

Sistemi di fusione di dati sensoriali

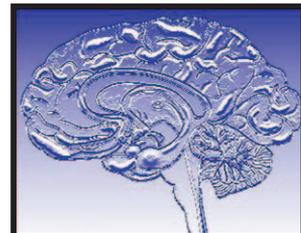
Automatic systems for sensor fusion

di Stefano Panzieri

Democrito, nato nella Tracia nel 460 AC, afferma in un suo famoso frammento:

L'intelletto dice ai sensi: «Il dolce è apparenza, come pure l'amaro; il caldo e il freddo sono relativi, così come i colori. In realtà esistono solo gli atomi e il vuoto». A questa affermazione i sensi ribattono: «Mio povero intelletto, tu pretendi di ricavare da quello che ti mostriamo la conclusione che noi sbagliamo? Così la tua vittoria è in realtà la tua sconfitta».

Con questo paradosso l'autore pare affermare che non solo i nostri sensi ci ingannano, ma che partendo da essi non potremo che vivere in un mondo autoreferenziale dal quale risulta impossibile uscire. Non dobbiamo stupirci più di tanto, secondo un approccio caro agli scienziati cognitivisti di oggi la realtà oggettiva non esiste in quanto tale ma è prodotta dall'esistenza e dal comportamento del sistema cognitivo stesso. La realtà, cioè, viene considerata inseparabile dalla struttura dall'esperienza passata del sistema cognitivo. Secondo due famosi studiosi sudamericani, Maturana e Varela [1], percepire è equivalente a generare un mondo interno, e il processo stesso della vita è un processo di cognizione. Ancora, secondo i due scienziati, percezione ed azione non possono più essere separate, e questo trova conferma nella moderna biologia che considera l'evoluzione del sistema nervoso in buona parte come un link di retroazione tra gli input sensoriali e i comandi motori ai muscoli. Si chiuderebbe, così, un circuito di mutua regolazione che renderebbe gli esseri viventi strettamente partecipi del mondo esterno e non semplici osservatori passivi. Conferme di questo fenomeno si trovano ovunque oggi e, per non andare troppo lontano, si può leggere l'articolo di Rizzo [2] sul numero 1 di questa rivista dedicato alle Affordance, ovvero le "opportunità d'azione presenti nell'ambiente per individui con specifi-

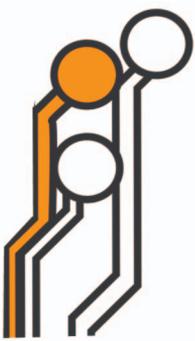


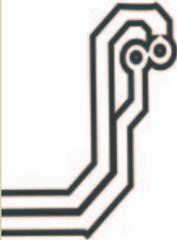


Democrito, born in the Tracia greek region in 460 BC, states, in a famous fragment:

The intellects tells to senses: « Pain is only appearance, as bitter taste is; warm and cold are relative, and colours too. Indeed, only atoms and emptiness exist». To this claim senses retort: «My dear intellect, you hare supposed to deduce from what we show you that we are on the wrong side? But, in this way you victory turns to be your defeat».

Using this paradox the author seems to claim that our senses deceive us and that, starting from their input, we could only live in a self-referenced world from which it is impossible to escape. We don't have to astonish, following a quite common approach in the cognitive scientific field, an objective reality doesn't exist by itself and can be considered a consequence of the behaviour of the cognitive system itself. This means that reality has to be considered indivisible from the past cognitive experience. Along with the thinking of two south American scientists, Maturana and Varela [1], perceive is like engender a whole world, and the life itself is a cognitive process. Again, following their opinion, perception and action cannot be divided, as confirmed by modern biology that considers the nervous system as a feedback link joining sensorial inputs and motion commands for muscles. In this way, a reciprocal regulation is obtained describing life as an active partner of a great mechanism that include external world. Many authors confirm this unifying point of view and, as an example, the article of Rizzo [2], published on number 1 of this journal, can be read. In that paper Rizzo discusses Affordances, i.e., action oppor-





che abilità sensomotorie”. Nell’articolo troviamo chiaramente espresso il concetto che l’essere umano percepisce alcuni oggetti del mondo reale come possibilità di una loro manipolazione. Non dimentichiamo poi che dopo l’esperienza sensoriale, o anche contemporaneamente a essa, viene il problema della attribuzione del significato e questo si risolve nella assegnazione di simboli che possano aiutarci a vincere l’ambiguità di fondo della nostra percezione. La sua costruzione è spesso un’attività collettiva che comprende “il collocare elementi dentro cornici, l’afferrare, il reagire alla sorpresa, il costruire significati e il creare configurazioni” [3].

In tutto ciò l’uomo non differisce molto dalle altre specie animali, troviamo solo una flessibilità maggiore, che si esprime, grazie all’enorme ventaglio di opportunità messi a disposizione dal nostro codice genetico, il quale crea continuamente nuovi legami tra i nostri 1013 neuroni, modificandone la topologia e rendendolo più adatto alle nuove situazioni ambientali [4]. La sostanza, ovvero ciò che rimane a fattore comune di tutte le specie viventi, è che per vivere dobbiamo conoscere e per far ciò possiamo solo sfruttare i nostri sensi. E dobbiamo farlo al meglio, vista la concorrenza sul pianeta. Rendiamoci conto che alcune specie hanno degli apparati sensoriali anche migliori dei nostri, vedono di notte e fiutano odori a noi sconosciuti e, a questo punto, avranno anche un’idea del mondo completamente differente dalla nostra.

L’uomo però sta facendo qualcosa di nuovo, forse il risultato di una nuova esplorazione evolutiva, come direbbe Kauffman [5]: si sta creando (letteralmente) nuovi organi di senso. Ha ideato nuovi occhi per vedere a distanza o per vedere cose mai viste prima, e nuove braccia, che ha spedito intorno al mondo e persino su altri pianeti. La mente umana, sfruttando le opportunità messe a disposizione dai prodotti tecnologici di questa società, comincia a vivere in simbiosi con dei dispositivi elettronici sparsi nell’ambiente delegando all’esterno alcune funzioni mentali come la memoria o la capacità di calcolo. Sono state inventate nuove forme di comunicazione che modificano il mondo e di conseguenza modificano a loro volta il nostro modo di vivere [6]. Nuove sensazioni ci sorprendono continuamente e provocano la nascita di nuovi simboli e nuovi significati e quindi nuove modalità di vivere il mondo.

Non solo, quindi, l’uomo diventa più sensibile ma anche i dispositivi accrescono la loro capacità di misurare il mondo che li



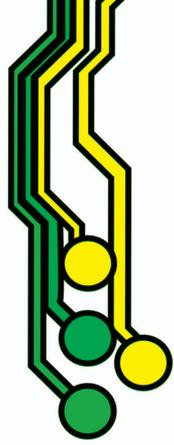
tunities that the environment offers to individuals with specific sensing and motion capabilities: the human being perceives objects from the real world as chances for their manipulation. Moreover, after the sensorial experience comes the sense-making phase, a problem that can be solved assigning some symbols that can help to overcome the ambiguity of our perception. The construction of sense is a collective activity that includes “placing elements inside a frame, grasping, reacting to a surprise, building significances and producing configurations” [3].

In this humans are not so different from animals, we can only count on a greater flexibility that can be expressed thanks to the huge opportunities given by our genetic code, continuously creating new links between our 1013 neurons, changing brain topology, and adapting it to new environmental situations [4]. Above that, the common idea is that to live we have to know, and to this aim we can only take advantage of our senses. And we have to do it at our best, considering the planetary competition. We have to understand that some species have even better sensorial equipments than ours, can see in the night and smell unknown (for us) fragrances, and so they can have an idea of the world that is terribly different.

But man is building something new, the result of an evolutionary exploration, as Kauffman would say [5]: he is creating (literally) new sensing organs. He has conceived new eyes to see in a dis-



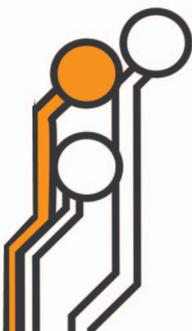
circonda, e ogni volta che compiono un atto di percezione possono estendere, come dicevamo prima, la loro capacità regolarsi rispetto al mondo esterno. Ed è qui, nella esigenza accumulare e gestire questi nuovi flussi informativi, alle volte eccessivi e poco qualificati, che ci accorgiamo della limitatezza di una metodologia che manipoli i dati provenienti dai sensori artificiali basandosi sulla riduttiva considerazione di operare con un sensore alla volta e con un processo unidirezionale che parte dallo stimolo energetico e finisce con un numero. Un modo di operare, questo, che in maniera anche molto efficiente tratta e condiziona i segnali elettrici che arrivano dal singolo sensore ma, dopo averne dato una rappresentazione utilizzabile dall'uomo come dalla macchina, difficilmente si accorge della loro limitatezza. Il problema sensoriale di oggi è lo stesso quesito che l'evoluzione si è posta quando, ad esempio, ci ha voluto spingere verso la posizione eretta: come fare a coordinare la vista, l'udito, il tatto, e l'attività motoria per avere una corretta andatura? Infatti, tutti gli esseri viventi usano le informazioni provenienti dai vari sistemi sensoriali combinandole insieme e ricavandone un dato aggregato utile per la loro azione. Riuscire ad automatizzare questi procedimenti e, per quanto possibile, collegare la percezione all'esperienza e poi all'azione, è il campo di studio della moderna Datafusion o fusione sensoriale. E' a causa di questa vastità di obiettivi che la fusione sensoriale è oggi un processo complesso composto da più parti, ciascuna delle quali può avere le sue radici in diverse metodologie, quali, ad esempio, la teoria dei segnali, la statistica, la logica classica e multilivello (ad es. la logica Fuzzy) e l'intelligenza artificiale. I campi di applicazione di sistemi di questo tipo sono, oggi, estremamente diversificati. I primi studi risalgono agli anni '70 e le prime applicazioni, ancora oggi trainanti per il settore, le troviamo nel campo militare: per esempio la sorveglianza costiera, dove si vogliono individuare navi o sottomarini, anche a centinaia di km di distanza, in base al rilevamento di onde acustiche, elettromagnetiche e particelle nucleari usando dei sensori posti su navi, boe, aerei, sottomarini e sulla terra; oppure nel settore della intelligence, dove è richiesto di individuare e sorvegliare dei bersagli terrestri nel campo di battaglia, facendo uso di sensori passivi, perché non individuabili, in grado di rilevare segnali di varia natura. Ma la Datafusion è oggi anche una tecnologia civile e i suoi molteplici campi di applicazione spaziano dalla diagnostica medica al monitoraggio ambientale, dal supporto alla manutenzione alla navigazione robotica e, perché no,





tance, and new arms, send around the world and towards new planets. The human mind, exploiting opportunities given by the technological commodities of our society, it is starting to live in a symbiotic way with environment spread devices, outsourcing some mental functions like memory or calculation ability. New ways of communicating have been designed, modifying the world and thereafter our way of life [6]. New sensations, continuously amaze us, inducing the birth of new symbols and new meanings, and then, new procedures to rule the world.

Not only man turn into a more sensible being, but also devices, in their increased autonomy, multiply their ability in measuring the surrounding world, and every single time they perform a perception act they can extend their aptitude in regulating themselves with respect to the external world. Henceforth, trying to work out data fluxes, storing and managing information, sometimes excessive or poorly qualified, engineers face all the limits of a methodology that can manipulate artificial sensor data basing on the meaningless tradition that considers one sensor at time, using a monodirectional process that starts from the energetic stimulus and ends with a simple number. Processing and conditioning data from one sensor, forgetting that more meanings could be extracted using all the available data, is barely recognized as a limiting strategy. The sensorial issue is today to give the same answer that human evolution has given to the problem of erected posture walking: how to coordinate sight, hearing, touch, and muscular system motor activity to get a fine walk? In fact, all living beings use data coming from different sensorial systems and combine them to get an aggregated data useful for their action. To be able to automate such procedures and, if possible, to link perception to experience and then to action, is the field under study of modern Data fusion [7] or sensor fusion. This hugeness of objectives make sensor fusion a complex process made of several part, each one having roots in different methodologies, such as signal theory, statistics, classical logic and multilevel logic (like Fuzzy logic) and artificial intelligence. Application fields for such systems are today extremely differentiate. First studies have been conducted during the '70s, and steering applications (unfortunately also today on top of the list) can be found in the military field. For example coastal protection, where ships or submarines



alla progettazione di interfacce uomo-macchina non standard possibilmente basate su più dispositivi contemporaneamente. In questo settore l'apporto delle tecnologie di Datafusion sarà certamente determinante, e consentirà sia alla macchina di comprendere meglio i comandi dell'uomo, interpretandone possibilmente anche alte caratteristiche come la convinzione di una affermazione, l'incertezza di un gesto, e magari cercando di capirne gli stati d'animo, sia di farsi capire nella maniera più corretta. Voce e gesto potranno finalmente convivere insieme nel nostro rapporto con la macchina e tramite essi realizzare uno scambio di informazioni quanto più vicino a quello che avviene tra gli esseri umani: una vera natural interface.

Bibliografia

[1]H.R.Maturana, F.J. Varela, "Autopoiesi e Cognizione. La realizzazione del vivente," Marsilio, 2001. (Autopoiesis and Cognition. The realization of the Living)

[2]A. Rizzo, "La Natura Biologica e Culturale dell'Interaction Design," ID&A, anno I, ottobre 2005.

[3]Karl E. Weick, "Senso e Significato nell'Organizzazione. Alla ricerca delle ambiguità e delle contraddizioni nei processi organizzativi," Raffaello Cortina Editore, Milano, 1997.

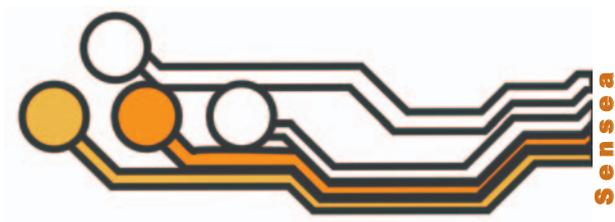
[4]Gary Marcus, "La nascita della mente. Come un piccolo numero di geni crea la complessità del pensiero umano," Codice, 2004. (The Birth of the Mind. How a Tiny Number of Genes Creates the Complexities of Human Thought)





should be discovered, in a range of hundreds kilometres, observing acoustic or electromagnetic waves through sensors placed on ships, buoys, airplanes, submarines or ground. Otherwise, in the field of intelligence, where requirements are, for example, the detection of ground targets in the battlefield, using only passive sensors (undetectable) able to sense different kinds of emitted signals.

But the Data fusion is today also a civil methodology with several fields for its application ranging from medical diagnosis to environmental monitoring, from maintenance support to robotic navigation and, why not, to the design of unconventional man-machine interfaces based on more than one input device. In this area the contribution of Data fusion methodologies will certainly be decisive and will allow to both computer and man a better comprehension of commands and information. A deeper analysis will get to a better interpretation of human wills, giving a sense to other characteristics of an assertion like indecision of a gesture, or the possibility to understand human moods. Voice and gesture will finally live together and be a part of our relationship with the computer, leading to a broad and meaningful exchange of knowledge, like the one that can be realized among humans: a real natural interface.



[5]Kauffman, “Esplorazioni evolutive,” Einaudi, 2005. (Investigations)

[6]Mitchel, “Me++: The Cyborg Self and the Networked City,” The MIT Press (October 1, 2004).

[7]David L. Hall, “handbook of Multisensor Data Fusion,” CRC; 1st edition (June 20, 2001).