

#1

# 탄소중립을 위한 디지털 전환 현황과 이슈

글. 최세술 ETRI 책임연구원

### 기후위기와 탄소중립

최근 폭염, 폭우, 홍수, 산불 등 전 지구적으로 전례 없이 빈번히 발생하고 있는 기상이변의 주범으로 이산화탄소(CO2) 등 온실가스(GHG, green house gas)가 지목되고 있다. 2023년 세계경제포럼(WEF) 발표<sup>[1]</sup>에 따르면, 향후 10년 내 가장 큰 인류의 위험 중 기후변화 완화(mitigation) 실패, 기후변화 적응(adaptation) 실패, 자연재해와 극단적 기상현상 등이 나란히 1~3위로 선정될 만큼 기후 위기는 막연한 미래의 문제가 아닌 현재의 심각한 문제로 인식해야 한다.

기후 위기가 심화되면서 ‘탄소 순 배출량 0을 달성’하는 탄소중립을 위한 전 세계적 노력과 연대도 가속화되고 있다. 지난

’21년 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 세계 153개국은 지구 온도 상승 폭을 1.5°C 이내로 억제하고자 하는 글래스고 기후협약에 합의하였고, ’22년 현재 기준으로 133개국이 탄소중립을 선언하였으며, 14개국이 법제화를 마쳤다. 우리나라 역시 ’20년에 ‘대한민국 2050 탄소중립 전략’을 선언한 이후, ‘2050 탄소중립 표준화 전략’(’21), ‘국가 탄소중립·녹색성장 기본계획(안)’(’23) 등 탄소중립 달성을 위한 다양한 정책을 발표하고 있다.

### 탄소중립 달성을 위한 디지털 기술 활용

오늘날 이산화탄소를 포집하여 저장하는 탄소포집저장

**표 1.** 지구의 기온이 오를 때마다 예상되는 환경 변화

구분	+1°C	+2°C	비고
수자원	4억~17억 명 물 부족	10억~20억 명 물 부족	지역에 따라 홍수, 가뭄이 극명하게 갈림
생태계	양서류 멸종 산호 백화 현상	생물종 중 20~30% 멸종위기	생물종 사이 상호연계체계 무너져 생태계 가속화
자원	1,000만 ~ 3,000만 명 기근 위협		저위도 국가 수확량 크게 감소
해안	홍수, 폭우 위험 증가	300만 명 홍수 위험 노출	
건강	알레르기, 전염성 질병 유행	영양부족, 과다출혈 심장병 증가 홍수, 가뭄에 따른 사망자 증가	오존 농도 짙어져 호흡기 질환, 피부질환 전염병 증가

(KISTEP(2021), 2020년도 예비타당성조사 보고서, 신기후체제 대응 환경기술개발사업)

(CCS) 기술이나, 생물학적 분해를 통해 탄소를 제거하고 바이오 연료를 생산하는 바이오 에너지기술 등 근본적인 탄소중립 해결 실마리를 제공할 수 있는 혁신 기술들이 본격적으로 개발되고 있지만, 기술적 난제와 경제성 부족으로 아직까지 이렇다 할 성과를 내지 못하는 실정이다.

반면, 최근 비약적인 발전을 거듭하고 있는 AI를 비롯한 디지털 기술을 통한 탄소배출 저감과 에너지효율 증대는 기후 위기에 대응하는 현실적 방안으로 대두되고 있다. 보스턴컨설팅그룹(BCG) 조사에 따르면, 전 세계 공공 및 민간 부문 리더 중 87%는 AI가 기후 변화 대응에 유용한 도구라고 인식하고 있다<sup>[2]</sup>. 또한, 컨설팅 전문기업 캡제미니는 향후 3~5년 이내 AI 활용을 통해 탄소 배출량 16%를 줄이고, 전력효율을 15% 개선할 수 있다고 전망하였으며<sup>[3]</sup>, 독일 정보통신산업협회(Bitkom)는 디지털 기술 활용으로 2030년까지 독일 탄소배출 감축 목표의 최대 50% 이상을 달성할 것으로 분석하였다<sup>[4]</sup>. 이러한 배경을 바탕으로 본 고에서는 탄소중립의 실질적 대안으로 부상한 디지털 전환의 영역별 활용 내용과 사례를 간략히 살펴보고 이슈에 대해 논의한다.

### 탄소배출 저감

탄소배출 저감은 디지털 기술이 가장 큰 기여를 할 수 있는 실질적인 분야이다. 방대한 데이터 학습과 분석을 통한 에너지 소비효율 향상, 재생에너지 생산예측, 공정 최적화, 폐기물 선별 최적화 등을 통해 탄소배출의 저감을 기대할 수 있다.

온도와 습도, 사용자 데이터 등을 학습하여 건물 전체의 냉난방을 효율적으로 제어하는 빌딩 냉난방 최적화 솔루션은 가장 대표적인 사례이다. 덴마크의 빌딩 공조 전문기업 댄포스(danfoss)의 설명에 따르면, 이러한 스마트 시스템을 통해 빌딩 에너지소비량 10~20%, 냉난비 관리비 30% 정도를 감축할 수 있으며, 자사의 시스템을 EU 전 가정으로 확대할 경우, EU의 2030년 탄소배출 감축 목표의 약 14%를 감당할 수 있다고 한다<sup>[5]</sup>.

또한, AI는 재생에너지 생산량 예측의 획기적 향상에도 기여한다. 기후 영향을 많이 받는 재생에너지 발전은 그간 예측이 쉽지 않았는데, AI 기술로 예측 신뢰성이 높아지면, 그만큼 화석연료 발전량을 줄일 수 있어 궁극적으로 탄소 배출량 감축에 기여할 수 있다. 비영리 단체 open climate fix의 나우캐스팅(nowcasting)기술은 구름의 위성 사진, 강우 예보, 지리 정보



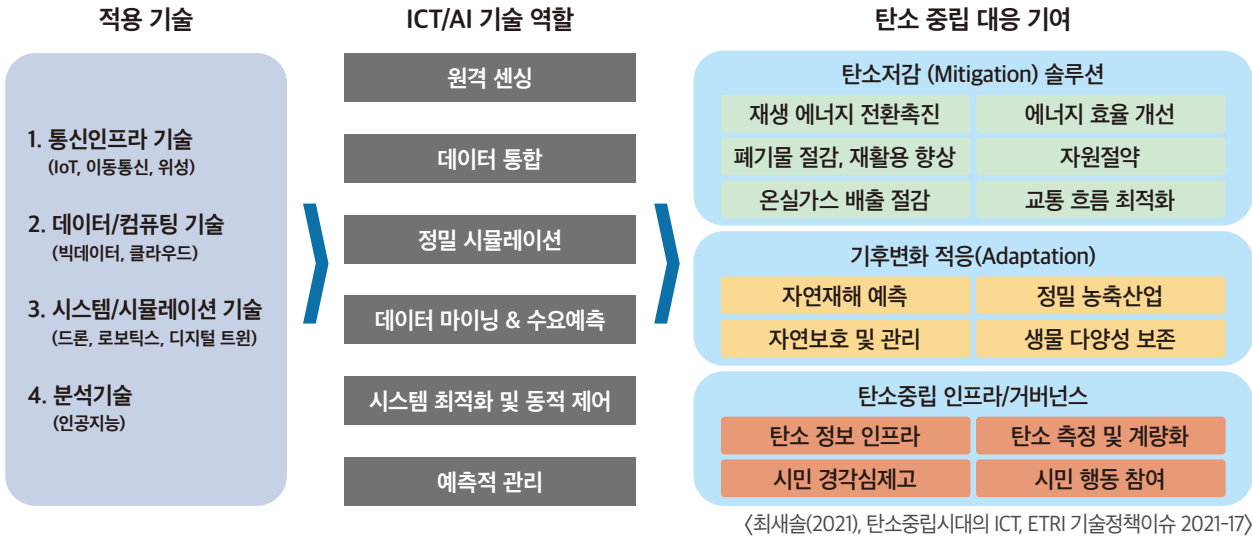
등을 학습하여 구름의 분포와 움직임을 예측하는데, 이를 이용한 영국 프로젝트에서 태양광 에너지 생산 전력량을 기존보다 2.8배 정확하게 예측할 수 있었고, 이는 영국에서만 연간 최대 100,000톤까지 온실가스 배출을 줄일 수 있는 잠재력이 있다고 밝히고 있다<sup>[6]</sup>.

이뿐만 아니라, 디지털 기술은 식품 재고관리 효율을 향상시키는 데에도 활약하고 있다. 이스라엘 스타트업인 웨이스틀리스(wastless)는 AI와 빅데이터 분석을 활용하여 매장 선반에서 부패하기 쉬운 신선 제품의 가격을 동적으로 책정하는 솔루션을 개발하였다. 회사는 향후 80% 수준의 음식쓰레기 감소를 전망한다<sup>[7]</sup>.

### 기후변화 적응

적극적인 탄소중립 활동이 진행되더라도, 지구의 기온 상승에 따른 자연환경 변화, 자연재해 증가 등은 앞으로 일정 부분 피할 수 없는 문제이며, 디지털 기술은 기후환경 변화에 대응하기 위한 생물 다양성 보존, 환경 모니터링, 저탄소 스마트 농업 등에 기여하고 있다. 예를 들어, 유럽우주국의 AI4EO(AI for Earth Observation) 프로그램<sup>[8]</sup>은 광범위한 위성 사진 및 지구 환경 데이터를 통해, 미세먼지(PM2.5) 모델링을 개발함으로써 지구 환경 변화에 대한 이해를 돕고 있다. 또한, 마이크로소프트의 'AI for Earth' 프로그램은 멸종위기 종의 이동패턴을 알아내고 보호 서식지를 파악하는 AI와 클라우드에 투자한다<sup>[9]</sup>. 그 밖에도 디지털 기술을 이용한 하천의 비정상적인 수위 변화, 오폐수 발생, 하천 수질저하 상황 등에 대한 예측과 조기 경보 솔루션이 국내외에 빠르게 도입되고 있으며, 기후변화에 대응

그림 1. 탄소중립 전환을 위한 디지털 기술역할과 기여 유형



한 농업 생산성 개선과 비용 절감을 목표로 하는 스마트팜 기술도 대표적 기후변화 적응사례에 해당한다고 볼 수 있다.

### 탄소중립 인프라/거버넌스

또한, 디지털 기술은 탄소중립 관리/평가를 위한 인프라로, 이해관계자(기업, 정부, 시민) 간 신뢰와 참여를 유도하는 역할도 수행한다. 현재의 탄소배출 측정은 산정식에 따른 계측 방식으로 실측치와의 괴리가 큰 한계가 존재하는데, 탄소중립 시대에 디지털 기술 분야에 요구되는 가장 큰 역할 중 하나는 과학적 탄소배출 측정·예측·검증과 같은 탄소중립 인프라 기능이 될 것으로 보인다. 예를 들어, 드론, 위성 및 항공기 기술을 사용하여 산업 현장의 온실가스를 원격 측정하거나, 머신러닝, 위성 영상, 라이더(LIDAR) 기술을 결합해 열대 산림이 흡수할 수 있는 탄소량을 예측하는 서비스 사례가 속속 등장하고 있으며<sup>[10]</sup>, 이러한 기후테크 산업은 높은 투자 성장세가 전망되기도 한다<sup>[11]</sup>. 탄소중립 인프라 기술은 탄소중립 시대의 국가정책 실행력을 높이고 경제·사회 주체의 혼란 없는 참여 유도과 대응력을 향상시킬 수 있다는 점에서 의미가 있다.

### 탄소중립 시대의 디지털 전환 이슈

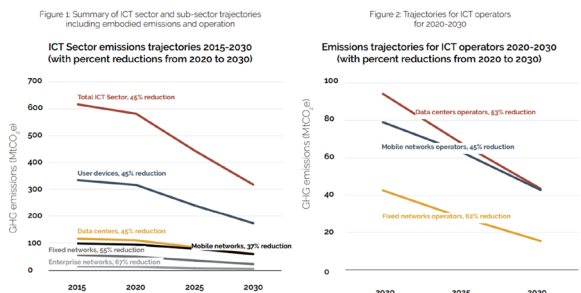
우리가 탄소배출에 대해 생각할 때 대개는 디지털 영역에서의 탄소배출은 생각하기가 쉽지 않지만, 사실 디지털 기술 사용에는 엄청난 에너지(전력)와 자원이 필요하다. 우리가 사

용하는 이메일 하나에 약 0.3g의 탄소가 발생하며, 생성형 AI GPT-3 모델을 한번 학습시키는데, 일반 가정 약 120채의 연간 소비량에 해당하는 엄청난 양의 전력(1.3기가와트시)이 소모되었다<sup>[12]</sup>. 더구나 네이처<sup>[13]</sup>에 따르면, 디지털 전환의 심화로 인해 '30년 ICT 소비전력이 전 세계 소비전력의 21%에 이를 것으로 예측되지만, ITU<sup>[14]</sup>에 따르면, 오히려 ICT 산업이 파리협정을 준수하기 위해서는 '20년부터 '30년까지 온실가스(GHG) 배출을 45% 줄여야 하는 녹록지 않은 상황이다. 이를 고려하면 디지털 전환 자체의 탄소중립 달성 역시 매우 중요하게 다뤄져야 한다.

특히, 전체 온실가스 배출의 2%를 차지하는 것으로 알려져 있고, AI와 디지털 전환이 진전될수록 더욱 빠르게 증가할 데이터 센터 수와 이에 따른 에너지소비량 급증은 큰 화두가 될 것이다. 물론 데이터 센터를 보유한 대다수 기업은 데이터 센터에 필요한 전력 100%를 신재생에너지를 통해 공급하는 RE100 운동에 적극적으로 참여하는 등 많은 노력을 기울이고 있는 것도 사실이나, 지켜볼 문제이다.

또한 AI/디지털 인프라의 단순한 성능을 넘어 에너지 효율성을 중요한 기술 목표로 삼는 것도 필요하다. 적은 전력으로도 AI 추론에 최적화된 NPU, 나아가서는 폰 노이만 구조를 극복하는 PIM(processing in memory), 뉴로모픽 반도체 개발 통해, 컴퓨터의 동작방식을 개선하고 시스템의 전력 효율성을 높이는 기술 개발 역시 중요하게 다뤄져야 할 것이다.

그림 2. 파리기후협약 준수를 위한 ICT 산업의 탄소배출 저감량



<ITU(2020), L.1470>

뿐만 아니라, 데이터 센터하드웨어 인프라를 넘어, 소프트웨어 공학 측면에서의 에너지효율 향상을 위한 접근이 함께 고려되어야 한다. 소프트웨어 설계, 개발 및 배포되는 방식은 디지털 산업의 에너지 소비에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 학계 및 산업계에서는 그린 코딩(green coding)과 같은 소프트웨어 개발과정에서 탄소배출(전력 소모)을 최소화하는 알고리즘 구현과 이를 위한 개발자 가이드라인 개발 및 인식 전환 노력이 진행 중인데, 이에 대한 관심도 필요하다.

끝으로, 디지털 단말, 장비의 생산과 폐기로 발생하는 탄소 배출 역시 관리의 대상이다. 세계경제포럼에 따르면 전자폐기물(e-waste)은 가장 빠르게 증가하는 폐기물 중 하나지만, 이 중에 오직 20%만이 수거되어 재활용되고 있는 실정이다<sup>[15]</sup>. 유지보수 서비스를 통한 디지털 단말, 장비의 수명연장과 폐자원 순환망 구축 의무 등 디지털산업의 순환경제 활성화 방안 마련이 시급하다.

**맺음말**

대부분의 기술 진보가 명과 암을 가지고 있듯이, 디지털 전환 역시 탄소중립 이슈에 있어 마찬가지이다. 탄소중립 달성이 새로운 규범으로 안착할수록, 디지털 전환을 통한 탄소중립 실현에 대한 기대가 높아지겠지만, 한편으로는 디지털 전환 자체의 탄소중립 달성이 뜨거운 감자로 부상할 가능성이 크다.

디지털 전환과 탄소중립 전환은 제대로 대응하지 못하면 우리 사회·경제에 막대한 악영향을 끼칠 수 있는 중대한 변화로 어느 하나 포기할 수 없는 가치임은 두말할 필요가 없다. 탄소중립을 위한 디지털 전환의 선용(善用)과 디지털 탄소중립 실현을 위한 한발 앞선 노력이 필요할 때이다.

**참고문헌**

- [1] World Economic Forum(2023), global risks report.
- [2] <https://www.bcg.com/press/7july2022-ai-is-critical-in-fight-against-climate-change>
- [3] Capgemini(2021), AI to Power Climate Action Strategy.
- [4] Bitkom(2021), Klimateffekte der Digitalisierung.
- [5] <https://www.danfoss.com/ko-kr/about-danfoss/insights-for-tomorrow/building-efficiency/>
- [6] <https://openclimatefix.org/post/six-months-into-the-nowcasting-project-our-results-are-highly-promising>
- [7] <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/wasteless-ai-retail-food-waste/>
- [8] <https://ai4eo.eu/>
- [9] Microsoft Blog(2017.7.12.), Announcing AI for Earth: Microsoft’s new program to put AI to work for the future of our planet.
- [10] <https://pachama.com/>
- [11] <https://carboncredits.com/vc-funding-in-climate-prediction-tech-startups-soars-up/>
- [12] <https://www.vaultelectricity.com/ai-energy-consumption-statistics>
- [13] Nature(2018.09.12.), How to stop data centres from gobbling up the world’s electricity
- [14] ITU(2020) L.1470, GHG emissions trajectories for the ICT sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement.
- [15] World Economic Forum(2019), A New Circular Vision for Electronics. Time for a Global Reboot.

...	저자소개	↗
<p>최재술 ETRI 책임연구원은 ICT 전략 및 정책 연구자다. KAIST에서 IT경영 학석사를 마친 후 동 대학원에서 기술경영학 박사를 수료하였다. 2011년부터 한국전자통신연구원 재직하며 다양한 ICT 산업기술 전략 및 정책 연구를 수행해왔으며, 최근에는 국가 디지털 전환 이슈와 국가전략기술 정책연구에 집중하고 있다. 2022년에는 국가 디지털 전략 수립 공로로 과학기술정보통신부 장관상을 수상하였다.</p>		