

기상위성과 예보의 경제적 가치

- 전력산업을 중심으로 -



오 완 탁
한국과학기술정보연구원
전문연구위원
owt365@reseatrekr

기상위성으로부터 수집된 자료는 미국을 비롯한 전 세계의 기상예보과정에 절대적으로 필요하게 되었다. 기상 위성자료는 단기예보뿐만 아니라 장기적 기후변화와 자연재해를 예측하는데 사용된다. 일기예보는 인명과 재산 피해를 줄이고 날씨와 관련된 경제적 손실을 줄이며, 삶의 질을 개선해왔으며, 더 효율적으로 자원을 관리하고 산업의 운용비용을 줄이는데 이바지하고 있다.

전력산업은 특히 기상청과 기상사업자들에 의해 제공되는 기상예보를 사용하고 있으며, 날씨 파생상품을 통해서 기상정보의 경제적 예측 가능한 지표를 제공한다.

태양에서 나오는 코로나의 거대한 분출에 의해 야기되는 자기폭풍 형태로 우주 기상은 종종 고압송전을 방해하는 유도전류를 방출하여 전력산업에 막대한 경제적 영향을 미치고 있다.

□ 서론

2000년도 미국 전력산업의 매출 규모는 약 2,470억 달

리에 달할 정도로 전력산업은 현대사회에서 매우 중요한 기간산업이다. 제조업과 일상의 냉난방, 수 많은 조명도 대부분 전기에 의존하고 있어 잠시의 전기서비스 중단이 큰 사회적 경제적 영향을 가져올 수 있다. 1977년 미국 북동부지역의 정전은 약 340백만 달러, 2003년 8월 뉴욕시의 정전은 약 1,015백만 달러의 피해를 유발하였다.

지구상의 기후패턴과 우주기상도 이러한 두 정전 중의 하나를 야기했다는 것을 보여주지 않는다. 지구상의 기후 환경은 예측 가능하고 더 나은 일기예보는 전력시스템의 효율적인 관리를 가능하게 하여 많은 비용이 절감될 것이다. 우주기상에 의해 야기되는 이번은 아직 예측할 만큼의 수준은 아니며, 태양에서 나오는 코로나가 크게 배출된 몇 분에서 몇 시간 내에 지자기로 인한 장애가 나타날 수 있다. 지난 10년 동안 과학자들은 우주기상의 물리적 기초를 이해하고, 지구에 해로운 결과를 예상하는 능력을 확보하였다.

정확한 기상예보는 거대한 전력산업의 효율적인 운영을 위한 하나의 구성요소일 뿐이다. 정확한 기상예보는 거

대한 전력산업이 에너지 가격의 심한 변동과 생산, 관리에 소요되는 많은 비용에도 불구하고 수요예측 등에 매우 중요하기 때문에, 기상예보를 개선하는 것은 미국경제에 수백만 달러의 잠재적인 효과를 가져올 수 있다.

기상위성에서 수집된 더 나은 기상정보는 전력산업에 국한하지 않고 모든 산업분야와 사회·경제적으로 널리 활용되고 있으며, 우주기상은 우선적으로 전력 송전망 운영에 영향을 줄 것이다.

□ 전력산업에서 기상예보의 가치

에너지 수급계획을 수립하는 과정에서 연료구매, 수요예측, 시스템 설계시 기상예보를 이용하고 있는데, 연료구매 등의 준비는 장·단기예보 및 모든 자료를, 구매 장소 결정과, 이의 운반 방법을 결정하는데 사용된다. 이상기상¹⁾은 에너지 비용과 서비스 지역을 위한 기준을 충족시키는 능력에 영향을 줄 수 있어 항상 기후 변화에 매우 민감해 저야만 한다.

기후인자는 전력생산에 매우 중요하기 때문에 단기예보와 적시의 기후관측은 발전소의 효율적인 운영을 위해 아주 필요하다. 전력 수요 불균형은 전력회사에 많은 비용 부담을 주기 때문에 전기의 구입과 판매의 최적 시간을 정할 수 있는 정확한 기상예보는 전력산업에 주요한 경제적 이득을 가져온다.

전기 판매로 수익을 극대화하고, 소비자에게 더 나은 서비스를 제공하기 위한 전송망을 최적화하고, 전기의 수요와 공급의 균형을 맞추기 위해 기상예보를 활용하고 있다. 단기예보는 급격한 기상변화에 대한 위기관리를 가능하게 하는데, 이것은 우주 기상에 의해 야기되는 자기폭풍(磁氣暴風)으로 유도되는 전류도 포함한다.

□ 예보의 경제적 가치

전 산업분야에서 기상예보를 각기 다른 목적과 형태로 사용하기 때문에 예보의 가치는 다양하게 나타나고 있다. 전력산업에서 평균기온이 18~24℃사이 일 때는 단기예보의 효과를 얻지 못하고 있으나, 주요 수익은 기온이 이보다 높거나 낮을 때 발생한다. 전력산업에서는 기온이 18℃ 이상이나 이하로 측정된 난방도일이나 냉방도일의 지수를 사용하는데, 흔치 않은 추운 기간보다 폭염이 지속되는 더운 기간의 부정확한 예보에서 더 큰 경제적 이익을 얻고 있다.

전력산업에서 기상예보가 가장 필요한 기간은 1시간에서 10일간으로, 대규모 자재 구입과 거래 결정을 위한 1시간 예보는 현금시장에서 유용하고, 하루에서 이틀, 열흘의 예보는 의사결정을 위해 가장 많이 요구되며, 1달에서 1년의 전망은 수급계획을 수립하는데 유용하다.

많은 예보관련 기관들은 기상실황을 측정하기 위해 정확한 관측 장비, 더 많은 양의 자료를 처리하기 위한 고성능 컴퓨터, 개선된 예측모델을 통하여 일기예보를 개선하는데 노력하고 있다. NASA²⁾와 NOAA³⁾의 연구개발 결과로 민간 기상회사들은 기상위성 자료와 다른 보조자료를 활용하여 더 나은 기상예보를 생산할 수 있는 능력을 배양하고 있다.

NASA와 NOAA는 2010년 까지 7~10일 예보 정확성을 62%에서 74%까지, 5일 예보를 90% 까지 개선하는데 노력하고 있다. 두 기관은 특히 기상위성의 고화질 자료를 이용하여 6~12개월 동안의 기후변화 예측과 허리케인 추적, 강수량 예보의 개선을 시도하고 있다.

1) 30년 빈도로 발생하는 기상현상

2) National Aeronautics and Space Administration

3) National Oceanic and Atmospheric Administration

□ 날씨 파생상품

전력산업의 자유화는 날씨 파생상품의 도입을 불러왔다. 날씨 파생상품은 예상치 않은 날씨로 인해 발생하는 중요한 손실에 대비하여 방어책을 제공하는 보험 상품으로 증권에서의 해약 특권부 거래⁴⁾처럼 많이 활용되고 있으며, 전력회사는 중요한 사용자 중 하나이다.

날씨 파생상품은 1987년에 처음으로 등장하였는데, 한 연구조사는 1998~1999년에 695건의 계약이 성사되었고, 2002~2003년에는 4,500건이 전 세계를 통해 계약되었다. 2002~2003년에 시카고 상품거래소에서 거래된 날씨 파생상품의 전체 가치는 40억 달러를 상회하였다.

날씨 파생상품의 구매자와 판매자는 연관된 모든 위험 요소들을 감수해야 하고, 협약에 참가하기 전에 비용을 예상해야 하는데, 변수가 난방도일 또는 냉방도일인지 추측해야 한다. 최고·최저·평균기온은 가장 완전하고 이용 가능한 자료로서 한 지역 내에서는 비교적 균일한 분포를 나타낸다.

기상자료를 분석하기 위해 장기간의 선택은 오히려 좋지 않다. 대부분 학자들은 20년보다 적은 기간은 너무 짧고 100년은 너무 길다고 한다. 날씨 보험에서 파생되는 것과 보험 협약에 사용된 기초적인 정보는 계속 조정되고 있으므로 이러한 보험에는 꽤 투기적인 위험이 수반된다.

만일 완벽한 기상예보가 가능하다면 날씨 파생상품을 구입하는 회사는 막대한 수입을 올릴 것이다. 이러한 회사는 기상청과 민간 기상사업자가 제공하는 정확한 기상예보를 토대로 단기간의 날씨 변동을 정확하게 예측하여 계획을 수립할 수 있을 것이다. 이 회사는 더 이상 날씨 파생상품을 구매하는데 프리미엄을 지불하려 하지 않고, 증권투자자들은 더 수익을 낼 수 있는 시장으로 이동할 것이다.

요약하면 기상위성 정보가 날씨 파생상품에서 차지하는 비중과 중요성이 적을지라도 전력산업에서 날씨 파생

상품의 사용이 빠르게 증가하는 것은 기상예보의 진정한 경제적 가치의 한 양상을 보여주고 있다. 날씨 파생상품의 규모는 40억 달러를 넘어 지난 몇 년 동안 빠르게 성장하고 있다.

□ 우주기상

지구와 태양사이에서 복잡한 물리적 상호작용의 결과로 나타나는 우주기상은 위성장비, 무선통신, 전력송전 등에 경제적 손실과 사회 혼란을 야기하고 있다. 미국의 북부지역, 캐나다, 스칸디나비아, 러시아와 같이 높은 자기장의 위도에 있는 시스템들은 특히 위험하다. 미국은 우주기상의 영향을 경고하기 위해 많은 연구와 투자를 하고 있으며, 운용 가능한 위성들에 필요한 장비를 설치하였다. 이러한 장비들은 태양의 활동, 지구상의 자기장의 상태, X-ray에 대한 자료를 수집·정리, 분류하여 NOAA의 우주환경센터⁵⁾에 의해 우주기상 경보, 또는 예보의 형태로 일반 국민에게서 전달하고 있으며, 일부 민간 기상사업자들은 이 자료를 다양한 자사 고객에게 맞춤형으로 제공하고 있다.

전력산업은 우주기상정보와 예보를 활용하는 주요한 수익자 중 하나이다. 전력시스템에 대한 우주기상의 위험 인자는 태양에서 방출하는 높은 에너지에 의해 야기되는 지구의 자기장 변화이다. 눈에 띄는 우주기상 변화가 발생하면, 지자기가 변압기를 손상시키고, 소비자에게로 가는 전력 공급을 방해할 만큼 빠르게 전파한다. 크고 갑작스런 지자기는 광역지역에 전력중단을 야기하고, 심지어 변압기를 파괴하여 대규모 정전을 유발하기도 한다.

1998년 3월 캐나다 퀘벡주에서는 자기폭풍으로 약 9시간 동안 전력공급이 중단되는 바람에 6백만 명이 생활에 고통을 받았다. 이 정전으로 공공기관, 교통 신호기, 병원 운영, 다른 응급 서비스 뿐만 아니라 생산 손실을 방지하

4) puts and calls

5) Space Environment Center

기 위한 대체 에너지 자원의 응급 공급을 포함했던 이차적 손실은 1천만~1억 달러로 추산되었다. 그 같은 자기폭풍은 뉴저지주의 전력회사들에게도 약 27백만 달러의 손실을 주었다.

NOAA는 정지기상위성과 극궤도위성에 우주기상 센서를 장착하여 운영하고 있다. 그러나 기술적 시스템의 손실을 피하고 우주기상 이변을 충분한 경고하기 위해서는 지구에서 멀리 떨어진 곳에서 관측이 가능한 센서들이 요구된다. 이러한 관측은 우주기상의 영향을 완화하고 반응하는데 충분한 약 1시간 이상 전에 경고를 하기 위해 가능한 한 지구로부터 멀리 떨어진 곳에서 수집되어야만 한다.

□ 기상위성자료와 수요예측

수요예측은 전기 생산자와 소비자의 기능을 다하는 기본적인 결정적인 한 요소로서, 지난 2~5년간의 정확한 기상자료 입력을 요구한다. 기상예보를 위한 입력자료로 건구온도, 이슬점 온도, 운량과 풍속도 포함되며, 연산과정의 발전을 통해 더 향상될 수 있다.

민간기상사업자들은 에너지 사업자와 시스템 운영자에게 수요예측을 제공하는 것을 전문으로 한다. 그들은 기상청에서 원시자료를 제공받고 더 자세한 자료들을 추가하여, 정기적으로 전력산업 고객에게 맞춤형 상품을 제공한다.

전력산업은 극심한 이상기상에 따른 날씨 이변으로 단기간의 수요예측 사용이 빠르게 증가하고 있어, 신뢰할 수 있는 실시간 최신 기상예보가 필수적이 될 것이다. 개선된 기상위성 관측자료는 전력망 예측모델 개선에 결정적인 입력자료로 제공할 수 있다.

미국의 정지환경위성⁶⁾은 전력산업에 이용 가능한 기상학적 자료의 질을 현저히 향상시킬 것이다. 정지환경위성

은 영상기⁷⁾와 분광계⁸⁾에서 자주 측정된 최신정보들과 더 정교한 수평해상도, 더 정교한 분광해상도를 통해 온도, 기압, 습도를 예측하는 능력을 제공할 것이다.

NOAA 과학자들은 기온 예보 정확도를 HES와 ABI를 활용하여 24시간 후에는 2%, 3시간 후에는 15% 향상 목표를 제시했다. NOAA는 정지환경위성이 가동하게 될 2015년 초반에 정확한 기온예보를 통해 불필요한 전력생산을 줄인다면 연간 약 479백만 달러가 절약될 것으로 평가했다.

□ 결론

기상예보는 전력산업뿐만 아니라 전 산업에서 경제적 중요성을 가지기 때문에, 2~5일간의 기상예보 개선은 산업에의 경제적 이익과 수요예측에 가장 큰 영향을 준다. 단기간의 예보능력 향상은 일주일 및 10일 후의 기상예보를 향상시키는 기초가 될 것이다.

기상예보의 정확성과 특정 수요자에게 맞춰진 향상된 예보모델은 전기 수요예측의 기본적인 변수이기 때문에 온도예보에 초점을 맞추고 있지만, 습도와 강수량 같은 그 밖의 기상자료 또한 변수로 기상위성자료는 특히 이 영역에 도움이 되고 있다.

우주기상의 향상된 기술은 거대한 자기폭풍에 의해 야기되는 정전사고를 조정할 수 있을 것이다. 2003년 8월 16일 미 북동부지역의 정전 이후 전력산업이 얼마나 취약하고 복잡한 시스템인지를 상기시킨다. 기상예보를 향상시키는 것은 더 효율적인 전력시스템에 대한 개선으로 이어져 커다란 경제적 이익으로 전환될 수 있다는 것을 보여 준다.

6) Geostationary Operational Environmental Satellite System(GOES-R)

7) Advanced Baseline Imager(ABI) : 가시광선 채널과 적외선 채널로 지구를 스캐닝하여 촬영하는 다중 스펙트럼 장치로, 구름 상층의 상태와 입자의 크기 정보, 그리고 매우 향상된 에어로졸과 연기 검출 데이터를 제공하여 공기의 성질을 추적하고 기상예보를 수행하는데 사용됨.

8) Hyperspectral Environmental Sounder(HES) : 지구의 표면과 대기에서 발산되는 열에너지와 반사되는 태양에너지를 측정하도록 설계된 센서

□ 제언

모든 산업은 날씨의 위협에 노출되어 있어 이상기상 발생이 급증하면 산업을 마비시킬 정도의 심각한 피해상황으로 나타날 수 있다. 날씨가 시장을 움직인다고 말할 정도로 산업에 미치는 영향력은 갈수록 증대되고 있어 예보 가치의 정량적 평가가 이루어져야 한다.

미국 상무성은 GNP의 약 11%, 전 산업의 70% 이상이 날씨의 영향을 받는다고 하였으며, 우리나라는 날씨에 민감한 영향을 받는 산업이 차지하고 있는 비율이 GDP의 52%로 분석되고 있어 날씨의 영향을 받는 산업이 많이 존재한다는 것으로, 전력산업 뿐만 아니라 모든 산업에서 기상예보의 진정한 가치를 인정하고 적극 활용하기를 기대한다.

정부와 관계기관에서는 기상예보의 가치를 일반 국민은 물론 산업체에도 널리 홍보함으로써 날씨의 위협으로부터 보호받을 수 있도록 하여 국가경쟁력 제고로 이어지도록 하여야 할 것이다.

본 내용은 science지의 “Weather satellites and the economic value off forecasts: evidence from the electric power industry”를 번역 발췌한 것임.