

공간정보를 활용한 대도시권역 비상시 에너지 수요량 예측

남경목¹ · 이홍철² · 이동은*

¹경북대학교 지능형건설자동화 연구센터 · ²경북대학교 건설환경에너지공학부

Energy Demand Estimation in Metropolitan Area in Case of Emergency using Spatial Information

Nam, Gyeongmok¹, Lee, Hong Chul², Lee, Dong-Eun*

¹Intelligent Construction Automation Center, Kyungpook National University

²School of Architecture, Environmental, Energy and Civil Engineering, Kyungpook National University

Abstract : Due to abnormal high temperature, electric power demand has exceeded the backup power reserved for emergency case, hence, resulting in a major power outage. In today's overcrowded cities, the unexpected disruption in energy supply and demand is a major threat to the enormous economic damage and urban malfunctions. Existing methods for estimating the demand of the emergency power source do not lend themselves to predict the actual demand in the spatial dimension of the city. In addition, the reserve power is arbitrarily distributed in the case of emergency. This paper presents a method that predicts the emergency power demand using the spatial distribution of emergency power demand by applying the daily energy consumption intensity and emergency power demand according to urban spatial information and building use.

Keywords : Emergency Power Equipment, Disaster, Energy Consumption, GIS, Blackout

1. 서론

1.1 연구의 목적

이상고온 현상으로 전력수요가 예측치를 초과하여 대규모 정전사태가 발생하고 있다(MOIS, 2017). 문제는 향후 이러한 이상기후의 발생빈도가 잦고 그로인한 도시지역의 전력비상 상황이 우려된다는 것이다(KLRI, 2013). 이상기후로 인한 전력수요 피크의 급증은 예비전력 확보에 어려움을 가중시킨다. 특히 과밀화된 도시는 빈번한 에너지 수급차질로 막대한 경제적 피해 및 도시기능 마비에 노출되어있다.

기존 비상전력 수요량 추정방법은 대도시권역을 대상으로 수요량 현황분석 및 추정의 편의성으로 인해 전력공급사업자의 통계자료에 의존하고 있다. 그러나 전력 수요에 있어서 건축물의 공간분포를 정교하게 고려하지 못해 하고 있어 행정구역 전체 요구량은 예측가능하나, 예비전력의 실효

적 배분은 임의적으로 이루어지고 있다. 따라서 비상시를 대비하여 계획을 수립하기 위해 행정구역내 지역별로 세분화된 에너지 수급 실태에 대한 데이터 분석이 요구된다. 본 연구는 도시의 공간정보와 건축물 용도별 평상시 에너지소비 원단위, 비상시 전력수요 원단위를 활용하여 비상전력수요의 공간적 분포를 규명하고, 이를 활용하여 비상전원 수요량을 예측한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

방재체계는 예방, 대비, 대응 및 복구로 구성된다. 본 연구는 도시규모의 정전(blackout)시 합리적인 대비체계 구축을 위해 전력수요량을 예측하는 것을 목표로 한다. 단전 시 도시주민의 정상적인 생활을 위해 도시기능을 유지하는 중요 시설물에 대한 고려가 최우선되고, 정전으로 인해 막대한 경제적 피해가 우려되는 사업장이 고려되어야 한다. 따라서 이러한 연구대상 시설물을 한정하기 위해 건축물 용도별 공간 데이터를 추출하고, 국내 비상전원설비의 유형 및 용량을 고찰한다.

공간정보구축 및 원단위 산출은 건축법 및 소방법을 근거로 비상전원 설비별 용량을 규명하고 이를 비상시 단계별 원단위로 환산하여 단계별 수요량을 추정한다. 비상전력의

* Corresponding author: Lee, Dong-Eun, Ph.D, Professor, Sch. of Arch & Civil Engrg, Kyungpook National University, 1370, Sangyegk-Dong, Buk-Gu, 702-701, KOREA,
E-mail: dolee@knu.ac.kr
Received January 12, 2019; revised -
accepted February 1, 2019

공간적 분포분석은 ArcGIS를 이용하고, 건축물 단위로 비상전원의 수요량을 예측하는 모델을 구현한다. 기존 대도시 내 평상시 전력수요와 비상전력 수요에 대한 공간분포 분석은 개별 건축물을 기본단위로 하고 있다. 따라서 본 연구는 기존의 광역 단위를 기반으로 한 연구의 한계를 극복하는 것을 목표로 한다.

2. 건축물과 비상설비의 특성

2.1 비상시에 대한 정의

재해와 재난은 유사 특성이 있으나 분명 구별되는 개념이다. 재난 및 재해는 각각 재난관리법 및 자연재해대책법에 다음과 같이 명시한다. 재난은 “화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화재방사, 환경오염사고 등 국민의 생명과 재산에 피해를 주는 자연재해가 아닌 인적요인에 의한 사고”이다. 반면, 재해는 “태풍, 홍수, 폭풍, 해일, 폭설, 가뭄, 지진 및 기타 이에 준하는 자연현상으로 인한 피해”로 규정된다. 단, 자연적인 피해 중 그 원인이 인적요인에 비롯된 것은 재난으로 분류된다.

본 연구는 재해 및 재난으로 인한 전력부족, 차단 및 정전 상황을 비상시로 규정한다. 정전(blackout)은 전력수급의 균형이 깨지는 순간 발생하며, 이에 대한 예비전력 지원 및 복구 등 신속한 대처가 이루어지지 않으면 인접지역으로 급파되어 대정전으로 발전된다. 정전의 주요 발생원인은 5가지(예, (1) 수요 대비 발전능력 또는 송·변·배전 능력 부족, (2) 인위적·자연적 원인으로 인한 공급시설 사고, (3) 일시적 전기수요의 급증, (4) 전력계통운영상의 실수, (5) 송·변·배전선 보수를 위한 정전)가 있다(Jo, 2005).

2.2 건축물 비상전원 설비의 법적 기준

비상전원 설비는 상용 전원의 정전 시를 대비하여 특정 부하 설비의 작동이 유지되도록 해당설비에 급전하는 독립된 자체 전기에너지원을 뜻한다. 국외의 경우 협회 및 규정

에 명시된 비상 전원설비의 정의는 <Table 1>에 제시되며, 국내 건축기준법과 소방법에 명시된 비상전원의 구분과 정의는 <Table 2>에 제시된다.

Table 1. Oversea definition of emergency power equipment

American Standards Association ANSI/IEEE Std 100	US Electric Corporation Regulations(NEC) Article 700
In case of commercial power outage, it is possible to automatically supply reliable electric power within the specified time to devices that play a crucial role in safety and maintenance of property or property loss.	Emergency loads are classified as lighting and power facilities and battery equipment, self-generating facilities, independent second external power sources, and emergency lighting units are defined as suitable power sources

건축법상 배연설비 및 비상조명등은 소방법을 준용하고, 비상전원 수전설비, 자가발전설비, 축전지설비와 같은 비상전원은 소방법에 의거한다. 건축기준법과 비교해 보면 비상전원으로 수전설비가 추가되어 있다. 국내의 경우 비상전원 설비는 건축기준법에 의거한 건축물의 수전설비(자동 화재탐지설비, 가스누설경보설비, 비상경보 및 비상 방송설비, 유도등, 무선통신보조설비)는 축전지를 보편적으로 사용한다. 소방법은 비상 예비전원에 관한 기술기준으로 소방시설 기술기준에 관한 규칙 9조 3항 6호에 내무부고시로 규정한다. 하지만 현재 자가발전설비, 축전지설비에 대한 고시는 공포되어 있지 않으며, 비상전원 수전설비 및 배전반과 분전반등에 대한 설치기준 및 기술기준에 관한 사항을 내무부고시(제 1995-24호(1995. 7. 8))를 통하여 규정하고 있다.

국내 소방법과 건축법에 명시된 예비전원설비 성능 규정은 <Table 3>에 제시된다. 소방법은 건물에 화재발생 시 초기소화 연락통보, 피난 등 신속대처를 위해 비상시 소방설비의 정상작동용 예비전원용량을 규정한다. 한편, 건축법은 비상조명등의 예비전원설비 중 축전지설비와 예비전원 충전장치를 내장하는 방식이 보편적으로 적용되고 있다.

Table 2. Domestic definition of emergency power equipment

Division	Definition
Self-generation equipment	<ul style="list-style-type: none"> Classified as emergency depending on the purpose of use. The self-generated power generator is operated in parallel with the commercial power source, and the emergency power generator is used only when the commercial power is cut off. It drives the generator by the internal combustion engine or gas turbine and supplies power to the load. Generators, controls and accessories.
Battery facility	<ul style="list-style-type: none"> It is used as a spare power source for the power source of emergency power source, emergency lighting device, broadcasting communication device, and can supply power immediately when commercial power failure occurs. It is an important constituent device of emergency power system of hospital, fire prevention law, and consists of rectifier and battery.
Uninterruptible power supply	<ul style="list-style-type: none"> Usually called an uninterruptible power supply system (UPS). It consists of a rectifier inverter, a battery, and a switch.
Emergency Power Receiving Equipment	<ul style="list-style-type: none"> It is the same as the commercial water supply facilities, but it is limited to the facilities that are installed in the buildings of 1,000㎡ or less in total area under the Fire Service Act, and it can receive special high pressure, high pressure and low pressure.

Table 3. Criteria for standby power supply

Division	Fire Service Act	Building Act
Privately-owned electrical power facility	It can be operated continuously for more than 30 minutes	Hospital facilities 120 minutes or more was 10 hours
Storage battery Equipment	It is possible to discharge more than 30 minutes immediately after continued monitoring status for more than one hour without recharging after a power outage	(It seems to be that it discharges continued for 30 minutes or more without charging it) battery with a device timed charging devices and automatic charge
Storage battery Private power generation facilities or shared equipment	Time to ensure the voltage across the after event of a utility voltage interruption is 40 seconds or less, private generator can be operated continuously for more than 30 minutes at rated load	The operating time, house power generators and battery capacity of 10 minutes that can be after a power failure, to supply the power momentarily, emergency power supply moment special
Emergency power supply dedicated power receiving equipment	You can not use any of 1000 square meters in total area as fire a particular object.	That you are not permitted by law.

3. 대도시권역 에너지수요량 예측 방법론

3.1 공간정보기반 건축물 및 설비 원단위 DB 구축

본 연구는 비상시 건축물 에너지 수요량 예측을 위한 기초데이터 DB를 <Fig. 1>에 제시된 절차를 따라 구축한다.

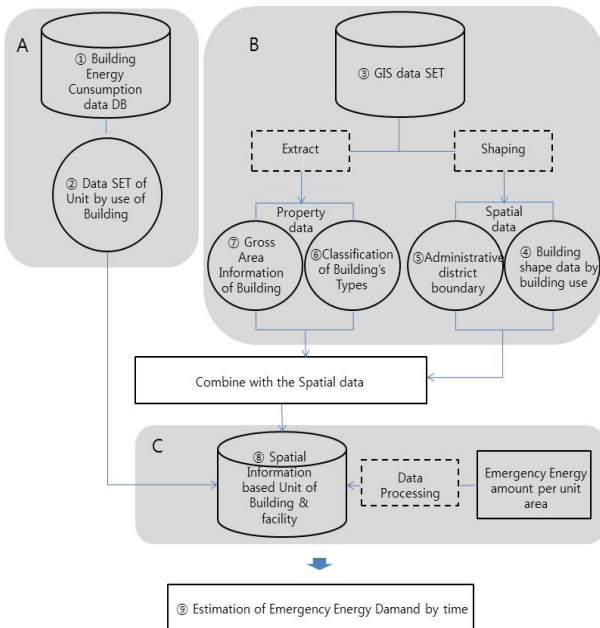


Fig. 1. Framework for Spatial based Building Energy DB

<Fig. 1>에 제시된 프로세스처럼, 우선 그룹 A의 건축물 에너지소비 이력데이터 DB(건축물대장 DB, 에너지소비량 현장조사데이터 DB, ①)를 기반으로 데이터 추출, 가공, 병합을 통해 건축물 용도별 원단위(단위 면적당) 데이터셋(②)을 생성한다. 그룹 B에서는 GIS 데이터 DB(③)로부터 공간 정보(spatial data)와 속성정보(attribute data)를 추출한다. 공간정보는 다시 2가지 데이터로 구성되는 데, 먼저 도형자료(④)는 GIS 데이터 상에 존재하는 객체정보 즉 도로, 건물 정보를 포함하고, 행정구역 경계데이터(⑤)는 구, 동 단위로 구획된 공간정보를 가진다. 속성정보는 건축물용도별로 분류된 데이터(⑥)와 건축물의 연면적에 따라 분류된 데

이터(⑦)으로 구성된다. 그룹 C는 그룹 A와 B에서 전처리한 데이터와 비상전원설비를 대상으로 법기준 및 현장조사 데이터(⑨)를 병합한 공간정보기반 건축물 및 설비 원단위 DB(⑧)이다. 마지막으로 그룹 C의 공간정보기반 건축물 및 설비 원단위를 기반으로 평상시 및 비상시의 에너지 수요 분포(⑩)를 추정한다.

본 과정에서 건축물의 GIS 데이터 DB의 구축과 맵핑을 위한 프로그램은 Arc GIS와 액세스(MS Access)를 사용하였으며, 건축물에너지소비 이력데이터의 변환과 가공은 엑셀(MS Excel)을 사용하였다.

3.2 공간자료 및 속성자료 분류기준

대도시권역을 대상으로 건축물의 에너지 수요량 분포를 공간단위로 예측하기 위해서 건축물에너지소비 이력데이터 DB(①)와 GIS 데이터 DB(③)를 통합한다. 이중 데이터의 통합 기준은 도형자료와 속성자료를 기반으로 <Table 4>에 제시된 7가지 기준을 사용한다.

Table 4. Criteria for shapes and property data

Classification	ID	Criteria	Format	
Spatial data	a.	Building shape data by building use	shp	
	b.	Administrative district (district, county) boundary		
Property data	c.	Energy consumption per unit area	txt to dbf	
	d.	Emergency power capacity per unit area		
	e.	Capacity per unit area (60%) Application emergency power capacity		
	Property data in GIS geometry information	f.	Gross Area Information of Building	dbf
		g.	Classification of Building's Types	

상기 기준에서 건축물 용도별 도형자료(a)와 행정구역 경계자료(b)는 GIS 기반 도형자료로부터 건축물의 용도와 행

정구역을 기준으로 단위 객체(건축물, 도로)를 분할한 데이터(shp 형식)이다. 단위면적당 소비원단위(c)는 속성자료로 <Fig. 1>에서 그룹 A에서 건축물에너지소비 이력데이터DB에서 해당 건축물의 연면적으로 나눈 데이터이다. 건축물 용도분류(g)는 2012년 새 주소사업의 일환으로 행정자치부에서 실시된 건축물 전수조사자료를 적용하고 GIS 도형정보의 속성자료(dbf 형식)로 사용한다. 건축물 전수조사자료에서 구와 동 경계 정보를 사용하여 대상지인 대구시 중구를 추출하고 추출된 건축물 도형정보는 아파트, 단독주택, 다세대주택 등을 건축물 용도별 에너지 소비 원단위 적용을 위하여 24개의 유형으로 공간정보를 재분류한다.

3.3 공간자료 및 속성자료 가공

대도시권역을 대상으로 에너지수요량 분석 및 예측은 정대영(2008)이 사용한 건축물에너지소비 이력데이터(①)와 GIS 데이터 DB(③)를 통합하는 방법을 적용한다. 용도별 분류체계는 건축법을 기초로 <Table 5>를 따른다. 건축물에너지소비 이력데이터(①)와 GIS 데이터(③)와 그룹 C에서

산정한 비상전원 설비 원단위 데이터를 병합하기 위해 데이터의 속성(property) 중 건축물 용도를 건축물 분류기준으로 적용하고, 건축물의 용도 분류기준은 현행 건축법상의 건축물 용도를 참고하여 7개의 대분류와 24개로 소분류한다. 건축물 용도별로 소분류한 각 유형은 a~x로 ID를 할당하여 데이터 병합시 키(key)로 사용한다. 주거용 건축물(Dwelling)은 주거 및 취사 분리형, 단독형, 상가결합형, 기숙사로 분류된다. 상업건축물(Commercial)은 업종별로 판매업 및 일반상업, 음식점업, 특수업종으로 분류하고, 업무용건축물(Business)은 공공과 민간/특수로 분류한다. 병원건축물(Hospital)은 입원시설의 유무, 교육건축(Education)은 건축물의 이용시간의 특성에 따라 분류하고, 숙박건축(Accommodation)은 대규모 호텔과 기타 숙박시설의 기준으로 분류한다.

3.4 건축물 에너지소비와 비상전원 설비원단위

건축물의 에너지 소비 원단위는 그룹 A에서 가공된 건축물에너지소비 이력데이터(①)를 분석해서 산정되고, 비상

Table 5. Building usage classification

Category	Classification criteria	Category	Facilities and details	ID
Dwelling	Residential catering area independence	Single-family housing	Apartment, town house, multi-family house	a
	singularity	House	Single-family house (Single-family residence single-family house)	b
	Residential complex	Houses in non-residential buildings	Houses in non-residential buildings	c
	Dormitory type	Dormitory	Dormitory, temple apartment	d
Commercial	Sales & General Commercial	Small store	Supermarket less than 1000M, daily necessities retail, rental stores and shopping arcade	e
		Medium and large stores	Large-scale store facilities, shops over 1000M	f
	Restaurant business	restaurant	General restaurant, restaurant, refreshment shop, coffee shop, grocery sales business	g
	special	Special service industry	Bath, special bath, laundry, repair shop,	h
Business	public	Medium and large public buildings	Office buildings, newspapers, municipal offices, foreign missions	i
		Small public buildings	Government office, police box, management building less than 1000M	j
	Private, special	Business facilities	Commercial office, less than 1000M financial institution, marriage counseling office, publishing company, telecommunications industry, service industry, research institute	k
		Broadcasting communication facility	Broadcasting station, communication station	l
Hospital	Presence of hospital facilities	large hospital	large hospital	m
		Small and medium sized hospitals	General private hospital, public health center, oriental medicine clinic, clinic	n
Education	Usage time	Educational facilities	Elementary, secondary, elementary school kindergarten	o
		Educational Facility	High school	p
		Educational facilities	Lecture and Research Center (Arts, Agriculture, Natural Science, Humanities and Social Sciences, Engineering, Medical Science)	q
		Educational Facilities	University Library, Foreign Language Education Center, Joint Experiment and Practice Building	r
Culture	Scale · Usage	Large scale exhibition and welfare facilities	Exhibition facilities including culture and arts center, opera house, civic center and artpia	s
		Large-scale conference facilities	Exco, Fair, Conference	t
		Small and Medium-sized Exhibits and Welfare Facilities	Village public hall, village communal council, village joint work place, child and elder welfare facility, small exhibition hall (less than 10000m)	u
		Exercise facility	Indoor athletic facilities such as gymnasium	v
Accommodation	Large hotel	Large-scale accommodation	Special, 1-2 star hotel, youth hostel, condominium	w
	Etc	Small and medium scale	Motels, inns, accommodation excluding general and tourist accommodation, pensions, large-scale accommodation	x

전원설비의 원단위는 비상전원 설비 원단위는 그룹 C에서 비상전원설비를 대상으로 관련법 기준 및 현장조사 데이터 ⑨를 분석하여 산정된다. 그 결과는 <Table 6>에 제시한다. 3번째 및 4번째 컬럼은 각각 평상시 에너지소비원단위 및 비상시 에너지소비원단위이다.

Table 6. Basic structure of each building use

Category	ID	Unit (Mcal/m ² _{yr})	E-unit (Mcal/m ² _{yr})
Single-family housing	a	183.91	36.78
House	b	166.75	33.35
Houses in non-residential buildings	c	155.81	31.16
Dormitory	d	296.02	59.20
Small store	e	422.61	84.52
Medium and large stores	f	430.93	86.186
Restaurant	g	550.09	110.02
Special service industry	h	550.09	110.04
Medium and large public buildings	i	213.05	42.61
Small public buildings	j	82.47	16.49
Business facilities	k	245.76	49.15
Broadcasting communication facility	l	502.62	100.52
large hospital	m	471.17	141.35
Small and medium sized hospitals	n	111.35	33.41
Educational facilities (elementary and junior high school)	o	49.22	9.84
Educational Facility (High School)	p	60.71	12.14
Educational facilities (educational facilities such as universities)	q	303.04	60.61
Educational Facilities (Facilities)	r	320.01	64.02
Large scale exhibition and welfare facilities	s	97.35	19.47
Large-scale conference facilities	t	169.78	33.96
Small and Medium-sized Exhibits and Welfare Facilities	u	145.42	29.08
Exercise facility	v	401.12	80.22
Large-scale accommodation	w	584.32	116.86
Small and medium scale Accommodation	x	424.14	84.81

건축물의 에너지 소비 원단위는 국내에서 오랜 시간 조사·분석되어 왔고, 본 연구에서는 2008년도부터 현재까지 발행된 에너지 총 조사보고서와 각 지자체에서 조사된 온실가스 인벤토리 보고서 등 29개의 문헌과 에너지소비 현장 조사 데이터를 바탕으로 건축물 용도별 전력 소비 원단위를 산출하였다.

3.5 도형정보 DB구축을 위한 분할방법

그룹 B는 GIS 데이터 DB(③)로부터 공간정보에 속하는 도형자료를 가공하는 체제이다. 각 객체(건축물 경계, 도로 등)를 군집하여 집계하기 위해 GIS기반 도형자료를 다양한 방법으로 분할하여 도시 내 블록¹⁾ 분할(block split)자료를 구축한다.

블록 분할은 두 가지의 방법이 있다. 첫 번째는 행정구역

으로 구분된 전체 대상공간을 대상으로 도로면에 해당하는 객체를 제외시킴으로써 기존의 도로를 경계로 둘러쳐진 면(面)을 블록 데이터로 사용하는 방법이다. 이는 도로가 연결되는 지점이 정확하게 일치하지 않는 경우, 한 개의 독립된 블록으로 인식되지 않는 한계점이 있다. 두 번째 접근법은 대상지 전체를 도로 객체의 중심선을 기준으로 건축물 영역을 분할하는 방법이다. 이는 도로면 대신 중심선으로 구분하기 때문에 블록 사이에 여백이 생기지 않아 생성되는 블록의 형태가 달라진다는 한계점이 있다.

두 가지 방법의 문제점은 다음과 같이 요약된다. 첫 번째 접근법은 비정형 블록과 섬 형태 블록으로 분할되어 블록 내에 건축물 도형을 인식하지 못한다. 해결법은 수작업으로 블록과 건축물 도형의 중첩영역을 분석한 다음 해당 블록영역에 누락된 건축물을 확인하고 도형자료를 직접 수정하는 것이다. 또한, 다수 블록을 한 개의 블록으로 인식하는 문제는 ArcGIS의 편집기능(editor)을 사용하여 블록들을 직접 분할하는 식으로 해결한다. 이 때 연결된 블록을 분할하는 과정에서 섬 형태의 블록이 추가적으로 발생할 수 있으므로 이를 제거하는 작업이 추가적으로 수행되어야 한다. 두 번째 방법의 문제 역시 ArcGIS의 편집기능을 이용해 미구획 블록을 수작업으로 분할하여 해결할 수 있다. 본 연구는 상대적으로 후처리가 적고 시각적으로 블록간의 연속성이 잘 나타나는 두 번째 접근법을 사용하여 블록 분할자료를 구축하였다.

3.6 건축물 도형정보기반 비상전원 수요추정

본 절은 이전 단계에서 처리한 데이터를 기반으로 비상전원 수요량을 추정하는 과정을 제시한다. 비상전원설비의 용량은 일본 NEGA C201 규격에서 제시된 기준을 참조하여 수전설비 용량은 14~20%, 상·하수도 80%, 통신 65%, 일반건물 21%, 병원 30%를 적용한다. 평상시 건축물의 에너지 수요량(D_t)은 <Table 6>의 건축물 용도별 에너지 소비 원단위(U_b)와 건축물 연면적(A_b)을 변수로 하는 수식(1)을 사용하여 산정한다.

$$D_t = A_b \times U_b \quad (1)$$

건축물의 에너지 수요량(D_t)은 <Table 6>에 마지막 컬럼에 있는 비상용 건축물 용도별 에너지 소비 원단위(U_b)와 건축물 연면적(A_b)을 변수로 하는 수식(2)를 사용하여 산정한다.

1) 블록(Block)은 연구자가 ArcGIS에서 에너지 소비형태분석을 위해 임의로 선정하는 영역으로 단위건물 경계영역, 건물들의 집합영역, 주변 도로를 경계로 하나의 폐공간 영역을 뜻함.

$$D_e = A_b \times U_e \quad (2)$$

각 해당 건축물도형정보에 상응하는 평상시 및 비상시 에너지 수요량(D_t)은 건축물 연면적(A_b)과 비상전원 설비 원단위(U_e)에 정전직후 경과시간을 반영한 용량(U_{et}) 그리고 비상시 건축물의 비상전원 수요량(D_e)에 관한 식(3)을 사용하여 추정된다.

$$D_t = (A_b \times U_{et}) - D_e \quad (3)$$

4. 비상시 대도시권역 에너지수요 예측

4.1 사례조사 대상지 개요

사례대상은 대구광역시(총 면적 883.7km², 인구 2,529천명)이다. 행정구역은 8개구군(중, 동, 남, 서, 북, 수성, 달서구, 달성군)과 139개의 행정동이 있으며, 위치 및 행정구역 현황은 <Fig. 2>와 같다.

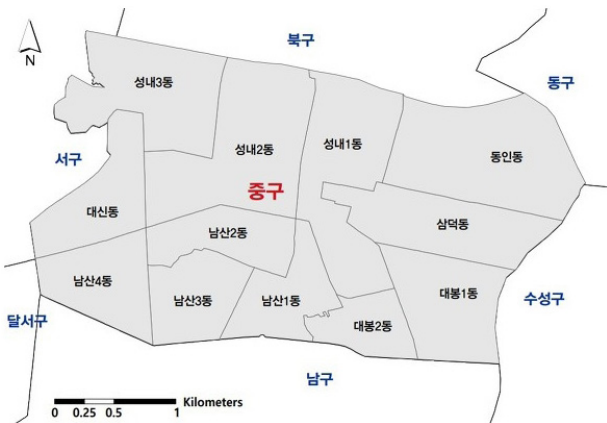


Fig. 2. Administrative Districts of Survey area

분석대상지는 거주인구비율이 높고 비상시 경제적 손실이 막대한 주요 업무시설과 산업시설이 고루 분포된 중구로 한정한다. 중구의 건축물 용도별 현황은 <Table 7>과 같이, 중구의 전체면적 대비 업무건축물 18%, 상업건축물 26%, 주거건축물 40%, 녹지 16%를 차지한다. 상업지역은 총 면적 3.15km²로 대구광역시 전체 상업지역(17.0km²)의 약 19%를 차지한다(중구청, 2017).

Table 7. Use ratio of Survey area

Usage of area	Business	Commercial	Dwelling	Green space	Sum
Ratio (%)	18	26	40	16	100
Area (km ²)	1.31	1.84	2.82	1.11	7.08

4.2 평상시 에너지 수요량 분포

본 절은 3장에서 구축한 공간정보기반 건축물 및 설비 원단위 DB(⑧)를 이용하여 평상시 에너지 수요량을 추정하고, 도시지역의 공간단위 에너지 수요 특성을 파악하였다. 3장에서 산정한 각 건축물의 에너지사용 추정량을 GIS 데이터 DB(③)에 적용하여 ArcGIS 상에 평상시 건축물의 에너지 수요량(U)을 <Fig. 3>과 같이 시각화하였다.

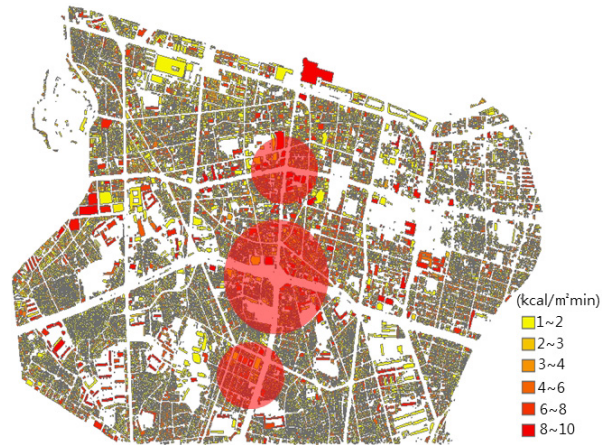


Fig. 3. Normal energy demand forecast of survey area

조사 대상지의 에너지 소비량을 추정한 결과, 도로 중심선(그림 상에서 흰색선)을 기준으로 높은 에너지 소비 분포가 나타나고, 특히 대형 상업시설물과 업무시설 분포가 많은 역세권의 에너지 소비가 분석된다.

4.3 비상시 에너지 수요량 분포 예측

건축법과 소방법상의 비상전원 설비를 기준으로 단위 면적당 수용률 60%를 적용한 비상전원 용량과 이를 비상전원 설비 원단위(U_e)를 사용하여 건축물 용도별로 비상전원 설비의 에너지 수요량을 추정하였다. 정전직후 10분, 15분 30분 경과시간에 따른 에너지 요구량 추정결과는 각각 <Fig. 4, 5, 6>로 시각화된다.



Fig. 4. Emergency power demand of 10 min. of blackout



Fig. 5. Emergency power demand of 15 min. of blackout



Fig. 6. Emergency power demand of 30 min. of blackout

〈Fig. 7〉에 제시된 추정 그래프에 의하면, 약 20분경과 시점부터 상업 및 업무시설과 같은 대량 에너지 소비 건축물을 대상으로 비상전원설비의 기능을 상실하고, 30분이 경과된 시점부터 대부분의 건축물이 비상시 에너지 수요량이 비상전원설비 용량을 초과하여 기능이 정지되는 것으로 분석된다.

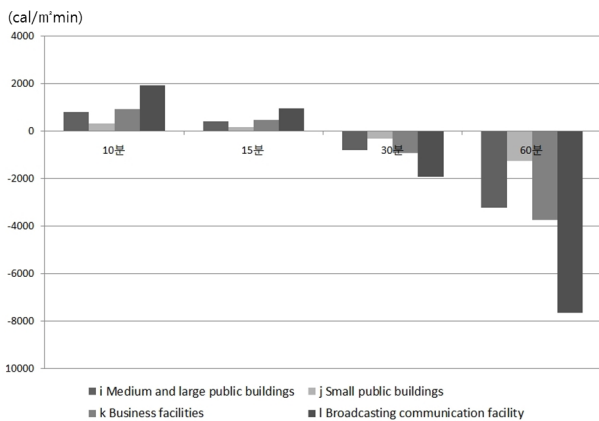


Fig. 7. Emergency power requirements over time

대부분의 건축물의 기능이 정지되는 21분 시점을 기준으로 각 용도별 비상전원 설비용량 추이가 〈Fig. 8〉에 제시된

다. 구축된 GIS 데이터 DB를 ArcGIS를 통해 다시 엑셀파일로 추출하면 분단위의 비상전원 설비 수요량 변화추이가 정량화된다. 그림에 표시된 a~x는 〈Table 5〉에 기술된 건축물 용도별 분류코드이다.

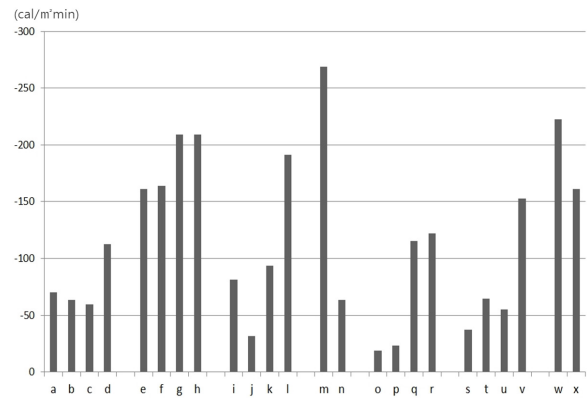


Fig. 8. Estimated emergency power requirement of 21 minutes after blackout

건축물 유형 중 교육시설(o, p)의 경우, 비상전원 수요량이 최소로 분석되었다. 이는 해당 건축물의 사용시간이 짧은 결과로 해석된다. 하지만 최근 국내에 발생된 지진과 더불어 이상기후로 인한 재난 상황이 발생되면, 관공서와 교육시설은 대표적인 피난시설로 사용되는 점을 감안할 때 비상전원설비 용량에 대해 재고될 필요가 있다. 그 반면, 최대 비상전원 수요량을 나타내는 병원시설(m)의 경우, 생명 유지 장치 및 수술실의 기능유지는 인명과 직결되는 문제로 높은 수준의 비상전원이 요구됨에 따라 〈Fig. 〉에 예측된 에너지 요구량에 맞춰 확충이 필요한 것으로 해석된다. 한편, 통신시설(l)의 경우도 비상시 높은 전력을 요구하는 데, 이는 비상시 재난방송의 전파 역할을 하는 중요 건축물로 비상시 통신두절이 되지 않도록 기능 유지를 위해 무정전전원설비(UPS)를 비롯한 비상전원설비의 확충이 고려되어야 할 것으로 예상된다.

5. 결론

본 논문은 도심지 건축물 용도별 에너지 소비 원단위, 비상전원설비의 용량 및 공간정보를 활용하여 정전 시 대도시권역 에너지 수요량을 예측하는 모델을 제시한다. 구축한 예측모델을 활용하여 조사 대상지의 에너지 소비를 분석한 결과 정전 직후 약 21분 경과시점부터 대형 건축물과 업무시설 등 에너지 소비가 큰 건축물의 에너지 수요량이 시설된 비상전원 설비용량에 근접하였고, 30분 경과부터 대부분의 건축물이 비상전원설비의 기능을 상실하는 것으로 나타났다.

본 도시권 에너지 수요량 예측방법론은 기존 도시공간에서 에너지수요 예측을 위한 방법에 비해 예측의 정밀도가 높고 미시적인 단위공간단위까지 예측이 가능하다. 또한, 건물 단위로 평시 대비 비상시 소요전력을 DB로 관리할 수 있고, 비상시 도시권 전체 건축물의 에너지 수요추이를 GIS로 시각정보를 제공함으로써 비상상황에 대비전략 및 대처방안 수립에 활용도가 클 것으로 기대된다. 또한, 본 연구결과는 전기공급자의 입장에서 순환정전과 같은 전력 예비율 확보전략을 수립하는 기초자료로 활용이 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1A5A1025137: ERC 선도연구센터 지원사업).

References

Disaster and Safety Management Basic Law, Article 3 (2018.9.18.)

Jung, D.Y., Son, Y.G., and An, S.H. (2008). "A Study for Database Construction of Building Register based on GIS and Development of Information System." *Journal of the Korea Real Estate Academy*, 34, pp. 318-332.

Kim, M.J. (2014). "A Study on the Capacity of Emergency Power System for Principal Buildings." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 30(6), pp. 271-273.

Heu, T.H., and Yoon, Y.M. (2013). "Energy Crisis and National Security in the Era of Oil Depletion : A Simulation Analysis." *The Korean Association of Northeast Asian Studies*, 51, pp. 175-199.

Jo, G.R., and Joo, I.Y. (2005). "Study on the Large-Scale Power Blackout Management System in

the Level of National Crisis Management." *Korea Security Science Association*, 10(10) pp. 387-407.

Lee, J.S. (2013). "A study on legal system for building safety city of response of climate change and disaster." Korea legislation research institute.

Son, B.H. (2005). "Study on the Typical Energy Consumption Value of the Hotel in Daegu." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 25(1), pp. 227-230.

Statistical Yearbook of Natural Disaster (2017), Ministry of the Interior and Safety.

요약 : 이상고온 현상으로 전력수요가 예측치를 초과하여 대규모 정전사태가 발생하고 있다. 과밀화된 도시의 경우, 예상치 못한 에너지 수급 차질은 막대한 경제적 피해를 초래하고 도시기능을 마비시키는 중요한 위협요소이다. 기존 비상전력 수요량을 추정하는 방법은 도시의 공간적 차원에서 현실적 수요량을 추정할 수 없어 비상시 예비전력 관리가 용이하지 않다. 본 논문은 도시의 공간 정보와 건축물 용도별 평상시 에너지소비 원단위, 비상시 전력수요 원단위를 활용하여 비상전력수요의 공간적 분포를 규명하고, 이를 활용하여 비상전력 수요량을 예측하는 방법론을 제시한다.

키워드 : 비상전원설비, 재해, 에너지소비, GIS, 정전
