

제주계통의 기온변화 민감도를 반영한 주말 전력수요예측

A Study on the Weekend Load Forecasting of Jeju System by using Temperature Changes Sensitivity

정희원* · 구본희* · 차준민†
(Hui-Won Jeong · Bon-Hui Ku · Jun-Min Cha)

Abstract -The temperature changes are very important in improving the accuracy of the load forecasting during the summer. It is because the cooling load in summer contribute to the increasing of the load. This paper proposes a weekend load forecasting algorithm using the temperature change characteristic in a summer of Jeju. The days before and after weekends in Jeju, when the load curves are quite different from those of normal weekdays. The temperature change characteristic are obtained by using weekends peak load and high temperature data. And load forecasted based on the sensitivity between unit temperature changes and load variations. Load forecast data with better accuracy are obtained by using the proposed temperature changes than by using the ordinary daily peak load forecasting. The method can be used to reduce the error rate of load forecast.

Key Words : Load forecasting, Weekend load, Temperature changes

1. 서 론

전력계통의 가장 중요하면서 기본적인 목표는 고품질의 전력을 안정적이고 경제적으로 공급하는 것이다. 안정적이지 못한 전력공급은 산업 및 경제활동에 큰 지장을 주게 된다. 따라서 적절한 전력수급을 위해 높은 정확성을 가진 전력수요예측이 요구된다. 그러나 2011년 9월, 국내 전력계통에서 예비율이 0.36%(예비력 약 24만[kW])까지 떨어지는 대규모 정전이 일어났다[1]. 대규모 발전소 예방정비기간인 9월 중에 발생한 폭염(최고온도 33℃)이 수요예측에 적절하게 반영되지 못하면서 급증한 수요만큼 과부하가 발생한 것이 원인이었다. 이와 같이 전력 수요의 예측은 안정적인 전력수급에 큰 영향을 미치며 예측의 정확도는 계통 운영에서 매우 중요한 요소이다.

수요예측을 위한 방법으로 과거부터 여러 기법들이 사용되어 왔다. 일반적인 전력수요예측에 사용되는 방법으로 지수평활법을 이용한 단기 전력수요예측 방법이 있다. 지수평활법은 과거 모든 데이터를 이용하여 가까운 과거의 데이터에는 큰 가중치를 주고 먼 데이터에는 가중치를 적게 주는 방법이다[2]. 또한 전력수요 변동률을 이용한 상대계수 모형을 구성하여 전력수요 예측을 진행하는 방법, 기상 변수 및 경제 지표를 고려한 예측기법 등 다양한 수요예측 방법에 대한 연구가 진행되었다. 미국의 전력회사

PJM의 경우 52주간의 피크부하 분포로 이루어진 부하 시계열 모형을 이용하여 수요예측을 진행하고 있다[3]. 다양한 수요 예측 방법이 나옴에 따라 수요예측을 수행함에 있어 부하 및 온도 데이터 외에도 여러 가지 변수가 적용되고 계산방법 또한 더욱 복잡해졌다.

본 연구에서는 하절기 주말의 기온 변화 특성과 일 최대 전력 수요 데이터를 이용하여 온도에 대한 민감도 및 가중치를 선정하고 몇 가지 시나리오를 가정하여 제주 계통의 하절기 주말 전력 수요예측을 수행하였다. 수요예측에 사용되는 가장 핵심적 요소인 온도와 관련된 민감도나 가중치를 이용하여 비교적 간단한 방법으로 수요예측을 할 수 있다.

2. 제주계통의 부하 특성

독립적으로 운영되고 있는 제주계통에서는 육지계통과 다르게 관광산업이 발달되어 독특한 계통 특성을 보인다. 육지계통에서 생산부문의 전력사용량이 가장 높은 비중을 차지하는 반면 제주계통의 경우 서비스업 전력사용량의 비중이 가장 크다. 서비스업의 전력사용량의 비중이 높은 특성으로 인하여 제주계통의 부하는 냉·난방에 의한 전력사용량이 가장 크다. 수요예측을 실시한 2014년 기준으로 전체 전력사용량의 38% 가량인 2,101,001 [MWh]를 서비스 부문에서 사용하고 있다.

그림 1은 제주 계통의 부문별 전력사용량 비중을 나타내는 그림이다[4].

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Daejin University, Korea.

E-mail: chamin@daejin.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Daejin University, Korea

Received : February 29, 2016; Accepted : April 12, 2016

3. 기온변화를 이용한 전력수요예측

3.1 기온변화에 따른 수요예측

2014년도의 수요예측을 하기 위하여 2013년의 각 최고기온 데이터를 이용해 기온변화에 따른 민감도를 산정한다. 먼저 하루 전날의 기온차와 부하의 차를 이용하여 부하증감률을 구한다. 이후 단위 온도 변화 당 부하증감률을 산정한 뒤 각 온도의 상승기와 하강기의 1℃ 증감에 따른 민감도를 다음과 같이 산정한다 [5-8].

$$I_r = \frac{\Delta L}{L_{real}} \quad (1)$$

$$R_{pu} = \frac{\Delta T}{I_r} \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{N} \sum R_{pu} \quad (3)$$

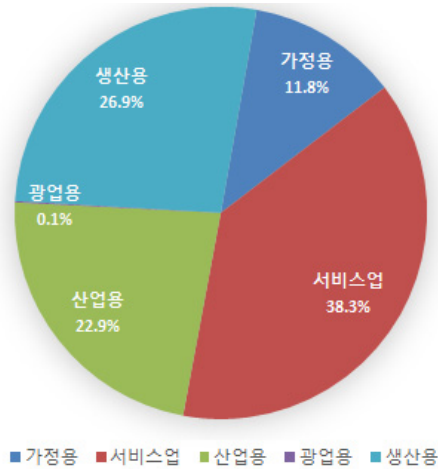


그림 1 제주 계통의 부문별 전력사용량

Fig. 1 Sectoral power consumption of the system Jeju

앞서 언급한 바와 같이 제주 계통의 경우 관광산업이 발달되어 주말부하가 상당히 큰 특성을 가지고 있다. 특히 휴가철의 경우 이러한 특성이 더욱 두드러지게 나타난다. 그림 2는 제주계통의 2014년 7월과 8월의 요일별 최대 부하를 나타낸 그림이다.

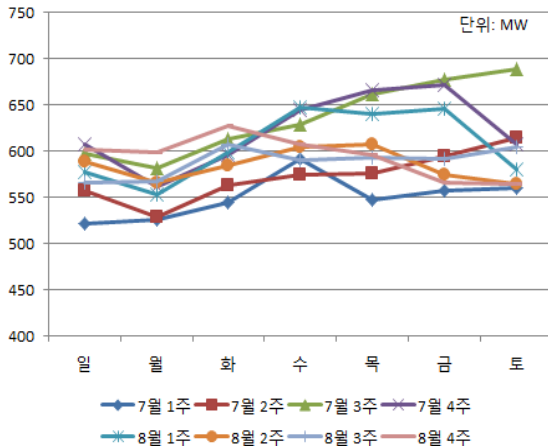


그림 2 2014년 제주 하절기 요일별 최대부하

Fig. 2 Maximum load by day of the week in 2014 Jeju summer time

평일부하와 주말부하의 차이가 큰 육지계통과 달리 제주 계통에서는 평일부하와 주말부하의 차이가 약 80~90%로 크지 않음을 알 수 있다. 오히려 7월 3주부터 휴가철과 맞물려 증가한 관광수요로 인해 주말부하가 평일부하보다 더 크게 나타남을 알 수 있다. 이와 같이 주말부하의 비중이 평일 부하와 비슷하거나 더 큰 점은 제주계통이 지니고 있는 큰 특징이다.

여기서, L_{real} : 예측 수행일의 부하

ΔT : 전일 대비 온도

ΔL : 전일 대비 부하

I_r : 부하 증감률

R_{pu} : 단위 온도 변화당 부하의 증감률

S : 기온 증감에 따른 민감도

N : 고려되는 전체 데이터 수

일반적으로 사람이 느끼는 체감 온도는 온도가 상승하는 기간과 하강하는 기간에 각각 다르게 나타난다. 그로 인하여 온도 상승기와 하강기를 구분하여 수요예측을 시행하였다. 그림 3은 온도상승기와 하강기를 알아보기 위한 제주의 2013년 7월~8월의 온도 추세곡선이다.

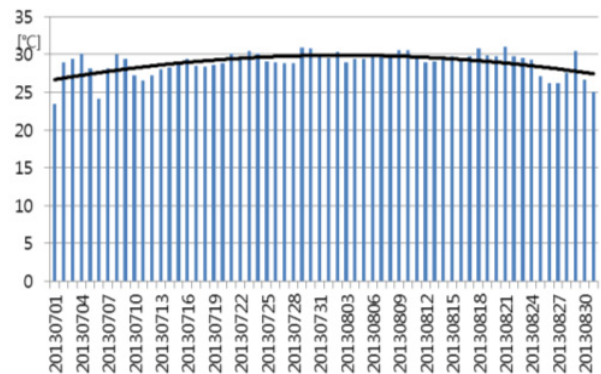


그림 3 2013년 제주의 7월~8월 최고온도 추세곡선

Fig. 3 Maximum temperature trend curve in Jeju 2013 July ~ August

그림 3의 2013년 추세곡선으로부터 7월부터 상승한 온도는 8월에 접어들며 점차적으로 낮아짐을 알 수 있다. 이에 온도 상승기를 7월, 온도 하강기를 8월로 가정하였다. 이후 민감도 산정 방법은 다음과 같이 4단계로 이루어진다.

- Step 1. 전일 대비 온도 증감량(ΔT), 부하증감량(ΔL) 산출
- Step 2. 기온상승기와 하강기의 부하증감률(I) 산출
- Step 3. 온도 변화에 따른 부하의 증감률(R_{pu}) 산정
- Step 4. 사용데이터 수로 평균을 구하여 기온 1도 증감에 따른 민감도 산정

위와 같은 과정을 통해 구해진 민감도는 각 상승기와 하강기의 온도 증감에 따라 표 1과 같다.

표 1 온도변화에 의한 민감도

Table 1 Sensitivity by temperature change

1) 온도 1도 상승에 대한 민감도	
온도상승기	온도하강기
0.0514	0.0249
2) 온도 1도 하강에 대한 민감도	
온도상승기	온도하강기
0.0875	0.0730

수요예측을 위하여 직전 몇 일간의 온도 평균과 예측 당일의 온도차를 이용한다. 이 때 온도차이가 클수록 예측의 오차율이 커지게 된다. 이를 보정하기 위하여 온도차에 대한 가중치를 산정한다. 온도차에 대한 가중치는 직전 몇일의 온도 평균과 예측일 온도의 차의 누적 분산 정도를 이용하여 산정한다.

그림 4는 온도차에 대한 가중치를 산정하기 위해 직전 3일의 온도 평균과 예측일간의 데이터 분산 정도와 온도차의 데이터 분산 정도를 나타낸 그림이다.

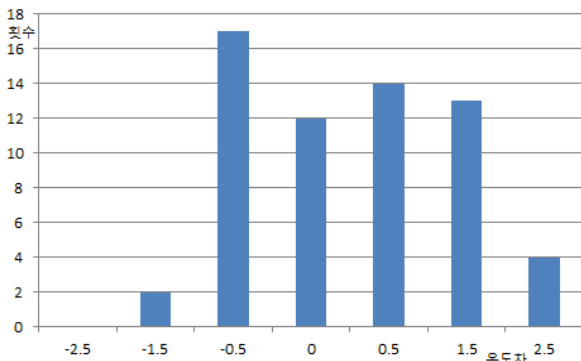


그림 4 직전 3일의 평균온도와 예측일간 온도차 데이터 분산 정도

Fig. 4 The data variance of the temperature difference of the previous 3 day's mean temperature and forecast day

그림 4의 결과로부터 온도차 0.5[°C] 이내에 해당되는 데이터가 전체 데이터의 50%이상임을 확인할 수 있다. 이로부터 0.5[°C] 이상의 가중치를 0.5, 이후 온도차가 1[°C]씩 증가함에 따라 가중치를 0.1씩 낮추어 산정하였다.

다음 표 2는 온도차에 대한 가중치를 나타낸 표이다.

표 2 온도차에 대한 가중치

Table 2 Weight for the temperature difference

온도차 [°C]	0.5~1.4	1.5~2.4	2.5이상
가중치	0.5	0.4	0.3

3.2 민감도와 가중치를 고려한 시나리오 산정

3.1에서 산정한 민감도와 가중치를 이용하여 2014년 제주계통의 하절기 주말부하를 예측한다. 이를 위해 일 최고 온도 및 일 최대부하 데이터를 사용한다. 주말 수요예측 시 적정 일수 데이터를 비교하기 위하여 예측일의 직전 3일과 5일의 데이터를 이용하였다. 또한 급격한 온도변화에 따른 수요의 변화는 실제 변화 비율보다 큰 폭으로 변동하므로 기온 차에 따라 각각 다른 가중치를 반영하여 수요예측의 오차를 비교한다.

- Case 1. 직전 3일의 일 최대부하와 일 최고기온 데이터를 이용한 수요예측 수행
- Case 2. Case 1의 계산 결과에 가중치 반영 (기온차 0.5도 이상; 0.5, 2.5도 이상; 0.3)
- Case 3. Case 1의 계산 결과에 가중치 반영 (기온차 0.5도 이상; 0.5, 1.5도 이상; 0.4, 2.5도 이상; 0.3)
- Case 4. 직전 5일의 일 최대부하와 일 최고기온 데이터를 이용한 수요예측 수행
- Case 5. Case4의 계산 결과에 가중치 반영 (기온차 0.5도 이상; 0.5, 2.5도 이상; 0.3)
- Case 6. Case 4의 계산 결과에 가중치 반영 (기온차 0.5도 이상; 0.5, 1.5도 이상; 0.4, 2.5도 이상; 0.3)

4. 사례연구

표 1과 표 2와 같이 산정한 민감도 및 가중치를 바탕으로 2014년 주말의 제주계통의 전력수요를 예측하였다. 주말의 범위는 금요일부터 일요일로 지정하였다. Case 1~3은 직전 3일의 데이터를 사용하였고, Case 4~6은 직전 5일의 데이터를 사용하였다. 또한 Case 별로 온도 차이에 대한 가중치를 각각 다르게 주어 비교함으로써 수요예측을 진행함에 있어 적합한 예측 방법을 판단한다. 다음 표 3은 각 Case별 오차율을 나타낸다.

표 3 Case별 오차율

Table 3 Error rates of each case study

	상승기(7월)	하강기(8월)
Case 1	10.14%	11.09%
Case 2	3.60%	3.59%
Case 3	3.65%	2.94%
Case 4	8.50%	10.71%
Case 5	3.11%	3.18%
Case 6	3.13%	3.15%

표 3의 결과를 보면 온도변화에 따른 가중치가 적용되지 않은 Case 1과 Case 4의 경우 오차율이 크기 때문에 수요예측에 적합하지 않다. 반면 온도변화에 따른 가중치를 모두 고려한 Case 3과 Case 6의 경우 상승기와 하강기 모두 고른 오차율을 보이기 때문에 적합한 예측 방법으로 판단하였다. 다음 표 4와 그림 5는 Case 3을 이용하여 수요예측을 한 결과를 나타낸다.

표 4 Case 3의 수요예측 결과

Table 4 Forecasted result of Case 3

	실제부하 [MW]	수요예측결과 [MW]	오차율 (%)
7월 3일	539.3	550.6	2.10
7월 4일	545.1	505.8	-7.21
7월 5일	521.5	520.8	-0.14
7월 10일	558.0	515.3	-7.66
7월 11일	560.9	576.9	2.85
7월 12일	557.3	513.5	-7.87
7월 17일	595.0	569.3	-4.32
7월 18일	615.3	608.3	-1.13
7월 19일	597.2	605.9	1.45
7월 24일	677.1	657.9	-2.83
7월 25일	688.7	706.3	2.56
7월 26일	607.9	633.9	4.28
7월 31일	671.9	651.4	-3.06
8월 1일	607.5	613.8	0.96
8월 2일	576.9	599.0	3.40
8월 7일	645.5	612.2	-5.30
8월 8일	580.5	600.2	3.05
8월 9일	588.5	632.4	7.06
8월 14일	575.0	546.9	-4.70
8월 15일	565.2	564.5	-0.11
8월 16일	566.6	586.8	3.46
8월 21일	592.2	608.9	2.79
8월 22일	604.4	603.5	-0.15
8월 23일	601.5	600.8	-0.13
8월 28일	585.3	550.3	-2.46
8월 29일	585.2	551.9	-2.26
8월 30일	552.4	583.4	5.38

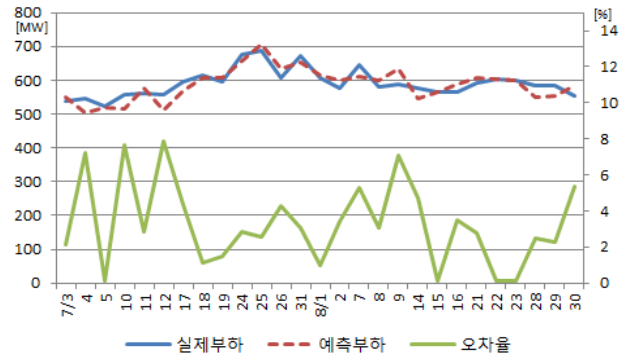


그림 5 실제부하와 예측부하 비교(Case 3)

Fig. 5 Comparison of the actual load and the load forecast (Case 3)

직전 3일의 데이터를 이용한 Case 3의 수요예측을 한 경우 최대 오차율이 약 7%정도이고 최저 오차율은 0.13%이다. 다음 표 5와 그림 6은 Case 6을 이용한 수요예측을 한 결과이다.

표 5 Case 6의 수요예측 결과

Table 5 Forecasted result of Case 6

	실제부하 [MW]	수요예측결과 [MW]	오차율 (%)
7월 3일	539.3	526.8	-2.32
7월 4일	545.1	503.0	-7.72
7월 5일	521.5	518.2	-0.64
7월 10일	558.0	521.1	-6.61
7월 11일	560.9	575.9	2.67
7월 12일	557.3	535.7	-3.88
7월 17일	595.0	575.8	-3.23
7월 18일	615.3	590.8	-3.99
7월 19일	597.2	595.4	-0.31
7월 24일	677.1	640.9	-5.35
7월 25일	688.7	688.3	-0.06
7월 26일	607.9	604.5	-0.56
7월 31일	671.9	670.7	-0.17
8월 1일	607.5	591.9	-2.49
8월 2일	576.9	596.3	3.05
8월 7일	645.5	593.8	-8.57
8월 8일	580.5	572.9	-1.24
8월 9일	588.5	628.7	6.45
8월 14일	575.0	533.6	-7.01
8월 15일	565.2	549.5	-2.68
8월 16일	566.6	570.2	0.62
8월 21일	592.2	595.6	0.58
8월 22일	604.4	600.2	-0.71
8월 23일	601.5	602.2	0.12
8월 28일	585.3	547.4	-2.95
8월 29일	585.2	544.6	-3.44
8월 30일	552.4	579.4	4.56

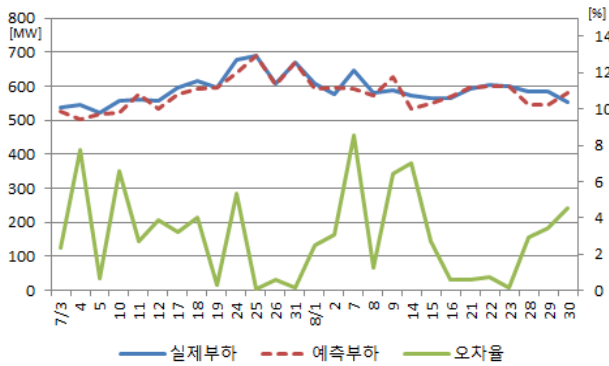


그림 6 실제부하와 예측부하 비교(Case 6)
 Fig. 6 Comparison of the actual load and the load forecast (Case 6)

직전 5일의 데이터를 이용한 Case 6으로 진행한 수요예측에서는 최대 오차율이 8.57%, 최저 오차율은 0.12%이다.

각 Case의 수요예측 결과를 통해 Case 별로 오차율이 크게 나온 예측일이 비슷함을 알 수 있다. 이러한 큰 오차율을 가진 예측일들은 직전일과의 기온차가 크게 나는 특징을 가지고 있다. 이는 실제 온도차이와 달리 체감적으로 느끼는 온도차이가 더욱 크게 느껴짐으로 인해 냉방부하가 급증하거나 감소하는 영향으로 큰 오차율로 예측이 된 것으로 판단된다. 또한 축제나 특수한 상황에 의해 전력 사용량이 급증한 경우에도 오차율이 증가하는 요인이 된다.

5. 결 론

본 연구는 제주계통의 하절기 주말 전력수요예측을 위해 온도 데이터와 부하 데이터를 이용하여 수요예측을 시행하였다. 2013~2014년의 온도 데이터와 부하 실적을 이용하여 민감도를 산정하고 수요예측을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

1. 서비스업이 전력사용량의 약 50%에 해당되는 제주계통의 하절기 및 동절기의 경우 온도에 따라 변화하는 냉난방부하가 전체 부하에서 큰 비중을 차지하기에 서비스업과 밀접한 관계가 있는 온도 특성이 수요예측 시 고려되어야 한다.
2. 기온특성을 이용하여 수요예측을 진행할 시 예측일과 직전 몇 일간의 온도차에 대한 민감도를 적용하여 수요예측의 오차율을 줄일 수 있다.
3. 직전일과의 온도차이가 크게 나지 않더라도 체감적으로 느껴지는 온도차이가 큰 경우 다른 요소를 더하여 수요예측을 진행하면 더욱 오차율이 적은 수요예측이 가능하다.

4. 일부 오차가 큰 결과로부터 온도의 특성뿐 아니라 장마나 태풍과 같은 자연 현상 혹은 지역 이벤트에 의한 별도의 수요예측이 고려되어야 한다.

References

- [1] Korea power Exchange, www.kpx.or.kr
- [2] Jun-Min Cha, Kyong-Ha Yoon, Bon-Hui Ku, "Annual Yearly Load Forecasting by Using Seasonal Load Characteristics With Considering Weekly Normalization", Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers Conference pp.17-18 2011. 7
- [3] Hyun-Woo Jung, Si-Yeon Kim, Jong-Hun Lim, Kyung-Bin Song, Jeong-Do Park, Seung-Mook Baek, Geum-Jin Lee, Kyung-Hee Chon, "The trend of weekly load forecasting model", Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers Conference pp. 496-497 2013. 7
- [4] Korea electric Power Corporation, "The Monthly Report on Major Electric Power Statistics", 2014.12
- [5] Sung-Il Kong, Young-Sik Baek, Kyung-Bin Song, Ji-ho Park, "The Daily Peak Load Forecasting in Summer with the Sensitivity of Temperature", Trans. KIEE Vol. 53 No. 6 pp. 358-363, 2004. 6
- [6] Kyung-Bin Song, Seong-Kwan Ha, "An Algorithm of Short-Term Load Forecasting", Trans. KIEE Vol. 53, No. 10 pp. 529-535, 2004.10
- [7] Bon-hui Ku, Kyoung-Ha Yoon, Jun-Min Cha, Kyung-Bin Song, Kyung-Bin Song, Ung-Ki Baek, "A Study on the Summer Load Forecasting by using the Characteristics of Temperature Change", The Proceedings of Fall Conference of Power Engineering Society of Korean Institute of Electrical Engineers(KIEE), pp. 153-155, 2010.11
- [8] Bon-hui Ku, Kyoung-Ha Yoon, Jun-Min Cha, "A Study on the Load Forecasting by using the Characteristics of Temperature in Jeju" The Proceedings of Fall Conference of Power Engineering Society of Korean Institute of Electrical Engineers(KIEE), pp. 250-252, 2011.10
- [9] Kwang-Ho Kim, Jong-Keun Park, Kab-Ju Hwang, "A Hybrid Short-term Load Forecasting Model Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Expert System", THE TRANSACTION OF THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS Vol .43 pp. 2002-2009, 1994.12

저 자 소 개



정 희 원 (Hui-Won Jeong)

1990년 2월 6일생. 2015년 대진대 공대 전기공학과 졸업. 2015년~현재 동대학원 전기공학과 석사과정

Tel. : 031-539-1910

Fax : 031-539-1910

E-mail : jhw6993@naver.com



구 분 희 (Bon-Hui Ku)

1984년 5월 4일생. 2008년 대진대 공대 전기정보시스템공학과 졸업. 2010년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2015년 동대학원 전기공학과 졸업(공박)

Tel : 031-539-1910

Fax : 031-539-1910

E-mail : kbony@daejin.ac.kr



차 준 민 (Jun-Min Cha)

1964년 5월 9일생. 1989년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 1996년~현재 대진대 전기공학과 교수.

Tel : 031-539-1915

Fax : 031-539-1910

E-mail : chamin@daejin.ac.kr