

# AEROSORGAILUAK ETA LURREKO TELEBISTA DIGITALA

ITZIAR ANGULO PITA  
Komunikazioen Ingeniaritza Saila  
Euskal Herriko Unibertsitatea

## BA AL DUTE ZERIKUSIRIK PARKE EOLIKOEN ETA TELEBISTAK?

Orain dela hamar urte, Oiz mendian hogeita hamar haize-sorgailu instalatu eta gero, telebista ikusteko arazoak izaten hasi ziren Markina aldean. Une hartan, mendi-gailurrean dauden bi igorgailuetatik transmititzen zen seinale analogikoa. Eraginak nabarmenak ziren seinale hartan: irudia bikoiztuta ageri zen, interferentziaz betea, eta distiraren gorabeherak gogaikarriak ziren ikusmenerako.

Zer gertatzen zen, beraz? Parke eolikoek hainbat efektu eragiten dituzte seinale elektromagnetikoetan, eta, ondorioz, zenbait kasutan, inguruan eskaintzen diren telekomunikazio-zerbitzuek kalitatearen degradazioa jasan dezakete. Hau da, aerosorgailuek norabide guztietan sakabanatzen dute ailegatzen zaien seinale elektromagnetikoa. Gainera, energia sortzeko mugitu egiten direnez, sakabanatzen den seinalea aldakorra izaten da. Hori dela eta, barreatutako seinaleen ezaugarriak faktore ugariaren arabera koak dira: batzuk finkoak, hala nola transmisore eta hargailuaren arteko distantzia zein haize-sorgailuen tamaina eta materialak; beste batzuk, ordea, aldakorak dira denborarekiko, besteak beste, besoen erroztazio-abiadura nahiz errotoarearen orientazioa. Seinale nagusia eta sakabanatutakoak konbinatzen direnean, interferentzia sor daiteke.

Zorionez, antena berri batzuk jarrita konpondu zen Oizko arazoa. Hala ere, harrezkerotik ikerketa-bide luze bat ireki zen. Hau da, alde batetik, parke eolikoek telebista digitalean izan zezaketen eragina zehazteke zegoen. Eta, bestetik, gaur egun antzeko kasuetan gerta litezkeen degradazioak aurreikusituz ahal izateko, eredu matematiko bat behar zen seinalearen hedapenaren ezaugarriak deskribatzeko.

## PARKE EOLIKOEN ERAGINA LURREKO TELEBISTA DIGITALEAN

Telebista digitalak onura anitz ekarri zigun telebista analogikoaren aldean: kanal gehia-



Oiz mendian dauden bi transmisoreen eta haize-sorgailu hurbilenean arteko distantzia. ARG.: ITZIAR ANGULO.

go, irudi garbiagoak, kalitate handiagoko soinua, eta interferentzia gutxiago, esaterako. Horrez gain, transmisio analogiko batek baino potentzia gutxiago behar du telebista digitalak seinale on bat jasotzeko. Dena den, ezin du edozer jasan. Horregatik aztertu genuen, ebaluazio enpiriko baten bidez, ea parke eoliko batek eragindako harrera-degradaziorik bazegoen LTDn, eta, egotekotan, zenbatekoa zen.

Lehenik eta behin, hedapen-kanalaren ezaugarriak hartu behar dira kontuan. Transmisore-turbina-hargailuen arteko kokapen erlatiboak zein den, bi eragin-eremu bereizten dira. Batean, ingelesez *forward scattering* deritzenean, transmisore, haize-sorgailua eta

hargailua ia lerro berean kokatzen dira. Horren ondorioz, argiarekin gertatzen den antzera, hargailua itzal elektromagnetikoan kokatzen da, intentsitate gutxiko eremuan. Bestean, *backscattering* delakoan, hedapenak ibilbide anitzeko ereduari jarraitzen dio. Beste modu batera esanda: seinale nagusia ez ezik, hartzaile batek haize-sorgailu bakoitzetik oihartzun moduko seinaleak ere jasotzen ditu, zeinen portaera, besoen erroztazio-mugimenduaren ondorioz, denborarekiko aldakorra izango baita.

Hain zuzen ere, DVB-T sistema analizatu zen, gaur egun transmisioak egiteko erabiltzen dena. Horretarako, neurketak egin ginen egun batzuetan Oiz aldean. Ekipa-

menu espezializatuen eta laborategiko seinale-tratamenduaren bidez, egoera ezberdinetan neurtu genituen sistemaren harrera-atariak. Harrera-atari deritzo telebistan irudiak eta soinuak sortzeko beharrezkoa den transmititu nahi den seinalearen eta zarata-seinaleen anplitudeen arteko erlazio txikiari. Ondorioztatu genuen ezen, parke eolikorik gabeko egoeretan jasotzen diren harrera-atariekin alderatuta, harrera-baldintza zailenak *backscattering* delako eremuan gertatzen direla. Gainera, aukera izan genuen frogatzeko parke eoliko baten aitzinean dauden harrera-atari gehitzeak sakabanatutako seinaleen intentsitatearen eta denbora-aldakortasunaren araberakoak direla. *Forward scattering* eremuan, berriz, ez genuen garrantzi handiko efekturik hauteman.

Emaitza horiek agerian uzten dute parke eoliko batek DVB-T sistemaren harrera-atari eragina izan dezakeela. Dena den, egoera hori ez da ohikoa izango, eta bakarrik baldintza jakin batzuen aurrean gertatuko da.

#### SEINALEAREN HEDAPENA DESKRIBATUZ

Nahiz eta interferentzia-kasuak urriak izan, arazorik sortuz gero, irtenbideak garestiak eta konplexuak izan ohi dira. Horrenbestez,

hobe da igorritako zerbitzuetan ustezko degradazioak aurreikusteko aukera izatea. Beraz, parke eoliko baten inguruan sortutako ohiko hedapena deskribatzen duen kanaleredu berri bat proposatu dugu.

Kanal-ereduak lau osagai ditu:

- Ibilbide anitzeko seinale-kopurua, hots, parke eoliko osatzen duten haize-sorgailuen kopurua.
- Ibilbide anitzeko seinale bakoitzaren atzerapena. Atzerapena zein den jakiteko, ibilbide zuzenaren (transmisore-hargailu) eta zeharkakoaren (transmisore-turbina-hargailu) distantzien arteko diferentzia kalkulatu behar da.
- Ibilbide anitzeko seinale bakoitzaren anplitudea, hau da, sakabanatutako seinalearen batez besteko potentzia, hargailuan neurtua. Seinalearen sakabanatze-prozesuaren deskribapena sakabanatze-ereduen bidez egiten da. Eredu horiek azaltzen dute haize-sorgailuari erasotzen dion seinalea nola sakabanatzen den norabide guztietara. Palek sakabanatzen duten seinalea baino ez dute adierazten sakabanatze-eredu kla-

sikoe; horrenbestez, ez dute kontuan hartuko dorreak sakabanatzen duen seinalea, ezta besoen errotazio mugimenduak eragindako denbora-aldakortasuna ere. Horrez gain, Oiz aldean eginiko neurketek esker egiatzatu genuenez, sakabanatze-eredu klasiko horiek ez dira ondo egokitzen benetako seinaleetara. Hori dela eta, sakabanatze-eredu berri bat proposatu genuen, haize-sorgailuaren dorreak sakabanatzen duen seinalean oinarrituta. Izan ere, ordenagailuaren bidez egindako simulazioen arabera, dorrea metalikoa denez (besoak ez bezala), dorreak berak barreiatzen du seinale gehiena.

- Ibilbide anitzeko seinale bakoitzaren Doppler espektroa. Doppler espektroak aukera ematen du seinalearen denborarekiko aldakorra izango den portaeraren nolokotasuna ezagutzeko.

Neurtutako seinaleak prozesatu eta gero, Doppler espektro batzuk planteatu genituen kanal-eredurako. Hain zuzen ere, hiru Doppler espektro aukeratu genituen, zeinetako bakoitzak egoera ezberdin bat adierazten baitzuen denbora-aldakortasunari dagokionez: handia, ertaina eta txikia.



Telebista digitalaren neurketak egiteko unitate higikorra. ARG.: ITZIAR ANGULO.

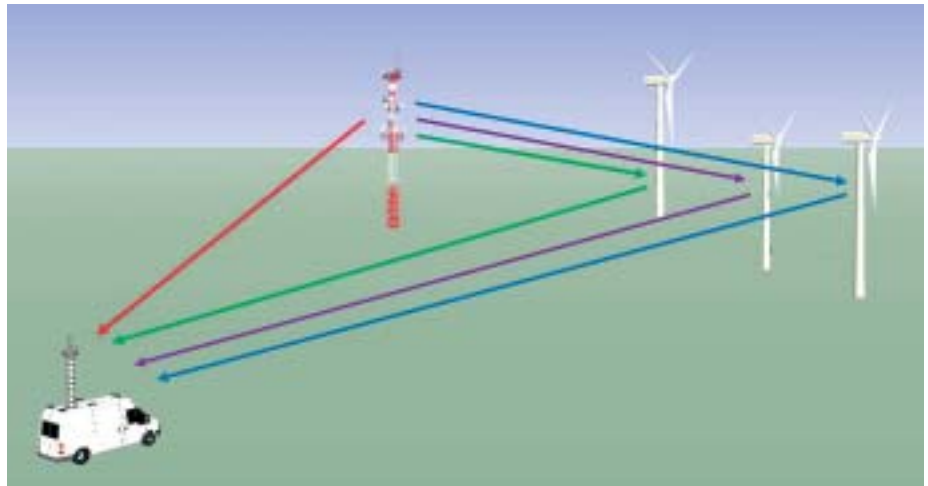


Laburbilduz, kanal-eredu hori aztergai dauden kasu guztien berezko baldintzetara moldatzen da, eta kontuan hartzen ditu, besteak beste: transmisore-turbina-hargailuen arteko kokapen erlatiboa, aerosorgailuaren tamaina, palen gehienezko errotazio-abiadura, transmisorearen eta hargailuaren antenaren ezaugarriak, baita frekuentzia ere.

### HAIZE-SORGAILUEN ETA TELEBISTA DIGITALAREN ARTEKO ARAZOAK SAIHESTU NAHIAN

Lan honetan lortutako emaitzei esker, lehenengo kasuak hauteman zirenetik Telekomunikazioen Nazioarteko Batasunak proposatutako ikerketa-eskariei erantzuna eman zaie. Telekomunikazioen Nazioarteko Batasunak (ITU ingelesez) Nazio Batuen Erakundearen mendeko erakunde espezializatua da, telekomunikazio-sare eta -zerbitzuak koordinatzen dituena. Horretarako, nazioarteko gomendioak plazaratzen ditu, nahiz eta gomendio horiek ez diren derrigor jarraitu behar.

Ikerketa hau hasi baino lehen, telebistaren eta haize-sorgailuen gaineko ITU-R BT.805 gomendioa zegoen indarrean. Gomendio horretan, bakarrik telebista analogikoa aztertzen da, eta, balizko inpaktua aurreikusteko, turbina bat baino ez da kontuan hartzen, hau da, ezin da kalkulatu hainbat aerosorgailuz osatutako parke baten eragin bateratua.



Backscattering eremuan hedapenak ibilbide anitzeko ereduari jarraitzen dio. ARG.: ITZIAR ANGULO.

2011. urtean beste gomendio bat zabaldu zen, ITU-R BT.1893 deritzona. Gomendio berri hori telebista digitalaren ingurukoa da. Hain justu, ikerketa honen ondorioak —telebista digitalaren kalitatearen gainekoak— hartzen dira erreferentziatzat gomendioan.

Hala ere, gomendio berriak ere baditu zenbait muga. Esate baterako, deskribatzen duen sakabanatze-eredua ez dator bat neurritako seinaleekin, eta, ITU-R BT.805ekin gertatzen den bezala, soilik haize-sorgailu bakar batek sakabanatzen duen seinalea adierazten du. Beraz, proposatu dugun kanal-ereduak hutsune horiek zuzentzen di-

tuela aintzat hartuta, gure partetik ahalegiak egiten jarraituko dugu nazioarteko erregulazioa hobetzeko, eta, horrela, aerosorgailuen eta telekomunikazioen artean gerta daitezkeen arazoak saihesteko. ●

#### Eskertza

Ikerketa-lan honek Ekonomia eta Lehiakortasun Ministerioaren (TEC2012-32370), Eusko Jaurlaritzaren (Saiotek laguntza-programa) eta Euskal Herriko Unibertsitatearen (ikertzaile doktoreak espezializatzeko kontratatutako deialdia) finantziario partziala jaso du.

## BIBLIOGRAFIA

- CAUSEBROOK, J.H.: "Distortion of radio wave signals by wind turbines". *Journal of the Institution of Electronic and Radio Engineers*, vol.58, no.6 (September-December 1988), pp. S224-S228,
- BBC AND OFCOM OFFICE OF COMMUNICATIONS: "The Impact of Large Buildings and Structures (including Wind Farms) on Terrestrial Television Reception", March 2004.
- CAVCEY, K.H.; LEE, L.Y.; REYNOLDS, M.A.: "Television Interference due to Electromagnetic Scattering by the MOD-2 Wind Turbine Generators", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol.PAS-103, no.2 (Feb. 1984) pp.407-412.
- LEVENT, M.; MUNRO, I.: "Effects of Windmills on Television Reception", *CBC Technology Review*, January 2006.
- SENGUPTA, D.L.; SENIOR, T.B.A.: "Electromagnetic Interference to Television Reception Caused by Horizontal Axis Windmills", *Proc. of the IEEE*, Vol. 67, No. 8, August 1979.
- SPERA, D.A.; SENGUPTA, D.L.: "Equations for Estimating the Strength of TV Signals Scattered by Wind Turbines", *NASA Contractor Report 194468*, May 1994.
- EATON, J.L.; BLACK, R.I.; TAYLOR, G.H.: "Interference to television reception from large wind turbines", *BBC RD 1983/2*, BBC Research Department, Engineering Division, March 1983.
- VAN KATS, P.J.; PAGER, O.P.E.: "Reflections of Electromagnetic Waves by Large Wind Turbines and Their Impact on UHF Broadcast Reception", *IEEE* (1984), p. 91-99.
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Recommendation ITU-R BT.805, "Assessment of impairment caused to television reception by a wind turbine", 1992.
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Question ITU-R 69-1/6, "Conditions for a satisfactory television service in the presence of reflected signals", 2004.
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Recommendation ITU-R BT. 1893, "Assessment of impairment caused to digital television reception by a wind turbine", May 2011.
- ETSI, ETSI EN 300 744 V1.6.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", 2009.
- SIEGEL, K.M.; ALPERIN, H.A. ET AL.: "Bistatic Radar Cross Sections of Surfaces of Revolution", *Journal of Applied Physics*, Vol. 26, (March 1955) N. 3.
- NAQVI, A.; YANG, S.-T.; LING, H.: "Investigation of Doppler Features From Wind Turbine Scattering", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol.9 (2010) pp.485-488.