



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

I. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2015eko maiatzaren 13, 14 eta 15
Durango, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

Hasi, *BertsoBot*

A. Astigarraga eta I. Rodriguez

661-668 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.i.91>

ANTOLATZAILEA:



udako
euskal unibertsitatea

BABESLEAK:



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO



BFA
DFB
Bizkaiko Foru Aldundia
Diputacion Foral de Bizkaia

eman ta zabal zazu



UPV EHU

LAGUNTZAILEAK:



Deusto
Universidad de Deusto
Deustuko Unibertsitatea



MONDRAGON
UNIBERTSITATEA



UDALBILTZA



upna
Universidad
Publica de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Hasi, *BertsoBot*

A. Astigarraga eta I. Rodriguez

Konputazio Zientziak eta Adimen Artifiziala departamendua, Informatika fakultatea (UPV/EHU)

Laburpena

Bertsotan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot autonomoa garatzea da gure ikerketa-lanaren helburu behinena. Bere egitekoa, bertsoa osatzeko instrukzioak ahoz jaso, hauek prozesatu eta ahalik eta bertso-rik egokiena osatu eta kantatzea litzateke, bertsolarien oholtza gaineko adierazkortasun maila erakutsiz gorputzarekin. Robot-bertsolariak, gizaki eta roboten arteko elkarrekintza eta komunikazioan aurrera egiteko modua jarri nahi luke, lengoia naturala erabiliz robot-gizaki arteko bi noranzkoko komunikazioan.

Hitz gakoak: Gizaki-Robot Elkarrekintza, Lengoia Naturalaren Sorkuntza

Abstract

The main goal of our research project is to develop an autonomous robot capable of improvising verses in Basque. The robot should be able to receive the commands verbally, process them, generate the most appropriate verse and sing it with the proper melody. The robot should also show the expressiveness that bertsolari-s show in their performance. Our minstrel robot aims to contribute research on human-robot interaction and communication, using natural language as a two-way communication between humans and robots.

Keywords: Human-Robot Interaction, Natural Language Generation

1 Sarrera eta arloko egoera

1769. urtean Von Kempelen baroiak, makinaren historiako inbentziorik handiena bezala aurkeztu zuen Xake Jokalari Automata, gerora itxuragatik Turkiarra ezizenaren jabe egingo zena. 80 urtetan zehar, Europan eta Estatu Batuetan barrena xakean bere abilezia erakutsi zuen Turkiarrak, jokatuak partida gehientsuenak irabaziz. Aurkarien artean, garaiko xake jokalaririk onenez gain, Napoleon Bonaparte bera ere topa dezakegu.

Kontuan izan behar dugu automaten urrezko garaian gaudela, giza izatea imitatzeke ahaleginetan sortutako makinaren garaian alegia. Ez da harritzekoa Turkiarraren aurkezpenak ikaragarritzko zalaparta eragin izana. Bere existentziak makinaren ahalmenen inguruan aukera berriak zabaltzen zituen, adimena bera ere bai agian. Baina artefaktua zen, duda gabe: piezak modu mekanikoan mugitzen zituen, eta arreta jarritz gero, mahai azpiko engranajeen soinua adi zitekeen. Momentua iristean, *xake* hitza ahoskatzeke gai ere bazen!

Egungo talaiatik begiratu gero, nabaria da bazela zerbait arraroa Turkiarrarekin. Xake jokoaren konplexutasunari, mugimenduak atzeman eta piezak mugitzeko gaitasuna gehitu behar zaizkio, abilezia gehiegi garai hartarako, gailu teknologiko aurreratuenak erloju mekanikoa eta automatismo txikiak zirela kontuan hartuz gero. Noski, ez zen inoiz jokalaririk mekanikorik existitu. Oso ondo prestatutako antzerkia izan zen. Tramankuluaren barruan, garaiko xake-jokalaririk onenetakoa zegoen ezkututua, makinari bere talentu eta adimena jarritz (Standage, 2002).

Berrehun urte pasa behar izan dira halakorik benetan gerta dadin, Industri Iraultza, konputagailuen hedapena eta Adimen Artifizialaren garapena tarteko. 1997. urtean gertatu zen, Deep Blue makinak Gary Kasparov garaitu zuen urtean. Hala ere, Turkiarraren istorioak lezio garrantzitsua ekarri zigun: gure asmakuntzen abilezia eta irismena exajeratzeko joera daukagun neurri berean gutxiesten dugula zenbait ahalegin zientifikoren konplexutasuna. Robotikaren historia eta mugarriz gehiago jakin nahi duenak, (Astigarraga eta Lazkano, 2011) lanean topatuko du laburpen osoagoa.

Gure txikian, ahalegin berean murgilduta gabilta proiektu honekin: gailu bakarrean integratu nahian

goi-mailako arrazonamendua, munduaren pertzepzioa eta bertan eragiteko gaitasuna. Xakea albo batera utzi dugu bestelako erronka jarriz mahai gainean, jolastiagoa, arrazonamendu hutsaz gaindiko gaitasunak eskatzen dituen, hizkuntzaren erabilera kasu. Gure asmoa, bertsoan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot autonomoa garatzea da, *BertsoBot*-a alegia. Bere egitekoa, bertsoa osatzeko instrukzioak ahoz jaso, hauek prozesatu eta ahalik eta bertsoerik egokiena osatu eta kantatzea litzateke, gorputzarekin bertsolarien oholza gaineko adierazkortasun maila erakutsiz.

BertsoBot proiektuak bi alor hartzen ditu bere baitan. Alde batetik, bertsoaren, testuaren sorkuntza; eta bestetik, ingurunearen pertzepzioa eta jendearekiko elkarrekintza. Bi eremu horietako egungo ikerketaren berri ematen ahaleginduko gara labor ondoko lerroetan.

Azken hamarkadan gizaki-robot elkarrekintza eremuan, *Human Robot Interaction* (aurrerantzean HRI) gaitasunak erakusten dituzten zenbait sistema robotiko azaldu diren arren, (Belpaeme *et al.*, 2012) eta (Fasola eta Mataric, 2012), oraindik autonomia maila txikia dute robotek. Autonomia hitz potoloa da robotikan eta teleoperazioaz haragoko portaerak barneratzen ditu (ikasteko ahalmena, autoelikadura, etab.). Teleoperazio terminoak robotaren urruneko kontrola adierazten du. Sistema telerobotiko batean, operadorek (gizakia), robotarengandik distantzia jakin batera, robotaren mugimenduak kontrolatzen ditu; alde batetik kontrol-seinaleak (aginduak) bidaliz, eta, bestetik, agindu horiek ondo bete diren edo ez seinaleak jasoz (*feedback* seinaleak). Urrunetik kontrolatu daitezkeen robotak gure gizarteko sektore askotan erabiltzen dira. Adibidez, medikuntzako ebakuntzetan (Doarn *et al.*, 2007) (Ceccarelli *et al.*, 2013), espazioaren esplorazioan (Badger *et al.*, 2012) edo zentral nuklearrak arakatzeko (Nagatani *et al.*, 2013). Gurean, Microsoft XBOX-eko Kinect sentsorea erabiliz mugimenduak jaso eta robotean denbora errealean errepikatze gai den sistema bat aurkezten da (Rodriguez *et al.*, 2014) lanean. Autonomia-maila areagotzeko ezinbestekotzat daukagu roboten eta gizakien arteko elkarrekintza lantzea, batez ere ahots bidezko komunikazio eta gorputz-adierazpide eremuak. Bertsolaritza paregabeko agertokia eskaintzen du horretarako, eta robot-bertsolariak HRI arloan egindako aurrerapenak gizarteratzeko aukera ematen digu.

Bestalde, konputagailu bidezko poesia sorkuntzak ikerketa komunitatearen atentzioa lortu du azken urteetan, eta sistema aski interesgarriak garatu dira. Gaiari buruzko ikuspegi orokor baterako, (Gervás, 2013) eta (Oliveira, 2009) gomendatzen dira. Nabarmenenak aipatzearen: (Wong *et al.*, 2008) lanean, blogetatik erazitako testuekin Haikuak eraikitzen dituen sistema azaltzen da. (Colton *et al.*, 2012) lanean berriz, testu-corpusak oinarri hartu eta simil bidezko poesia eraikuntza proposatzen du egileak. Azkenik, (Gervás, 2013) lanean, egileak Adimen Artifizialeko teknika ezberdinak konbinatzen dituen WASP sistema ezaguna azaltzen du.

Aipatu berri ditugun lanek erakusten duten gisan, ertz ezberdinetatik heldu zaio poesi sorkuntza automatikoaren gaiari. Halabaina, guk dakigula behintzat, oraindik ez du beste inork poema sortzailerik robotean inplementatu. Baina, dakigun bezala, bertsolaritza ahozko generoan kokatzen da, eta jendeurreko aurkezpenak berebiziko garrantzia dauka. Hori dela eta, bertsoak sortzeko sistema automatikoa ez da nahikoa, pertsonekin elkarreraginez, jende aurrean bertsoa sortu eta kantatuko duen gorpuzkera beharrezkoa da, robota alegia.

Artikuluaren bertso-saio batean parte hartuko duen robota aurkeztuko dugu beraz, atazak eskatzen dituen portaera guztiak barne hartzen dituen: gai-jartzailearen aginduak jaso eta prozesatu, mikrofonoa detektatu eta hara hurbildu, bat-batean bertsoa sortu eta kantatu, eta gorputz adierazpidez mezua indartu publikoarekin elkarreraginez.

Esperimentuetarako, Aldebaran Robotics etxeak garatutako *NAO*¹ giza itxurako robota erabili dugu. 58 cm-ko altuera eta 4.8 kg pisatzen dituen robot humanoide programagarria. Robotaren giltzadurak kontrolatzeko 25 serbomotore ditu eta hauen kontrol estuari esker, oreka mantendu eta bi hanken gainean ibiltzeko gai da.

¹<https://www.aldebaran.com/en/humanoid-robot/nao-robot>

2 Motibazioa eta ikerketaren helburuak

2.1 Motibazioa

RSAIT² ikerketa taldeak, robotikaren baitako beste alor batzuk landu ditu orain artean, batez ere: kontrol-arkitekturak, nabigazioa, ikasketa automatikoa eta ikusmen artifiziala. Laborategi inguruetan modu seguruan nabigatzea izan da gure helburu nagusietakoa, oztopoak ekidin, helburuak identifikatu, leku berriak esploratu, etab. Lan honekin, aurretik egindakoari geruza berri bat erantsi nahi genioke, gizaki-robot arteko elkarrekintzarena. Izan ere, laborategietatik atera eta ingurunea gurekin konpartituko badute, gure agindu eta mugimenduak interpretatu eta modu egokian erantzuteko gaitasuna behar dute robotek.

Elkarrekintza eta komunikazio horretan robotak portaera edo gaitasun ugari agertu behar ditu denbora errealean: hizketaren ezagutza, aginduen identifikazioa, aurpegiaren detekzio eta jarraipena, oztopoen detekzioa, gorputz espresioa, etab. Aldi berean eta modu koordinatuan exekutatu beharreko gaitasun ugari inondik ere.

Robotak laborategietatik atera eta jendearen zerbitzura jartzea dugu motibazio nagusi. Dela museotan gida lanak egiteko, adineko edo ezinduei erreabilitazio lanetan laguntzeko edo, zergatik ez, astialdian lagungarri izan daitezten. Motibazio honek, bidenabar, bat egiten du Europako Batzordeak robotika mugikorraren eremuan zehaztutako 2020 estrategiarekin³.

2.2 Ikerketaren helburuak

Helburu orokorra ez da bertsotan aritzeko gaitasuna erakutsiko duen robot-autonomia garatzea soilik. Bertsolaritzaz gaindi, gizaki-robot arteko komunikazioan pauso bat egin nahi genuke aurrera, mezuak sor-tu eta plazaratzeko orduan testuinguruko ezaugarriak kontuan hartuko dituen sistema eraikiz. Proiektu handinahia da, nabarmen, baina bere baitan helburu xumeago eta konkretuagoak biltzen dituena:

Bertso-sorkuntzari dagokionez:

- Bertso-sorkuntza automatikoa, testu-corpus batetik abiatuta
- Bertsoaren semantika eta egitura narratiboa aztertu eta eredu konputazionalak eraiki

Robotikari dagokionez:

- Gizaki-robot arteko komunikazioa lengoia naturala erabiliz
 - Testuinguru mugatu batean gai-jartzaileak/bertsolagunak esandakoa ulertu
 - Ahotsaren bitartez mezuaren erritmoa, entonazioa, bizitasuna jaso
- Kinect tresna erabiliz, bertsolariaren keinuak identifikatu eta bere mugimenduak jarraitu
- Robotaren portaera gidatzeko elkarrizketa-erregelen erabilera.
- Ikusmen Artifizialeko estrategiak erabiliz:
 - Kantulagunaren aurpegia identifikatu eta espresioa ezagutu
 - Publikoaren erreakzioak identifikatu
- Humanoide gisako roboten portaerak lantzea

3 Ikerketaren muina

Bertsolariek, plazan zein txapelketan, ariketa ezberdin ugari burutu behar izaten dituzte. *BertsoBot*-ak, momentuz, haietako bi baino ez ditu egiten: 4 oinak emanda bertsoa osatu eta puntuari erantzuna eman. Bakoitzak bere berezitasunak dauzkan arren, erabilitako tresna eta estrategiak oso antzekoak dira bi kasuetan. Beraz, oinak emandako ariketa hartuko dugu erreferentzia gisa ondoko azalpenetarako.

²<http://www.sc.ehu.es/ccwrobot>

³<http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/robotics>

Ariketa honetan, gai-jartzaileak 4 oinak eman banan banan eta robotak oin horiekin bertsoa osatu eta kantatu behar du zortziko txikiko moldean (13 silabako puntuak, 7-6 egitura).

Atazaren ebazpena bitan banatu dugu: lehenbizikoan bertsoaren testua sortzeko tresna eta estrategiak izango ditugu aztergai, eta bigarrenenean, ariketak eskatzen duen gizaki-robot arteko elkarrekintza.

3.1 Bertsoaren sorkuntza

Bertsolarien lan-tresna garrantzitsua da memoria, han gorde eta sailkatzen dituzte entzundako bertso, irakurritako testu eta ikusitako irudiak, abagune egokia iristean bertso-moldera ekarri ahal izateko. Bertsolarien bat-bateko jarduna ez baita momentuan sortzea bakarrik, etxean landutakoa egoki txertatzea ere bada (Gartzia *et al.*, 2001).

BertsoBot-arentzat ere funtsezkoa da memoria. Bi testu-corpusek osatzen dute berea: Egunkariako 2000-2001 urteetako testuekin osatutakoa batetik (%85eko pisua); eta, bestetik, 1986-2009 arteko Bertsolari Txapelketa Nagusiko bertsoez osatutakoak (%15eko pisua). Corpusak esalditan (bertsoak puntutan) gorde dira. Zergatik esalditan? Bada barne koherentzia bermatzen duen egitura minimoa delako. Horrela, miloi bat esalditik gorako corpusa baliatzen du *BertsoBot*-ak, testu masa horrek osatzen du bere memoria.

Bertsoa osatzeko strategiari dagokionez, bertso-sorkuntza moduluak sarrera gisa bertsoa osatzeko oinak jaso eta ondoko lanak burutzen ditu segidan:

1. Oin horiekin amaitzen diren esaldiak corpusetik erauzi
2. Baldintza metrikoak betetzen dituztenak (7+6 silaba) aukeratu
3. Ausaz oin-multzo bakoitzetik puntu bat aukeratu bertsoa osatzeko

Horra 4 oinak emanda teknikoki zuzena den bertsoa osatzeko estrategia. Bi tresna garatu ditugu zeregin horretarako: silaba-kontatzailea eta errima-bilatzailea (Astigarraga *et al.*, 2013). Baina tamalez, gehien-gehienetan, osatutako bertsoak ez du ez hanka eta ez buru. Puntuen arteko lotura, kohesioa, falta izaten du bertsoak. Zenbaki bidez azaltzeko, oin oso bereziak ez badira behintzat, sistemak gutxienez 10 puntu itzultzen ditu sarrera gisa amandako oin bakoitzeko. Beraz, guztira, $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$ bertso-konbinazio ezberdin! Guzti horietatik ausaz bat aukeratzen du sistemak, eta espero litekeen bezala, emaitza elkarrekin loturarik ez daukaten puntuez osatutako bertsoa izan ohi da.

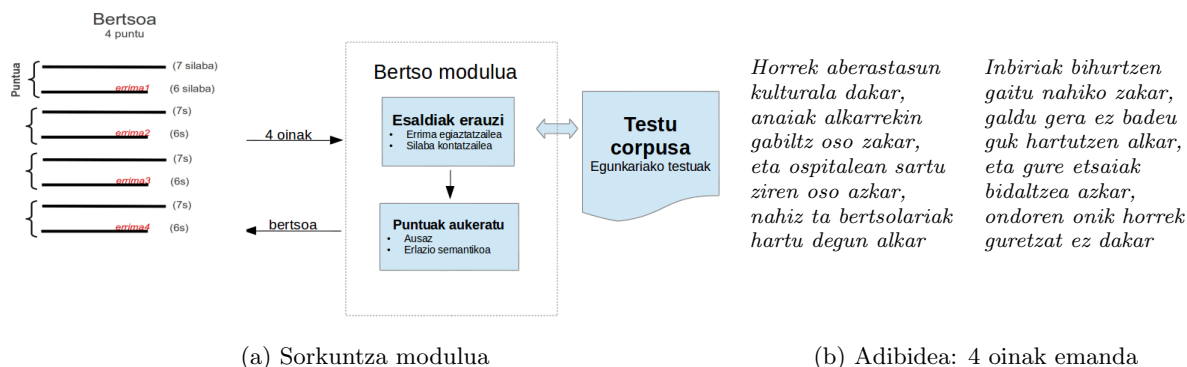
Horixe gure hurrengo urratsa, 10000 bertso-konbinazio ezberdin horietatik puntuen arteko kohesiorik handienekoa hautatzea. Nola egin? Bi metodo inplementatu ditugu horretarako:

Vector Space Model (VSM) (Lee *et al.*, 1997): Puntuak bektore gisa adierazi, hitz bakoitza bektoreko elementu delarik, eta bektoreen, puntuen, arteko kosinu bidezko distantzia kalkulatu du metodo honek. Interpretatzen oso erraza da: Bektoreen artean zenbat eta hitz kointzidente gehiago izan, orduan eta elkarrengandik semantikoki hurbilago puntuak. Hitz edo termino guztiek, noski, ez dute pisu bera testuan. Pisuak erabakitzeke, *tf-idf* (Ramos, 2003) pisaketa-sistema erabili dugu. VSM metodoaren eragozpenik handiena, antzekotasuna terminoen kointzidentzian soilik oinarritzen duela da. Izan ere, gai beraren bueltan aritu arren termino ezberdinak erabiltzen dituzten bi testu ez lituzke antzekotzat joko. Hau da, polisemia eta sinonimia ez ditu tratatzen.

Latent Semantic Analysis (LSA) (Landauer *et al.*, 2013): VSMren hurbilketa berezia, aipatutako arazoak ekiditeko sortua. Funtsean, testu idatzien semantika adierazteko gaitasuna duen tresna da LSA, terminoen arteko erlazio semantikoaren neurria itzultzen duena. Horretarako matrizeen algebra erabiltzen da, SVD izeneko matrize-banaketa, eta emaitza gisa LSA-ak terminoen kointzidentziaz gaindi, esaldien arteko lotura semantikoaren neurria itzultzen du.

Azaldu berri ditugun bi metodoekin bertsoaren barne kohesioa nabarmen hobetzen da, Gipuzkoako Bertsozale Elkartearen epaileekin egindako ebaluazioan agertu zen bezala (Astigarraga *et al.*, 2014). Bertsoaren sortze-prozesua ulertzen lagungarri izango delakoan, 1a irudian sorkuntza modulua adierazpen grafikoa topatuko dugu. Horrekin batera, adibide gisa (ikus 1b), *dakar*, *zakar*, *azkar* eta *alkar* oinek osatutako bi bertso ageri dira. Ezkerraldekoan, puntuen arteko lotura ausazkoa da, eta eskuineko bertsoan aldiz, LSA metodoa erabili da puntuen arteko lotura semantikoa neurtzeko.

Egun, LSA metodoaren doitze-lanetan gabiltza. Praktikak erakutsi digu zenbat eta corpus konkretuagoak erabili (gaiari dagokionez), erlazio semantikoaren neurriak orduan eta zehatzagoak direla. Hortik abiatuta, corpus zehatzagoekin gai jakinei buruzko bertsoak sortzeko ildo landu nahi dugu.



1 Irudia: Bertsoaren sorkuntza

3.2 Bertsoaren antzezpena

Bertsoa automatikoki sortzen duen sistemak ez du robotaren beharrik, edozein ordenagailutan exekutatuta daiteke. Baina bertsolaritzan jendaurreko aurkezpenak berebiziko garrantzia dauka, bertsolari eta ingurunearen –gai-jartzailea, mikrofonoa, publikoa, gainontzeko bertsolariak, etab.– arteko elkarrekintza testua bezain garrantzitsua da. Horretarako ezinbestekoa da gorpuzkera fisikoa, robota gure kasuan. Bertso-saioen dinamika orokorra jarraitu behar du *BertsoBot*-ak. Bertsolariek egiten duten legez, lehenik, aulkian eserita bere txanda itxaron behar du. Txanda iristean aurrean kokaturik duen mikrofonora gerturatu behar da eta gai-jartzaileari begira jarri, bera izango baita ariketa jarriko diona. Ondoren, denbora tarte arrazoizko batean (1min. gehienez) bertsoa sortu eta kantatuko du. Publikoaren erreakzioaz busti eta, azkenik, bere aulkira bueltatuko da. Gutxi-asko horixe da jendaurreko antzezpena. Itxuraz sinplea dirudien zeregina burutzeko, kontrol-sistemak hainbat ataza exekutatuta behar ditu, aldiberean batzuetan (paraleloan), modu sekuentzialean bestetan, robotaren portaera global koherentea gertatzeko. Modulu edo ataza horiek ondo koordinatu eta komunikatu behar dira, eta hori da azken batean kontrol-arkitekturan zeregina.

BertsoBot-aren kontrol-arkitekturak Portarean Oinarritutako Sistemen ereduari jarraitzen dio (Brooks, 1999). Finean, elkarren artean komunikatu eta eragileak atzitzeko koordinatu behar diren modulek portaera-sare bat osatzen dute (ikus 2. irudia) eta etengabe paraleloan exekutatzen ari dira. Modulu edo portarera horiek honakoak dira:

- Ulermen modulua (Automatic Speech Recognizer, ASR)
- Ahots modulua (Text-To-Speech, TTS)
- Identifikazio modulua
- Sorkuntza modulua
- Kantu modulua
- Mugimendu modulua

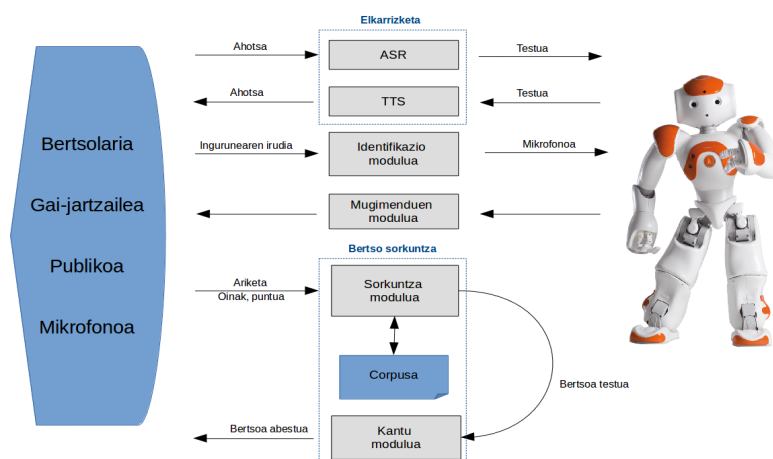
Inplementazioari dagokionean, ROS (Robot Operating System) *framework*-a (Quigley *et al.*, 2009) erabili da, moduluen arteko komunikazioa eta kudeaketa erabilerrazagoa bihurtzen duena. Egun, robotak programatzeko zabalduen dagoen iturburu irekiko software-tresna da ROS.

3.2.1 Ahots (TTS) eta Ulermen (ASR) moduluak

Gizaki eta roboten arteko harremana nabarmen hobetuko litzateke robotekin lengoia naturala erabiliz, ahots bidez, komunikatu ahal bagina. Horretarako, robotek, entzuteko zein hitzegiteko gaitasuna erakutsi behar dute. Zer esanik ez entzuten dutena ulertu eta erantzuna arrazoitzeko, baina azken hau zaila da oraindik.

ASR eta TTS robotarekin hizketa bidez komunikatu ahal izateko moduluak dira. ASRak ahotsa testu

2 Irudia: Sistemaren arkitektura



bihurtzen du eta TTSak testua ahots. ASR sistema gisa *Google Speech API*-a⁴ erabiltzen dugu SOX⁵ tresnarekin batera. Sistemak sarrera gisa audio fitxategi bat espero du, irteera bezala audioari dagokion hipotesia testu formatuan eta dagokion konfidentzia mailarekin itzuliz. Bestetik, robotari ahotsa jartzeko Aholab-eko *AhoTTS* ahots sintetizadorea erabili da (Hernaiz *et al.*, 2001). Ahots sintetizadore honek euskaraz, gazteleraz zein ingeleraz ahotsa sortzeko aukera eskaintzen du.

3.2.2 Bertso sorkuntza eta kantu moduluak

Gai-jartzaile eta *BertsoBot*-aren arteko elkarrizketa, ahots bidezko elkarrizketa-erregela bidez gidaturikoa da: Gai-jartzaileak ariketa-mota (4 oinak emanda) zehaztu ostean, banan banan bertsoa osatzeko oinak ematez dizkio. Robotak hitzen bat ondo ulertu ez badu errepikatzeko eskatuko dio. Bestela, Sorkuntza moduluari 4 oinak bidali eta honek bertsoaren testua itzuliko du, 3.1 atalean azaldu bezala. Bertsoa **Kantu moduluari** pasako zaio segidan (Agirrezabal *et al.*, 2012), zeinak dagokion moldeko bertso-doinua aukeratu eta kantatzen duen.

3.2.3 Identifikazio moduluak

Bertsolariek oholtza gaineko elementu desberdinetan zentratzen dute atenzioa, uneko helburuak eskatzen duenaren arabera: gai-jartzailea, beste bertsolariak, esertzeko lekua, mikroa, etab. Mikroaren kokapena errerentziatzeko lekua da, bertara gerturatu behar baitira beraien lana egitera. Robotak berdin egin beharko du. Ikusmen artifizialeko teknikak erabili ditugu mikroa non dagoen finkatu eta bere jarraipena egiteko robota mugimenduan dagoenean. Mikroa, noski, robotaren morfologiara egokituta daukagu (ikus 3 irudia).

3.2.4 Mugimenduen moduluak

Bertso saio batean bertsolariek erakusten duten keinu bidezko lengoia erreproduzitzea da modulu honen ataza nagusia. Horretarako, bertsolari batek oholtza gainean egin ohi dituen mugimenduak aztertu (publikoari begiratu, bertsoa pentsatzerakoan eskuak atzean jarri, gora ta behera begiratu, kantatzerakoan gorputzarekin egiten dituzten mugimenduak, etab) eta modulu honetan inplementatu dira. Gainontzeko moduluekin komunikatzen da, mugimendu bakoitza dagokionean exekutatu.

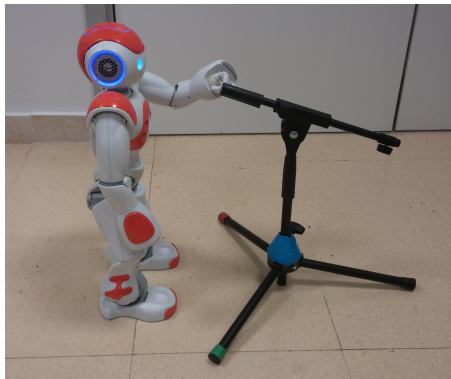
Azalduetako moduluen exekuzio koordinatuak, robotaren portaera orokorra sortzen du: txanda itxoin, gaia jaso, bertsoa sortu eta publikoari begira jarriz kantatzeko gai den robota. Aipatu beharra dago, 2012an proiektuari ekin genionetik jendaurreko 5 saio egin ditugula, bertsolariekin bi aldiz eta gainontze-koetan zientzia eta teknologiaren dibulgaziorako prestatutako ekitaldi gisa. RSAITen webgunean⁶ topa ditzakezue saioei buruzko aipamen eta bideoak.

⁴<https://www.google.com/speech-api/v2/recognize>

⁵<https://sox.sourceforge.net>

⁶RSAIT webgunea. <http://www.sc.ehu.es/ccwrobot/seccion/sarrera>

3 Irudia: NAO mikrofonoaren aurrean



4 Ondorioak eta etorkizunerako norabidea

Artikulu honetan *BertsoBot* sistema aurkeztu dugu, jendaurrean bertsoak sortu eta kantatzeko gai dena. Ikerketa-lanaren ekarpenei dagokionez, testu-sorkuntzaren arloan barne kohesiorako VSM eta LSA metodoen erabilera azpimarratuko genuke. Gizaki-robot arteko elkarrekintzan aldiz, euskaraz hutsez gidatutako elkarrizketa-sistema eta ROS-en oinarritutako kontrol-arkitektura orokorra lirakeke gure ekarpenak. Etorkizunerako lanei dagokienez, dagoeneko lanean gabilta ondoko hobekuntzak inplementatzeko:

1. Internet erabili bertsoak osatzeko testu-corpus gisa
2. Esaldien arteko erlazio semantikoa neurtzeko eredu berriak aztertu
3. Publikoaren erreakzioaren arabera (txalo/txistu), bertsoaren mezua aldatu
4. Ahotsaren iturburua identifikatuz, gai-jartzailearen kokapena zehaztu
5. Kinect bidezko teleoperazioa erabilita, robotari portaera berriak irakatsi

Noski, hobekuntza bakoitza ROS-eko kontrol-arkitektura orokorrean integratu behar da, gainerako moduluekiko koordinazioa eta erantzun-denbora egokia bermatuz. Moduluz modulu, puntuz puntu osatu beharreko ariketa alegia.

Hasi, *BertsoBot*.

Erreferentziak

- AGIRREZABAL, MANEX, INAKI ALEGRIA, BERTOL ARRIETA, eta MANS HULDEN. 2012. Bad: An assistant tool for making verses in basque. In *Proceedings of the 6th Workshop on Language Technology for Cultural Heritage, Social Sciences, and Humanities*, 13–17. Association for Computational Linguistics.
- ASTIGARRAGA, AITZOL, MANEX AGIRREZABAL, ELENA LAZKANO, EKAITZ JAUREGI, eta BASILIO SIERRA. 2013. BertsoBot: the first minstrel robot. In *Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on*, 129–136. IEEE.
- ASTIGARRAGA, AITZOL, EKAITZ JAUREGI, ELENA LAZKANO, eta MANEX AGIRREZABAL. 2014. Textual coherence in a verse-maker robot. In *Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 3*, 275–287. Springer.
- ASTIGARRAGA, AITZOL, eta ELENA LAZKANO. 2011. *Robot mugikorrek: oinarriak*. Udako Euskal Unibertsitatea.
- BADGER, JULIA, MYRON DIFTLER, STEPHEN HART, eta CHARLES JOYCE. 2012. Advancing robotic control for space exploration using robonaut 2.
- BELPAEME, TONY, PAUL E BAXTER, ROBIN READ, RACHEL WOOD, HERIBERTO CUAYÁHUITL, BERND KIEFER, STEFANIA RACIOPPA, IVANA KRUIJFF-KORBAYOVÁ, GEORGIOS ATHANASOPOULOS, VALENTIN ENESCU, eta OTHERS. 2012. Multimodal child-robot interaction: Building social bonds. *Journal of Human-Robot Interaction* 1.33–53.

- BROOKS, RODNEY ALLEN. 1999. *Cambrian intelligence: the early history of the new AI*. MIT press.
- CECCARELLI, GRAZIANO, ALBERTO PATRITI, ALBERTO BARTOLI, ALESSANDRO SPAZIANI, eta LUCIANO CASCIOLA. 2013. Technology in the operating room: the robot. In *Minimally Invasive Surgery of the Liver*, 43–48. Springer.
- COLTON, SIMON, JACOB GOODWIN, eta TONY VEALE. 2012. Full face poetry generation. In *Proceedings of the Third International Conference on Computational Creativity*, 95–102.
- DOARN, CHARLES, KEVIN HUFFORD, THOMAS LOW, JACOB ROSEN, eta BLAKE HANNAFORD. 2007. Telesurgery and robotics. *Telemedicine and e-Health* 13.369–380.
- FASOLA, JUAN, eta MAJA J MATARIC. 2012. Using socially assistive human–robot interaction to motivate physical exercise for older adults. *Proceedings of the IEEE* 100.2512–2526.
- GARTZIA, JOXERRA, ANDONI EGAÑA, eta JON SARASUA. 2001. *Bat bateko bertsolaritza: Gakoak eta azterbideak*. Bertsozale Elkarte.
- GERVÁS, PABLO. 2013. Computational modelling of poetry generation. In *Artificial Intelligence and Poetry Symposium, AISB Convention*.
- HERNAEZ, INMA, EVA NAVAS, JUAN LUIS MURUGARREN, eta BORJA ETXEBARRIA. 2001. Description of the ahotts system for the basque language. In *4th ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Speech Synthesis*.
- LANDAUER, THOMAS K, DANIELLE S MCNAMARA, SIMON DENNIS, eta WALTER KINTSCH. 2013. *Handbook of latent semantic analysis*. Psychology Press.
- LEE, DIK L, HUEI CHUANG, eta KENT SEAMONS. 1997. Document ranking and the vector-space model. *Software, IEEE* 14.67–75.
- NAGATANI, KELJI, SEIGA KIRIBAYASHI, YOSHITO OKADA, KAZUKI OTAKE, KAZUYA YOSHIDA, SATOSHI TADOKORO, TAKESHI NISHIMURA, TOMOAKI YOSHIDA, EIJI KOYANAGI, MINEO FUKUSHIMA, eta SHINJI KAWATSUMA. 2013. Emergency response to the nuclear accident at the fukushima daiichi nuclear power plants using mobile rescue robots. *Journal of Field Robotics* 30.44–63.
- OLIVEIRA, H. 2009. Automatic generation of poetry: an overview. *Universidade de Coimbra* .
- QUIGLEY, MORGAN, KEN CONLEY, BRIAN GERKEY, JOSH FAUST, TULLY FOOTE, JEREMY LEIBS, ROB WHEELER, eta ANDREW Y NG. 2009. Ros: an open-source robot operating system. In *ICRA workshop on open source software*, volume 3, p. 5.
- RAMOS, JUAN. 2003. Using tf-idf to determine word relevance in document queries. In *Proceedings of the first instructional conference on machine learning*.
- RODRIGUEZ, IGOR, A ASTIGARRAGA, E JAUREGI, T RUIZ, eta E LAZKANO. 2014. Humanizing nao robot teleoperation using ros.
- STANDAGE, TOM. 2002. *The Turk: The life and times of the famous eighteenth-century chess-playing machine*. Walker & Company.
- WONG, MARTIN TSAN, ANDY HON WAI CHUN, QING LI, SY CHEN, eta ANPING XU. 2008. Automatic haiku generation using vsm. In *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering*, number 7. World Scientific and Engineering Academy and Society.

5 Eskerrak eta oharrak

Gure eskerrik beroenak UPV/EHU-ri, ikerketa lan hau burutzeko jasotako laguntzagatik. Baita IXA⁷, Aholab⁸ eta Bertsozale Elkarteari⁹ ere, lankidetzeta sustatu eta proiektua bultzatzeko egindako ahaleginagatik. Eta, batez ere, eskerrak Manex Agirrezabali, egindako ekarpen guztiengatik.

⁷<http://ixa.si.ehu.es>

⁸<http://aholab.ehu.es/aholab/>

⁹<http://www.bertsozale.eus>