

# 스마트폰 기반의 풍력에너지 효율 분석

류창수\* · 허창우\*\*

예원예술대학교\* · 목원대학교\*\*

Efficiency Analysis of Wind Energy Based on Smart Phone

Chang-su Ryu\* · Chang-wu Hur\*\*

Yewon Arts University\* · Mokwon University\*\*

E-mail : twins70@yahoo.com\* · chang@mokwon.ac.kr\*\*

## 요 약

에너지는 인간사회가 필요로 하는 가장 중요한 자원중의 하나로서 에너지개발과 이용의 역사는 인류역사의 한 줄기를 이루고 있습니다 특히 풍력의 환경 친화적인 에너지 개발의 필요성이 대두되면서 대체에너지에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있습니다

본 논문에서는 스마트폰을 활용하여 초소형 수직축 풍력발전기에서의 에너지 생산량 및 효율을 기상청 기후변화 시스템의 풍속과 블레이드의 폭과 그 재질에 따른 실시간 에너지 생산 효율을 분석하는 시스템을 제시한다

## ABSTRACT

Energy is one of the most important resources for human society and the history of its development and use have been part of human life. Especially as the need of eco-friendly energy development has been on the rise, the interest in alternative energy has grown consistently.

This paper, so as to identify the energy output and efficiency from a micro vertical-axis wind generator, by utilizing a smart phone, presents a system to analyze the production efficiency of real-time energy, according to the wind velocity and the width and the material of the blade of the climate change system in the Meteorological Office.

## 키워드

스마트폰, 풍력에너지, 에너지효율, 블레이드

## I. 서 론

최근 모바일 사용자들은 언제 어디서나 스마트폰을 이용한 인터넷 접속이 가능하고 이를 통한 정보 검색 및 공유가 가능하다. 스마트폰은 PC, 네이비이션, 디지털카메라, 신문, TV, MP3플레이어, 스케줄러의 기능을 아우르는 스마트 미디어 단말기이다. 이러한 단말기가 기존 휴대폰의 자리를 꿰차면서 사람들의 생활방식까지 바꿔 놓고 있다. 즉 새로운 문화를 창출하는 매개체 역할까지 하고 있는 것이다. 시장조사에 따르면 올해 세계 휴대폰 시장 규모는 전년 대비 10% 가량 성장

한 14억3600만대로 전망된다. 이중 스마트폰 비중은 전체의 30%인 4억2000만대 수준으로 성장세를 이어갈 것으로 예상된다. 전 세계 이동전화 가입자 3명 중 1명이 스마트폰을 사용하고 있다는 뜻이다[1][2].

풍력발전이 성장 근거는 무엇보다도 1997년 교토의정서 비준이다. 기후 협약에 따라 Annex 국가들은 2008년~2012년 사이에 온실가스 총배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 감축해야 할 의무를 진다. 배출 감소 의무 국가는 EU 8%, 미국 7%, 일본 6% 등 38개국이다. 다른 145개의 개발도상국들은 아직 감축의무는 없으나 머지않아 배

출 감소 목표치를 할당 받을 예정에 있어 풍력에너지 확대는 불가피하다[3][4].

본 논문에서는 스마트폰을 활용하여 초소형 수직축 풍력발전기에서의 에너지 생산량 및 효율을 기상청 기후변화 시스템의 풍속과 블레이드에 따른 실시간 에너지 생산 효율을 분석하는 시스템을 제시한다.

## II. 관련연구

### 2.1 안드로이드 플랫폼

안드로이드(Android)는 운영체제, 미들웨어 및 핵심 응용프로그램을 포함하는 휴대기기용 소프트웨어 스택으로, 휴대 전화를 비롯하여 MP3 플레이어와 같은 휴대기기도 적용된다. 안드로이드 운영체제는 리눅스 기반의 개방형 운영체제로 3.2 버전까지 출시되었으며, 우리나라에서는 스마트폰에 2.3.3 버전이 주로 이용되고 있다. 또한, Android software development kit(SDK)를 이용하여 카메라, GPS 등 하드웨어와 SMS 송수신 등의 스마트폰 기본 기능에 접근 및 제어 가능한 APIs를 제공한다. 이를 이용하면, 안드로이드에서 기본으로 제공되는 응용프로그램 이외의 사용자의 요구에 맞춘 응용프로그램 개발이 가능하다. 안드로이드의 아키텍처는 어플리케이션, 어플리케이션 프레임워크, 라이브러리, 안드로이드 런타임, 리눅스 커널로 구성된다[2].

### 2.2 위치기반서비스(LBS)

위치기반서비스는 위성 신호, 이동통신망 등을 이용한 기술로, 위치추적 기술, 정보기술, 단말기 기술, 이동통신망 기술 등을 통합적으로 구성하는 시스템 구성이 필요하다. 위치기반 서비스를 위한 기술 체계는 이동단말기의 위치를 파악하는 무선측위 기술과 서비스를 위한 핵심 기반기술을 제공하는 LBS 서버기술, 그리고 다양한 LBS 응용기술들을 들 수 있다[3].

### 2.3 풍력에너지

#### 가. 수직축 풍력발전

수직축 풍력발전기에는 원호형 날개 2-3개를 수직축에 붙인 다리우스형(Darrieus type)과 2-4개의 수직 대칭형 날개를 붙인 자이로밀형(Gyromill type), 그리고 반원통형의 날개를 마주보게 한 사보니우스형(Savonius type) 등이 있다. 수직축 풍력발전기는 바람의 방향에 영향을 받지 않아 요잉장치가 필요 없으며, 사막이나 평원에는 적합하지만 소재가 비싸고 수평축에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있다[5].

#### 나. 효율

풍력에너지는 날개를 이용하여 바람이 갖는 힘을 전기에너지로 바꾸는 것으로 블레이드 증속기, 발전기, 타워 및 전력변환장치 등의 요소 기술을 가지며, 이중 날개 즉, 블레이드의 형상 및

종류에 따라 풍력에너지의 효율이 크게 좌우된다. 특징

블레이드의 모양을 보다 자유롭게 설계할 수 있다. 전체 차지하는 체적이 줄어든다. 체적이 줄어든 만큼 발전기 전체 무게가 줄어든다. 재질의 선택 폭이 넓어지므로 무게가 줄어든다. 회전속도가 빨라진다. 그림1과 같이 축의 상하에 제네레이터를 설치하여 하나의 블레이드에 2개의 제네레이터가 있을 경우의 장점이 있다.

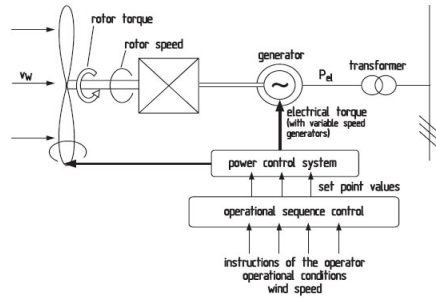


그림1. 풍력 터빈 제어 시스템

풍속은 높이 올라갈수록 더욱 빨라진다. 대략 높이가 2배 일 때 10%정도로 풍속이 빨라진다고 한다. 즉 지상 10m에서 15m/s의 바람이면 80m 높이에서는 33% 증가하여 약 20m/s의 풍속이 되며 에너지는 2.37배가 된다. 같은 방식으로 계산하면, 500m 높이에서는 약 70% 풍속이 증가되어 풍속 25m/s에 에너지는 15m/s일 때보다 약 4.6배가 된다. 단박풍력시스템에서는 이 전체에너지를 약 70%까지 전력 에너지화 할 수 있을 것으로 예상하는 바 구조물의 높이를 더 높게 올리는 것이 매우 중요하다. 500m까지 높게 구조물을 높이면 지상에서 보다 4.6배의 전력을 생산할 수 있게 된다. 더 높은 곳에 더 많은 초소형 수직축을 장착하는 것이 단박시스템의 핵심 기술이 될 것이다 [6][7][8].

## III. 풍력에너지 효율 분석

### 3.1 풍력의 에너지생산

$$P = 0.5 \times AD \times (D^2 \times 0.7854) \times V^3$$

P : 전원 watts

AD : 공기밀도(1.22 바다수준)

D : 직경 (미터)

V : 속도 (m/s)

그래서 20mph (8.9 m/s)의 바람과 6피트 다이아 (1.8 m)라면,

$$P = 0.5 * 1.22 * (1.8^2 * 0.7854) * 8.9^3$$

P = 1,094 watts 이다.

블레이드의 범위는 20%~40% 범위에서,  
 $P = 0.5 * 1.22 * (1.8^2 * 0.7854) * 8.9^3 * 0.4$   
 $P = 437 \text{ watts}$  이다.

우리 전체 효율이  $(0.4 * 0.6 = 0.24)$  24%가 가장 효율적이다. 그림2과 같이 국내 우수지역은 7 m/s 이다.

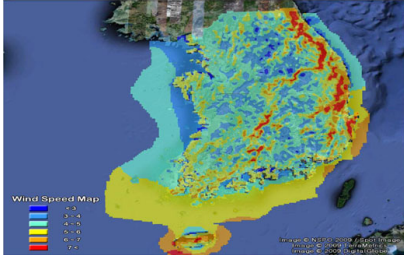


그림2. 국내 풍력 발전의 우수지역

$P = 0.5 * 1.22 * (1.8^2 * 0.7854) * 8.9^3 * 0.24$   
 $P = 262 \text{ watts}$  이다.

3.2 지주크기 당 속도비율

$$D = \left( \frac{P}{\left( \frac{C_p \times \rho}{2} \times \frac{\pi}{4} \times V^3 \right)} \right)^{0.5}$$

- D : 지주 직경(meters)
- P : 전력(watts)
- CP : 전체 효율(일반적으로 0.15-0.20)
- rho : 공기 밀도(바다 수준 1.22)
- V : 바람의 속도(m/s) [9].

$$P = \frac{C_p \times \rho}{2} \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times V^3$$

TSR : 팁 속도 비율을 확인하려면

$$TSR = \left( \frac{rpm \times \pi \times D}{60} \right) / V$$

예를 들어 1000 rpm으로 500w를 생성 할 수 있다.

$$TSR = 1000 * 3.14 * 2 / 60 / 10$$

$$TSR = 10.46(\text{tip speed ratio})$$

그래서 10.5(tip speed ratio)부터 우리가 얻은 매우 까다로운 것 다른 것에도 시도 할 수 있다. 주어진 TSR에서 RPM을 계산하려면,

$$RPM * V * TSR / (\pi * D) = 60$$

예를 들어 TSR = 6은  $RPM = 60 * 10 * 6 / (\pi * 2)$  이고

RPM = 573 rpm 을 의미한다.

3.3 초소형 수직축 에너지 생산량

블레이드의 폭을 10cm정도로 하고 그 재질을 플라스틱 종류로 한다는 가정하에 15m/s 풍속에서 25% 생산효율을 기대하여서 각 풍속에 따른 기존 수직축풍력발전기와 비교하여 보았다. 그 결과를 표1과 같이 예상하여 보았다.

단위 면적당 에너지:  $[w/m^2]$

각 풍속에서의  $1 m^2$  단위 면적당 1초 동안 받는 바람의 에너지이다.

$$E = 1/2 * m * v^2 = 1/2 * (\rho * V) * v^2 = 1/2 * \rho * v^3$$

$$d = 1.2kg/m^3(\text{공기의 밀도}) \text{으로 하여 계산하였다.}$$

풍속 (m/s)	단위면적당 에너지 (W/m^2)	기준 수직축(1m)	생산 효율(%)	초소형 수직축 (1*2)	생산 효율(%)	초소형 50개
1	0.6	0.03	5	0	10	0.06
2	4.8	0.48	10	0.02	18	0.86
3	16.2	2.43	15	0.07	23	3.73
4	38.4	7.68	20	0.22	28	10.75
5	75	18	24	0.47	31	23.25
6	129.6	34.99	27	0.86	33	42.77
7	205.8	61.74	30	1.44	35	72.03
8	307.2	79.87	26	2.09	34	104.45
9	437.4	96.23	22	2.89	33	144.34
10	600	120	20	3.84	32	192
11	798.6	143.75	18	4.79	30	239.58
12	1,036.80	165.89	16	5.81	28	290.3
13	1,318.20	200	15.17	7.12	27	355.91
14	1,646.40	215.38	13.08	8.56	26	428.06
15	2,025.00	230.77	11.4	10.13	25	506.25
16	2,457.60	246.15	10.02	10.81	21.98	540.27
17	2,947.80	261.54	8.87	11.48	19.47	574.03
18	3,499.20	276.92	7.91	12.16	17.37	607.8
19	4,115.40	292.31	7.1	12.83	15.59	641.57
20	4,800.00	307.69	6.41	13.51	14.07	675.33
21	5,556.60	323.08	5.81	14.18	12.76	709.1
22	6,388.80	338.46	5.3	14.86	11.63	742.87
23	7,300.20	353.85	4.85	15.53	10.64	776.63
24	8,294.40	369.23	4.45	16.21	9.77	810.4
25	9,375.00	384.62	4.1	16.88	9	844.17
26	10,545.60	400	3.79	17.56	8.33	877.93
27	11,809.80	415.38	3.52	18.23	7.72	911.7
28	13,171.20	430.77	3.27	18.91	7.18	945.47
29	14,633.40	446.15	3.05	19.58	6.69	979.23
30	16,200.00	461.54	2.85	20.26	6.25	1,013.00
31	17,874.60	476.92	2.67	20.94	5.86	1,046.77
32	19,660.80	492.31	2.5	21.61	5.5	1,080.53
33	21,562.20	507.69	2.35	22.29	5.17	1,114.30
34	23,582.40	523.08	2.22	22.96	4.87	1,148.07
35	25,725.00	538.46	2.09	23.64	4.59	1,181.83
36	27,993.60	553.85	1.98	24.31	4.34	1,215.60
37	30,391.80	569.23	1.87	24.99	4.11	1,249.37
38	32,923.20	584.62	1.78	25.66	3.9	1,283.13
39	35,591.40	600	1.69	26.34	3.7	1,316.90
60	129,600.00	923.08	0.71	40.52	1.56	2,026.00

표1. 풍속에 따른 에너지 생산량

3.4 기상청 제공 데이터

기상청 날씨정보 중 풍력기상자원지도의 평균 풍속과 지역별 통계 데이터 그림3과 표2를 풍력 발전 서버로 전해준다.

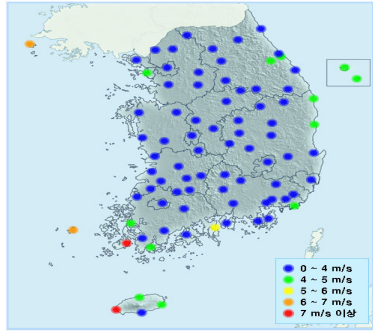


그림3. 기상청 풍력자원 지도

지명	해발높이	풍속계높이	지표면조도	경도풍높이	
내륙	서울	85.5	10.6	0.33	500
	대전	77.1	10.4	0.22	400
	대구	57.8	23.6	0.22	400
해안	부산	63.2	17.8	0.33	500
	인천	68.9	11.0	0.22	400
	울산	31.5	10.8	0.22	400

표2. 지상관측소 해발높이와 풍속계높이

3.5 스마트폰을 이용한 모니터링 앱 설계

원격 풍력에너지 모니터링을 위한 스마트폰 앱은 풍력발전기 및 주변지역 사진을 촬영하고 고 해상도 영상, 3차원 위치정보 그리고 3차원 자세 정보를 서버로 전송하고 기상청 풍력기상지원 데이터를 실시간으로 데이터를 받아 서버로 전송하여 풍력에너지 효율분석 및 풍력발전기 상태 파악이 가능하도록 그림4와 같이 설계한다.



그림4. 스마트폰 모니터링 풍력발전기 개념도

모니터링 앱은 안드로이드 2.3 SDK를 이용하여 Samsung Galaxy S에서 실행되도록 개발되었다. 소프트웨어를 실행하면 시작, 종료, 스케줄 관리, 환경설정, 자동 촬영 테스트 실행이 가능한 시작 화면이 나타난다. 시작버튼은 모니터링 스케줄에 등록된 스케줄을 이용하여 정해진 시간에 촬영이 되도록 모니터링 스케줄러를 실행하고 종료버튼은 모니터링 스케줄러를 종료한다. 스케줄 관리에 스케줄 설정 버튼을 클릭하면 모니터링 스케줄을 분 단위로 등록하는 관리화면이 실행된다.

풍력터빈에 부착된 세서를 이용해 실시간 날씨 정보를 제공하고 풍력터빈이 생산할 수 있는 에

너지의 양과 발전기 상태를 제공하며 변화하는 바람의 상태를 파악해 알려준다. 풍력터빈을 통해 수집된 정보는 내부적인 운영, 유지관리, 및 확인하고 풍력발전기 서버 컴퓨터를 통해 날씨 예측 및 에너지 효율성을 분석하게 한다.

IV. 결 론

스마트폰을 활용하여 초소형 수직축 풍력발전기에서의 에너지 생산량 및 효율을 기상청 기후 변화 시스템의 풍속과 블레이드에 따른 풍력터빈의 위치에 따른 실시간 날씨 정보에 대한 에너지 생산 효율을 분석하는 시스템을 제시하였다.

향후 스마트폰 환경의 소형 풍력발전의 에너지 출력 효율 데이터를 분석하며 이산화탄소 배출량 계산 등의 데이터베이스를 구축하여 그린에너지 효율에 대한 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] 유기표, 김영문, “와이블레이터를 이용한 소형풍력발전기 출력에 대한 평가, 한국태양에너지학회논문집, Vol. 32, No.2, pp.95-104, 2012.
- [2] 이성규, 김진수, 김영섭, 최철용, “카메라 기반의 원격 모니터링 시스템을 위한 안드로이드 스마트폰 앱 개발, 한국공간정보학회지, 제19권 제5호, pp.87-96, 2011.10.
- [3] 김용호, 김형균, “스마트폰 기반의 LBS를 이용한 투어게임에 관한 연구, 디지털정책연구, 제10권 제5호, pp.239-244, 2012.06.
- [4] 여무송, “풍력에너지 수용률 향상과 전력망 적응형 풍력에너지기술”, 전기의 세계, 제60권 제11호, pp.20-28, 2011.
- [5] S. A. Papathanassiou and N. G. Boulaxis, “Power limitations and energy yield evaluation for wind farms operating in island systems”, Renewable Energy Vol. 31, pp.457-479, 2006
- [6] Davidson, M., ‘Wind-farm power quality and network interaction’. Proceedings of the 18th British Wind Energy Association Conference, pp 227-231, 1996.
- [7] Rudy and Jill Ruterbusch, “Trying a Small System First.”, Home Power Magazine #80, pps. 50-54, 2001.01.
- [8] List of Manufacturers of Small Wind Turbines from the American Wind Energy Association. www.AWEA.org
- [9] 한국풍력산업협회, www.kweia.or.kr
- [10] 한국전력공사, www.kepco.co.kr