 실제적 한계 점을 인식하여 가상의 공간에서도 화폐로서의 본연의 기능과 보안성 강화를 통해 존재 가치에 대한 정립과 환경문제 해결의 중요성을 제언드리고자 한다.

REFERENCE

- 고석용, 유효송(2021), “‘비트코인’ 비켜 한국은행이 만든 진짜 ‘디지털화폐’ 나온다,” *머니투데이*, 4월 28일.
- 김열매(2017), “블록체인(Blockchain)과 디지털 경제,” *유진투자증권*, 11월 16일.
- 김우경(2021), “암호화폐 기후변화 대응 위한 국제협약 탄생,” *Impact On*, 4월 14일.
- 김준상(2019), “A Survey of Cryptocurrencies based on Blockchain,” *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 24(2), 67-74.
- 김카니(2019), “암호화폐 채굴 및 거래과정...환경파괴 문제 심각,” *TVCC News*, 6월 28일.
- 김형욱, 김상진, 김태진, 유형근(2019), “DID를 사용한 인증서 암호 복구,” *벤처혁신연구*, 2(2), 21-29.
- 데이터 센터를 위한 이머전 쿨링(액침냉각), 2021. 12. 24, 3M Science.
- 박상돈(2019), “가상통화는 화폐금융상품 아니다...첫 국제 회계기준,” *연합뉴스*, 9월 23일.
- 박설민(2021), “‘환경오염 논란’에 비트코인 ‘휘청’...해결책 없을까,” *시사위크*, 5월 25일.
- 박용주(2018), “가상화폐? 암호화폐? 가상통화?...명칭도 혼선,” *연합뉴스*, 1월 9일.
- 사이페딘 아모스, 위대선 역(2018), *달리는 왜 비트코인을 싫어하는가*, 터닝포인트, 경기.
- 성연진(2021), “BoA ‘비트코인 채굴이 환경파괴’...전세계 전기소비의 0.6%,” *헤럴드경제*, 3월 23일.
- 손채현(2021), “파워렛저 코인 21% 상승하며 강세.. 어떤 코인가길래?,” *금강일보*, 12월 2일.
- 심재현(2017), “가상화폐, 채굴 실제 수익은 얼마나 될까,” *머니투데이*, 10월 25일.
- 애플망고, 2021. 10. 17, <http://blog.naver.com/hdbmk/222540003015>.
- 이병욱(2019), *블록체인 해설서*, 에이콘출판(주), 서울.
- 이준호, 표철민, 전명산, 정수호, 한대훈, 한중섭(2021), *블록체인 기반 혁신금융 생태계 연구보고서*, 과학기술정보통신부, 한국인터넷진흥원.
- 장세형(2021), *비트코인.블록체인 바이블*, 위키북스, 경기.
- 정병규(2019), “3D 프린팅 : 새로운 산업혁명인가?,” *벤처혁신연구*, 2(1), 1-11.
- 정윤섭(2021), “머스크, ‘비트코인 결제중단’ 폭탄선언...가상화폐 급락,” *연합뉴스*, 5월 13일.
- 정혜인(2021), “‘비트코인 채굴업체’와 ‘원자력 업체’가 손잡는 이유는?,” *머니투데이*, 9월 27일.
- 조현승, 김상훈, 김승민(2019), *블록체인 산업 현황과 활용 확산을 위한 정책 방향*, 산업연구원.
- 커넥팅랩(2021), *블록체인 트렌드 2022-2023*, 비즈니스북스, 서울.
- 크리스티나 크리들(2021), “비트코인: 전기 사용량 아르헨티나의 연간 사용량보다 많다,” *BBC News*, 2월 11일.
- 한민지(2021), “ESG체제에 따른 유럽연합의 대응과 동향-기후위기 대응과 지속가능한 사회로의 전환을 중심으로,” *법과 기업 연구*, 11(2), 3-36.

- Barker, K.(2020), "UN Global E-Waste Monitor 2020 Predicts Electronic Waste Volume to Reach 74 Million Tonnes by 2030," *Recycling Product News*, August 05.
- Bukele, N., 2021. 06. 09, <https://twitter.com/nayibbukele/status/1402680890057166858>.
- Carlsten, M., H. Kalodner, A. Narayanan, and S. Matthew Weinberg(2016), "On the Instability of Bitcoin Without the Block Reward," *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 154-167.
- Comparing the Carbon Footprint of Gold and Bitcoin*, 2021. 06. 28., Visual Capitalist.
- Hern, A.(2021), "Waste from One Bitcoin Transaction 'like binning two iPhones'," *The Guardian*, 2021. 09. 17.
- Patrizio, A.(2022), "인텔, 스타트업 GRC와 손잡고 액침 냉각 '정조준'," *Network World*, 1월 20일.
- Satoshi, N.(2018), "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," *2018 Annual National Seminar*, 1-9.

A Review on Solution Plans for Preventing Environmental Contamination as the Trend Changes of Cryptocurrency

Kim, Jeong-hun¹⁾

Song, Sae-hee²⁾

Ko, Lim-hwan³⁾

Nam, Hak-hyun

Jang, Jae-hyuck

Jung, Hoi-yun

Choi, Hyuck-jae

Abstract

Cryptocurrency, stood out the sharp cost rising of Bitcoin has been spotlighted by means of the solution for stagflation because it is decentralized with an existing currency differently. Especially getting into 4th industrial revolution, technologies using block chain and internet of things have been used in the many fields, and the power of influence is also widespread. Nevertheless like a remark of Elon Musk of Tesla CEO, the problems of environmental contamination for cryptocurrency have been pointed out continuously and the most representative of them is an enormous electric usage as the use of fossil fuels. Also the amount generated of carbon dioxide result in the acceleration of global warming mainly based on the climate changes of earth if the existing mining method is continued. On the other hand, review researches have been conducted restrictively as the connection with environmental contamination as the mining of cryptocurrency. In this study, it intended to review problems for environmental contamination as the diversification of ecological system of cryptocurrency concretely. Upon investigation existing prior documents on the putting recent data first, the mining of cryptocurrency has affected on the environmental contamination conflicting with carbon neutrality as increasement of the electric usage and electronic wastes. And POS method without the mining process appeared, but it had a demerit collapsing a decentralization and then we met turning point on appearing various environmental-friendly cryptocurrency. Finally the appearance of cryptocurrency using new renewable energy acted on the opportunity of the usage maximization of energy storage apparatus and the birth of national government intervention. Based on these results, we mention clearly that hereafter cryptocurrency will regress if not go abreast the value of currency as well as environmental approach.

Keyword: Cryptocurrency, Bitcoin, Environmental-friendly, Mining, Block chain, Environmental effects, Environmental contamination

1)Author, Associate professor of Hoseo University, kjh0789@hoseo.edu

2)Co-author, Master's course student of Hoseo University, selly3645@hoseo.edu

3)Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, vvxxz6682@naver.com

Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, southcrane1121@naver.com

Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, kevin_ul@naver.com

Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, gmn04160@naver.com

Co-author, Undergraduate student of Hoseo University, plainapple@naver.com

저 자 소 개

- 김 정 훈(Kim, Jeong-hun)
- 호서대학교 안전소방학부(안전보건트랙) 부교수, 공학 박사, 기술거래사
<관심분야> : 위험물질화학, 신소재, 감식안전, 재난안전, 기능성 나노겔, 환경영향 평가

공 동 저 자 소 개

- 송 세 희(Song, Sae-hee)
- 호서대학교 대학원 안전공학과 석사과정
- (주)피노 주임
<관심분야> : 소화약제, 화재진압장비, 화공안전, 환경영향 평가

공 동 저 자 소 개

- 고 임 환(Ko, Lim-hwan)
- 호서대학교 안전보건학과 학부생(4학년)
<관심분야> : 안전보건

공 동 저 자 소 개

- 남 학 현(Nam, Hak-hyun)
- 호서대학교 안전보건학과 학부생(4학년)
<관심분야> : 안전보건

공 동 저 자 소 개

- 장 재 혁(Jang, Jae-hyuck)
- 호서대학교 안전보건학과 학부생(4학년)
<관심분야> : 안전보건

공 동 저 자 소 개

- 정 희 운(Jung, Hoi-yun)
- 호서대학교 안전보건학과 학부생(4학년)
<관심분야> : 안전보건

공 동 저 자 소 개

- 최 혁 재(Choi, Hyuck-jae)
- 호서대학교 안전보건학과 학부생(4학년)
<관심분야> : 안전보건