

Wifi-radarra: nola hauteman gizakiaren presentzia

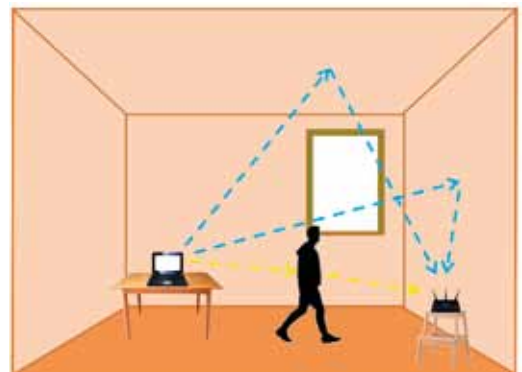
Haririk gabeko komunikazioen aroan, konektagarritasuna ez ezik, beste zerbitzu batzuk ere eskaintzen dituzte komunikazio-sistemek. Esate baterako, telefonia mugikorrek posizioa eman dezake GPSrik gabe. Ildo horretan, wifi-sistemek ere giza presentzia hautematea lortzen dute adimen artifizialaren bidez. Artikulu honetan, lehenik, azalduko dugu nola hedatzen den wifi-seinalea jendea tartean denean. Ondoren, gela batean dagoen lagun-kopurua zenbatzeko sistema aditu bat aurkeztuko dugu, wifi-seinalean oinarritua; eta, sistema horrekin lotuta, hainbat aplikazio-arlo erakutsiko dugu. Adibidez, adinekoen zainketa.

Wifi-seinalea: komunikazio-sistema ez ezik, radarra ere bada

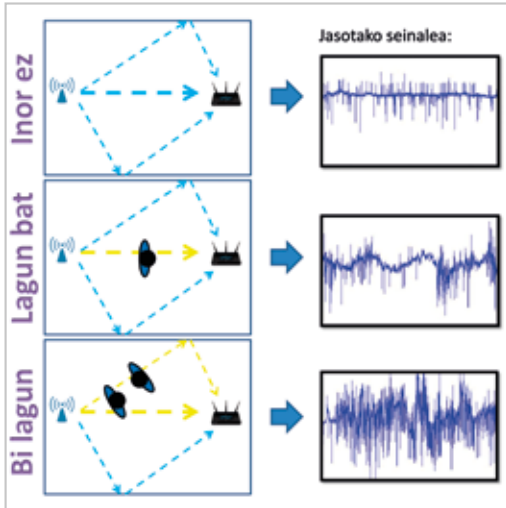
Gaur egun, hiri bateko edozein tokitan aurkitu dezakegu wifi-konexioa. Wifi bidezko komunikazio batean, irrati-maiztasuneko uhin elektromagnetikoak erabiltzen dituzte wifi-gailuek datuak partekatzeko. Hau da, Youtubetik bideo bat jaisten dugunean edo mezu elektronikoa bat bidaltzen dugunean, informazioa daramaten irrati-maiztasuneko uhin ikusezinek hainbat joan-etorri egingo dute gailu elektronikoaren (ordenagailu bat, mugikor bat eta abar) eta geure inguruko bideratzailearen antenaren artean. Hedapenaren bide horretan, airetik zabaltzen diren uhinek hormak, jendea edo inguruko beste gauzak jo eta zeharka ditzakete. Oztupoak jotzeko eta zeharkatzeko prozesuei islapen eta errefrakzio deitzen zaie. Normalean, islapen- edo errefrakzio-prozesu bakoitza gailu konektatuen arteko izpi batekin irudikatzen da. Horrela, izpi guztien bildumari hari gabeko komunikazio-kanal dei diezaiokegu. Kanalak garrantzi handia dauka jasotako wifi-seinalearen mailan eta kalitatean. Horregatik, wifi-hargailura ailegatzeko den seinalea

ikusten badugu, informazio galanta atera ahal izango dugu hari gabeko komunikazio-kanalari buruz eta, ondorioz, inguruneari buruz [1].

Hain zuzen, wifi-komunikazio baten transmisorearen eta hargailuaren artean pertsona bat mugitzen denean, wifi-seinalearen maila alda daiteke. Batez ere, oztopo bat delako irrati-uhinen hedapenean



1. irudia. Islapen- eta errefrakzio-prozesuak: gezi urdinek bi izpiren islapena irudikatzen dute, eta pertsona zeharkatzen duen gezi horiak, errefrakzio-prozesua.



2. irudia. Hiru egoera erakusten dira gela batean: gela hutsik, lagun batekin eta bi lagunekin. Eskuinaldean ageri dira hartzaile batek egoera bakoitzean 15 segundoz jasotzen dituen benetako seinale-mailak. Irudietan nabaritzen da zenbat eta jende gehiago egon wifi-komunikazio baten inguruan hainbat eta fluktuazio handiagoak agertzen direla jasotako seinalearen mailan.

pertsona bat egotea, eta, ondorioz, aldatetak eragin ditzake hari gabeko komunikazio-kanalean. Hau da, izpi berri bakoitzak potentzia-aldaketak sor ditzake jasotzen den seinalean. Beraz, jasotzen den seinale-mailaren gorabeherak aztertuko bagenitu, jakin ahal izango genuke bideratzaile baten inguruan zer gertatzen den. Besteak beste, zenbat lagun dagoen ingurune horretan.

Gela bat hutsik dagoenean, igorlearen eta hartzailearen arteko zuzeneko izpia izango da nagusia. Horregatik, normalean jasotzen den seinalea egonkorra izango da denboran. Lagun batzuk gela barruan mugitzen direnean, ordea, wifi-seinalea modelatzen duten izpiak norabidez edo intentsitatez aldatuko dira, oztopo-kopuruaren arabera; hots, aurkitzen duten lagun-kopuruaren arabera. Hori dela eta, hainbat seinale-ezaugarri iker daitzeko hari gabeko kanala ezagutzeko. Adibidez, potentzia-maila, seinalearen fasea eta anplitudea,

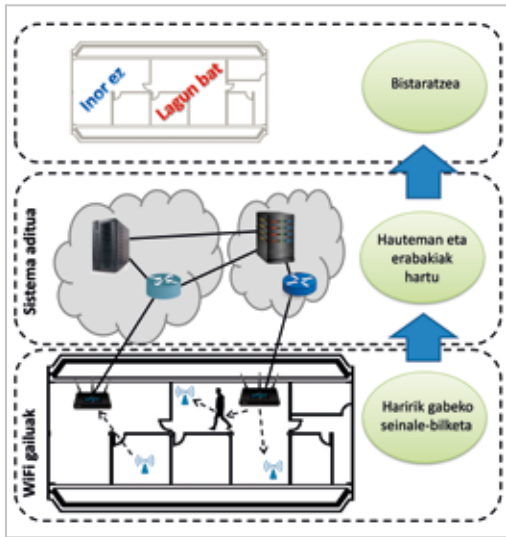
Doppler maiztasuna eta abar. Ezaugarri horiek denboran nola aldatzen diren aztertuz, balioets dezakegu zerk eragin dituen aldaketa horiek.

Hain zuzen ere, TSR Lab ikerketa-taldean ikertzen ari gara nola ustia ditzakegun hari gabeko kanalaren neurketak giza presentzia hautemateko eta lagun-kopurua zenbatzeko. Horretarako, kanalaren portaera aztertzen dugu tresna matematikoak erabiliz. Esate baterako, estatistika, informazioaren teoria, maiztasun-analisia eta espektr-analisia dira gehien erabiltzen diren tresnak. Azterketa matematikoa eginda lortzen diren emaitzak erabiltzen dira lagun-kopurua zenbatzen duen sistema aditu bat elikatzeko.

Adimen artifiziala lagun-kopurua zenbatzeko

Azken urteetan, adimen artifizialak gero eta presentzia handiagoa dauka gure bizitzan. Egunero adibideak aurkitu ditzakegu gure artean; adibidez, ahotsa ezagutzeko sistemak, itzultzaile automatikoak edo Internet-erabiltzaileei iragarki pertsonalizatuak bidaltzea. Behaketan eta arrazoiketan oinarritzen den ordenagailu bat besterik ez da adimen artifizialeko sistema bat, gizakiaren jokiera izateko gai dena. Horretarako, sistema adituek, arazo bat konpontzeko, algoritmo matematiko konplexuak (sare neuronalak, sare bayestarrak, algoritmo bioinspiratuak) eta logika formala erabiltzen dituzte, ingurumena neurtzen duten hainbat parametrotan oinarriturik. Sistemek, normalean, behaketaren estatistika ikasten dute, eta, horrela, arrakasta-probabilitate handiena daukan soluzioa bilatzen dute, arazo bati aurre egiteko [2]. Esate baterako, xakean oinarritutako sistema aditu bati xake-jokaldi ugari sartzen dizkiote behaketa gisa. Horrela, sistemak, estatistikaren bidez, mugimendu onena aurkitu dezake, eta munduko xake-txapeldunari irabazi ahal izango lioke.

Giza presentzia detektatzeko arazoari arreta jarriz gero, guk proposatutako sistema aditua honetan oinarritzen da: wifi komunikazio-sistemaren es-taldura-zonatik hurbil dagoen jendea zenbatzeko ahalmenean. Kasu horretan, sistemaren behaketak dira argazkilaren antenas jasotako seinale elektri-koak, igorletik argazkilara bidaiatzen diren irrati-uhinek sortutakoak. Seinaleen portaera matematikoki ikasi ondoren, sistema aditu batek bildutako infor-mazioa jasotzen du, eta, ikasitakoa erabiliz, toki batean zenbat lagun dauden erabakitzen. Sistema adituak ikasteko duen gaitasunaren menpekoa izango da sistemaren arrakasta-maila. Eta nola lor-tzen da sistemak ikastea pertsonak hautematen? Horretarako, sistema prestatu behar dugu, jakin dezan seinaleek zer itxura duten toki batean lagun bat, bi edo gehiago daudenean.



3. irudia. Giza presentzia haririk gabeko wifi-seinalearen bidez hautemateko sistema adituaren egitura [2].

Jar dezagun adibide soil bat. Demagun kontatzen ez dakien haur bati bi pertsona edo gehiago agertzen diren hainbat argazki erakusten dizkiogula, eta irakasten diogula bi lagun edo gehiago agertzen diren argazkien arteko ezberdintasuna zein den. Bi la-

		Aurrezandako lagun-kopurua				
		0	1	2	3	4
Benetako lagun-kopurua	0	% 99,6	% 0,4	% 0,0	% 0,0	% 0,0
	1	% 0,8	% 90,6	% 4,6	% 1,6	% 2,4
	2	% 0,6	% 6,9	% 83,4	% 2,5	% 6,6
	3	% 0,7	% 3,8	% 5,1	% 69,5	% 20,8
	4	% 0,1	% 1,5	% 8,2	% 16,9	% 73,3

1. taula. SVM algoritmoan oinarritutako sistema adituaren nahasketa-matrizea [2]. Matrizearen diagonalean, asmatzeen ehunekoak agertzen dira, berdez; diagonaletik kanpo, hutsegiteen ehunekoak ageri dira, tonu gorriekin. Emtza onenak izango lirateke % 100 lortzea diagonalean eta % 0 diagonaletik kanpo.

guneko beste argazki bat erakusten badiogu haur entrenatuari, ziur aski haur horrek ongi sailkatuko du argazkia (bi aukera daude: argazkian bi pertsona agertzen dira edo gehiago agertzen dira). Emandako adibidearen antzeko prozedura bat egiten dugu sistema adituarekin; hots, ingurune aztertuan zero eta lau lagun bitartean daudenean wifi-seinaleak dituen ezaugarri nagusiak zein diren irakasten diogu. Ikaskuntza-eredu horrekin, ingurunean 0-4 pertsona dauden sailkatzea lortzen du garatutako sistema adituak —% 87 eta % 84 inguruko batezbesteko arrakasta-probabilitateekin— sare neuronalak erabiliz [3] eta euskarri-bektoreko makinak [2] (ingelesez, Support-Vector Machine, SVM) erabiliz, hurrenez hurren.

Ikerketaren ikuspuntutik, sistemaren fidagarritasuna da kontu garrantzitsuenetako bat. Une honetan, sistema adituak trebatzeko eta ikasteko duen gaitasunak baldintzatzen du hutsegite-maila,

neurri handi batean. Azken finean, itxura ugari-ko ingurune anitz aurkitu ditzakegunez gure arloan, ingurune desberdinetarako doitu beharko litzateke giza presentzia hautemateko sistema. Horretarako, ingurune bakoitzerako neurri batzuk hartu behar dira aurrez.

Giza presentzia igartzeko sistemaren aplikazioak

Esan dugunez, aro honetan edozeinek aurkitu ditzake wifi-konexioak hirietan. Horregatik, proposatutako sistema edonon erabiltzea posible izango litzateke, wifi-konexio batekin. Are gehiago, edozein wifi-sistema Internet bidez konektatuta dago. Horrek esan nahi du edonor sar daitekeela bere sistema barruan munduko edozein lekutatik, eta, ondorioz, jakin dezake zer gertatzen den bere wifi-hargailuaren ingurunean.

Illo horrekin lotuta, aplikazio nagusiak urrutiko monitorizazioari dagozkio. Esate baterako, bezeroak dendetan kontrolatzea [4], baimenik gabeko sarre-
rak detektatzea [5] edo adinekoen zaintza tutoretzapeko etxeetan [6]. Hala ere, esandako aplikazioez gainera, wifi-seinaleetan oinarritutako sistema aditu bat gara liteke beste era bateko monitorizazioetarako; adibidez, emozioak identifikatzeko (tristura, poza, haserrea), edo arnasketaren eta bihotz-taupaden jarraipena egiteko [7][8]. ●

Bibliografia

- [1] S. D. Domenico, M. D. Sanctis, E. Cianca, F. Giuliano and G. Bianchi, "Exploring Training Options for RF Sensing Using CSI," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 5, pp. 116-123, May 2018.
- [2] I. Sobron, J. Del Ser, I. Eizmendi and M. Velez, "Device-Free People Counting in IoT Environments: New Insights, Results and Open Challenges," in *IEEE Internet of Things Journal*, Volume 64, Issue 6, December 2018, pp. 4396-4408.
- [3] I. Sobrón, J. del Ser, I. Eizmendi and M. Vélez, "A Deep Learning Approach to Device-Free People Counting from WiFi Signals" in *12th International Symposium on Intelligent Distributed Computing (IDC 2018)*, Bilbao (Spain), October 2018.
- [4] C. Wu, Z. Yang, Z. Zhou, X. Liu, Y. Liu, and J. Cao, "Non-invasive detection of moving and stationary human with WiFi," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33, no. 11, pp. 2329-2342, Nov 2015.
- [5] S. D. Domenico, M. D. Sanctis, E. Cianca and M. Ruggieri, «WiFi-based through-the-wall presence detection of stationary and moving humans analyzing the doppler spectrum,» in *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 33, no. 5-6, pp. 14-19, May-June 2018.
- [6] S. Savazzi, S. Sigg, M. Nicoli, V. Rampa, S. Kianoush and U. Spagnolini, "Device-Free Radio Vision for Assisted Living: Leveraging wireless channel quality information for human sensing," in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 33, no. 2, pp. 45-58, March 2016.
- [7] Z. Wang, B. Guo, Z. Yu and X. Zhou, "Wi-Fi CSI-Based Behavior Recognition: From Signals and Actions to Activities," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 5, pp. 109-115, May 2018.
- [8] X. Wang, C. Yang and S. Mao, "PhaseBeat: Exploiting CSI Phase Data for Vital Sign Monitoring with Commodity WiFi Devices," in *2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*, Atlanta, GA, 2017, pp. 1230-1239.