



LA SEPARACIÓ DE FONTS I LES SEVES APLICACIONS

Jordi Solé i Casals

Professor del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions
Universitat de Vic

Un dels problemes clàssics que trobem en qualsevol sistema on intervinguin sensors és el d'eliminar el soroll sobreposat al senyal d'interès. Una nova manera de resoldre aquesta situació és la *separació de fonts*, que consisteix en obtenir per separat els diferents senyals que conformen una mescla. Les múltiples aplicacions a la indústria, el periodisme o la medicina en justifiquen l'interès per una recerca que comença a donar fruits.

Entres a un bar. Està ple de gent. El soroll dels gots, de la música de fons i de la televisió en un principi t'envaeix i et provoca una sensació de caos. A poc a poc, però, comences a *sentir-hi* clar. Ja pots distingir fàcilment els diferents senyals que conformen aquest caos sonor. Pots seguir les converses de la gent, escoltar la televisió i la música de fons i meravellar-te amb el dringar dels gots de les taules.

Estàs al carrer. Veus venir un amic. Us saluteu. Enmig del soroll dels cotxes que passen, del soroll de les obres que fan a l'edifici del davant, malgrat que esteu caminant o us moveu per deixar passar la gent per la vorera, sou capaços de seguir la vostra conversa, d'entendre-us i centrar-vos només en el senyal que us interessa.

T'has preguntat mai com pots aconseguir això? Estem davant dues situacions habituals en la nostra vida de cada dia. I el més curiós de tot és que no sabem com, però tots som capaços de separar els sons i quedar-nos amb el que ens interessa. Això tan simple és un veritable problema a l'hora de resoldre-ho a través d'una màquina o d'un sistema artificial, com ara en el tractament d'imatges, la recepció de senyals en antenes, en unitats mòbils de ràdio o televisió, telèfons mòbils, etc. En general, qualsevol receptor que pugui rebre diferents senyals ens portarà a una situació similar, i per tant a la mateixa pro-

blemàtica. Aquesta diferenciació s'anomena *separació de fonts*. Podríem definir el concepte en recuperar senyals que estan mesclats amb d'altres. Evidentment, no coneixem ni els senyals originals, o fonts, ni com s'han fet les mescles.

Mètode de separació

Una possible manera de dur a terme aquesta separació de fonts és mitjançant l'ús de les *xarxes neurals artificials*. Una xarxa neural artificial és un intent de construir un sistema, mitjançant un programa (*software*) o bé mitjançant uns circuits electrònics (*hardware*), que treballi de forma similar a com ho fa el cervell. És a dir, es busca un *model* que intenti reproduir el funcionament del sistema nerviós des d'un punt de vista tant *estructural* com *funcional*.

Així com el nostre sistema nerviós central *aprèn* i respon d'una determinada manera davant els diferents estímuls que rep, la xarxa artificial també haurà d'*aprendre* a respondre davant de cada situació. La manera com la xarxa aprèn s'anomena tècnicament *regla d'adaptació*. Aquesta regla intenta, d'alguna manera, ensenyar a la xarxa a comportar-se, i juga el mateix paper que les normes socials, ètiques, d'educació, etc. juguen en l'aprenentatge del nostre comportament.

Per al cas que ens ocupa, la regla d'adaptació es pot construir a partir de la següent observació: si originàriament

teníem dos senyals font que eren estadísticament independents (vegeu la figura 1), és a dir, que el comportament d'un no depenia per res del de l'altre, llavors té sentit pensar que si la xarxa neural ens dona a la sortida dos senyals que siguin estadísticament independents, aquests s'hauran de correspondre amb els senyals originals. En aquest criteri es basen els mètodes de separació de fonts: suposant que els senyals font són estadísticament independents es vol aconseguir, a partir de l'observació de les mescles, uns senyals que també siguin estadísticament independents. Si el sistema ha funcionat correctament, recuperarem a la seva sortida els senyals font original.

Arribats en aquest punt, ens falta veure com ho podem fer per saber si dos senyals són o no són independents. Una manera de fer això és a través de la *teoria de la informació*, que en línies generals podríem dir que intenta donar resposta a qüestions com: què és la informació?, com es pot mesurar?, quins són els límits fonamentals en la transmissió de la informació?, com podem comprimir la informació i fins a quant?, com podem dissenyar dispositius que ho aconseguixin?

Per al problema que nosaltres volem resoldre, el de la separació de fonts, s'utilitza la teoria de la informació per determinar la informació mútua entre els senyals de la sortida de la xarxa neural. La informació mútua entre dos senyals és

una mesura de distància entre ells, és a dir, ens està donant una mesura de la quantitat d'informació que un senyal ens dona sobre l'altre. Si la informació mútua és zero, si un senyal no ens pot donar cap informació de l'altre, això ens està dient que els senyals són estadísticament independents. Justament aquesta situació és la que necessitem per recuperar els senyals originals a la sortida del nostre sistema de separació. Per tant, la regla d'adaptació de la nostra xarxa neural intentarà moure's en el sentit de minimitzar la informació mútua entre els senyals de sortida.

Aplicacions

- **Biomèdiques:** en aquesta àrea és molt habitual trobar que els senyals d'interès no es poden mesurar de forma directa i estan normalment emmascarats per d'altres senyals interferents. S'han dut a terme experiments en l'anàlisi d'electroencefalogrames (EEG), electrocardiogrames (EEC) i en l'anàlisi d'imatges obtingudes per resonància magnètica funcional (fMRI).

- **Comunicacions:** per motius d'optimització de recursos físics, d'amplada de banda i econòmics, s'intenta actualment que diferents comunicacions comparteixin el mateix medi físic. Això porta associat greus problemes d'interferència en els receptors. Una manera d'intentar solucionar aquesta situació és mitjançant tècniques de separació de fonts, que també s'utilitzen en agrupacions d'antenes.

- **Separació de locutors:** l'exemple de l'inici de l'article, intentar separar una conversa immersa en un entorn sorollós, es coneix amb el nom de *cocktail party effect*, ja que és la típica situació que apareix en una festa. Separar d'aquest entorn el senyal d'interès té múltiples aplicacions, ja que l'efecte *cocktail party* el trobem en qualsevol gravació de senyal de veu o d'àudio, en el senyal recollit en un telèfon mòbil, en sistemes de

reconeixement de veu, en estudis de gravació de música, en sistemes de teleconferència, etc.

- **Eliminació de redundància:** si d'una mescla de senyals en podem extreure els senyals independents que la formen, és a dir, la podem descomposar en les seves components independents, es poden dissenyar, també, codis que per-

senzills que actuant tot sols tindrien uns comportaments mediocres, però que si porten associat posteriorment algun mètode de separació de fonts es converteixen en sensors molt bons, amb una gran capacitat per rebutjar els senyals que no ens interessa d'obtenir.

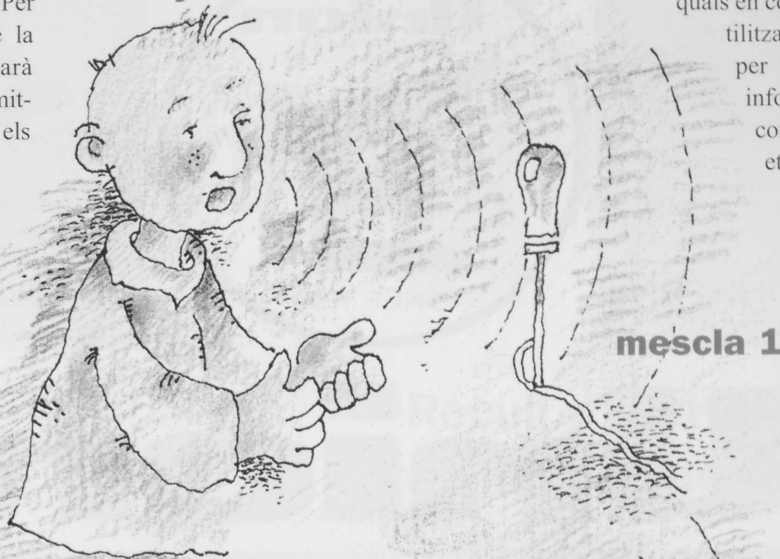
- **Sismologia:** per a l'estudi de tot tipus de senyals que ens arriben de fenòmens de la naturalesa o l'univers dels quals en coneixem poca cosa, s'utilitza la separació de fonts per intentar esbrinar quina informació porta el senyal, com es pot haver generat, etc.

- **Economia:** també per a l'estudi de l'evolució de valors s'està començant a utilitzar la separació de fonts per tal d'intentar predir cap a on anirà un valor. En general, la separació de fonts es pot intentar utilitzar per aconseguir més informació d'un senyal del qual no se'n coneix l'origen, ja que d'alguna manera se n'obtidran les característiques més rellevants que el conformen.

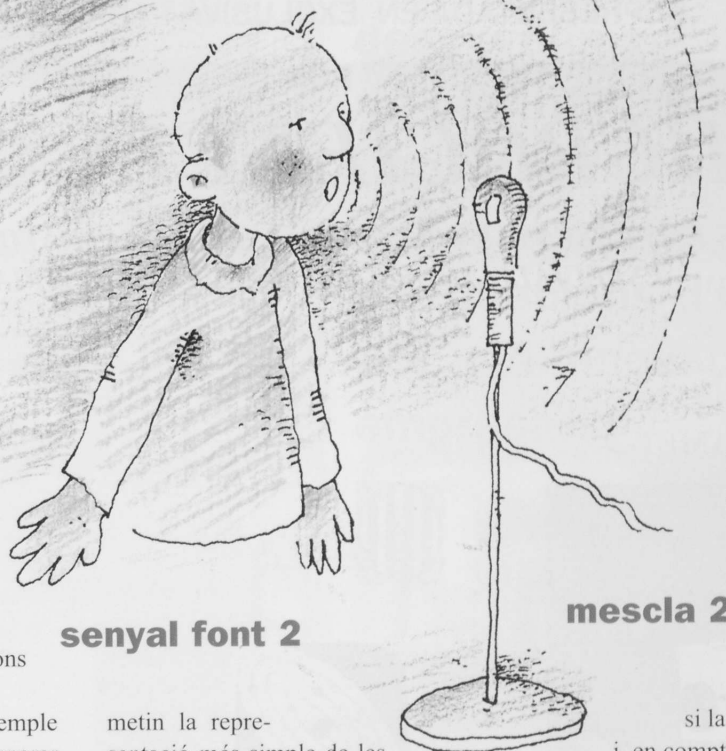
Conclusions

Tot i que de manera molt resumida, s'han presentat les bases que formen la separació de fonts i les idees principals per dur-la a terme. De qualsevol manera, el tema està encara molt obert i hi ha moltes qüestions per resoldre, com per exemple: què passa si la mescla no és tan simple i, en comptes de ser lineal, és no lineal? O bé què passa si a la mescla hi ha un senyal i el mateix senyal retardat? Tot això dona lloc a models més complexos que encara s'estan investigant. Segurament que d'aquí a pocs anys podrem parlar-ne i presentar les solucions que els diferents grups d'investigadors han desenvolupat per a la millora del món on vivim. ■

senyal font 1



senyal font 2



metin la representació més simple de les dades. Estem fent, doncs, una eliminació de redundància que farà que els sistemes de comunicacions siguin més eficients.

- **Indústria:** la separació de fonts s'està aplicant també a la indústria, en el disseny de sensors artificials amb bones característiques de rebuig de senyals no desitjats. És a dir, es dissenyen sensors