

The Biological Encoding of Design and The Premises for a New Generation of ‘Living’ Products: The Example of Sinapsi

The following article aims to briefly describe the long and intricate search path which led to the design of Sinapsi, a smart device inspired by nature, for helping blind people’s mobility and orientation in track and field. The description will be accompanied by an analysis of different solutions already developed for helping blind people and by multiple thoughts, theoretical and methodological, that aim to critically explain the renewed role of design, as well as to highlight the importance of biological reference in a complex world populated by artificial intelligence.

In particular, we will show how inspiration from biological systems can be one of the most innovative and attainable methods, not just to incorporate biological characteristics into machines and artifacts (nothing particularly new, even in AI) but to use it in the design process of smart systems as an instrument for improving quality of life and to expand our best human qualities. In fact, the growing complexity derived from the AI systems’ increasing degrees of autonomy has raised issues concerning the relationship between the user and the intelligent entity, as well as important ethical issues that call into question the design and that can be overcome through inspiration from the logic and the principles governing the intimate intelligence of nature.

Finally, the explanation becomes particularly interesting and deep when we talk about assistive devices for sensory disabled people, in which the co-dependent relationship between the user and the technology becomes stronger and in which the boundary between help and substitution, between enhancement and helplessness, risks fading.

1 A COMPLEX SCENARIO: OUR TECHNOLOGICAL “NEXT NATURE”

Artificial Intelligence is the branch of computer science, the offshoot of cybernetics, that aims, as science, to study certain smart behaviors (such as the interaction with the external environment, learning, reasoning, planning) and, as engineering, to reproduce them in the man-made world, to give materials, products, and technologically advanced systems the ability to think (Amigoni, Schiaffonati, and Somalvico 2008). It is not by chance that the trend defined as “A.I.fication” will develop from our era of Industry 4.0. Smart cities, process automation, smart objects, dynamic systems, robots, and everything we can define as “technology-driven” will lead to a world populated by complex technological artifacts (tangible and intangible), able to perform real behaviors, rather than performances.

Therefore, we can easily deduce that it is among the leading disciplines responsible for the process of the “biologization” of the “realm of the made” (what is artificially built) with which we, as humans, have surrounded ourselves since the most ancient origins; but that today is rapidly evolving towards such complexity, as to show characteristics more and more similar to those found in the “realm of the born” (what is naturally generated), increasingly integrating with it according to the same “operating law” (Kelly 1994). In other words, like in a reverse process, sophisticated technological innovations bring us back to nature: life mechanisms cease to be merely theoretical models and became real production processes which, increasingly applied in a transversal way to almost all the sectors of human activity, lead to the concretization of anthropic entities that we can, for the first time, define as “living.”

In fact, the so-called AI “intelligent agents” are comparable to living organisms existing in nature, which by definition, are able, at the genotypic level, to contain

KEYWORDS

A.I.fication, Living Beings, Complexity, Co-Evolution, Bio-Inspiration, Intimate Intelligence, Assistive Technologies, Bat’s Echolocation.

HOW TO CITE

Lucibello, Sabrina and Carmen Rotondi. “The Biological Encoding of Design and The Premises for a New Generation of ‘Living’ Products: The Example of Sinapsi”. *Temes de Disseny* 35: 116-139.

and manipulate information and, at the phenotypic level, to assume real complex behaviors and information processes suitable to survive in a given environment, by relating their genetic tools with the conditions and the perturbations from the outside (Schrödinger 1995).

However, while this has allowed today's technology to produce dynamic, adaptable, sensitive, and multifunctional entities which can alter their physical properties, including information, senses, and responding to the environment's demands (Kapsali 2016), adapting to the needs of the contemporary "liquid" society (Bauman 2012), it has allowed our system of tools, machines, and ideas to become so dense and interrelated as to achieve a kind of independence, to begin to exercise a certain autonomy (Kelly 2011). Intelligent systems such as the Internet, financial systems, or genetic algorithms show how our technological environment – traditionally created to protect us from the forces of nature – is becoming so complex and uncontrollable that it is giving rise to a "Next Nature" which is just as cruel, unpredictable, and threatening as ever and in which the boundary is fading between technologies that facilitate our humanity and ones that rob us of our human potential (van Mensvoort 2012).

In this new scenario, several social and ethical issues are raised, especially concerning the relationship between humans and technology and it becomes particularly interesting and profound when we talk about assistive technologies for sensory disabled people, technologies that aim to make the lives of these individuals easier and higher quality. In fact, in this case, the co-dependent relationship between the user and the technology becomes stronger and, as such, the boundary between help and substitution, between enhancement and helplessness, risks fading away. Pondering these questions led to the studies and the experiments that gave rise to Sinapsi, a smart device inspired by nature, for helping blind people's mobility and orientation in track and field. In particular, questions arise as to how these new intelligent technologies can be useful to blind people, what types of constructive relationships there can be between them and the user, and how the design culture can find, in this field, but also in general, suitable and sustainable solutions in a world in which the artificial dimension is becoming a new nature, complex and out of control.

2

THE ROLE OF DESIGN

The idea that the relationship between humans and technology (from the Ancient Greek *tékhnē-logia* [1] - broadly meaning anything useful produced by our minds and will-power) is something as natural as our life is by no means new, nor is the belief that technology will determine our evolutionary future and allow us to be more human than even before. In fact, as revealed by the Greek suffix *-logia* (conversation, reasoning), technology, unlike the simple *tékhnē-* [2], implies a relationship between "doing" and the more general socio-cultural background, thus entailing a unique vision of the world that influences and changes us: not only the way we live and act, but also our way of being

and thinking (Massaro and Grotti 2000). However, if it is true that from the earliest origins humans have surrounded themselves with "structural" artifacts to extend their bodies and "superstructural" artifacts to extend their minds, through which they managed to survive through a co-evolutionary symbiotic relationship with technology, then it is also true that the process of hominization risks ceasing when the loss of control over technology opens the possibility of transforming this relationship into a parasitic one which, unlike the symbiotic relationship, lacks reciprocity. As Koert Van Mensvoort (2012) said, since the dawn of our existence, human beings have been co-evolving with the technology they produce, in the same way bees and flowers have evolved to be interdependent, but every co-evolutionary relationship runs the risk of becoming parasitic, in which the stronger exploits the weaker. This is the risk we now face in the era of "A.I.fication", in which technology is becoming more and more intimate and in which multiple thinking entities are crawling autonomously around us, colonizing our body, manipulating our behaviors, settling rapidly between us and everything around, collecting mountains of information about us, and even simulating human behavior (van Est et al. 2014).

Therefore, in mankind's race for adaptation and survival, for overcoming weaknesses and reaching self-perfection and efficiency in all human activities, man should cherish the thing that is perhaps our most precious possession: attention. Man must live consciously in this world, monitoring the activity of the multiple thinking entities that surround him and using them as a means to improve the future of mankind rather than as a replacement, keeping his social and emotional skills alive, being alert to his right to make free choices, managing the way information reaches him, and developing himself. In fact, in applying today's sophisticated technological advancements, a tension between the control that technology exercises on the individual or on society and its potential must always emerge, even beyond the uses defined by its developers: is not the technology itself that determines its uses, but the ideological and cultural position generating them (Langella 2007).

From this perspective, design – both as a discipline that arises in the context of an artifact project, in which social issues and lifestyles are translated into anthropic entities and as a multidisciplinary field, able to involve multiple areas in the design process and to relate the various aspects of the contemporary (Maldonado 1976) – can take on the fundamental role of potential social, ethical, and ideological control of contemporary technologies. Therefore, the task of monitoring and leading our evolutionary course and of designing, perhaps even reversing the same technologies, the experience of new sustainable figured realities should be given to design, which has the necessary tools to prefigure new visions and alternative scenarios.

In particular, when we talk about assistive technologies for sensory disabled people, design must deal with a huge complexity due to the fact that they involve a fundamental aspect of our survival: the senses. Our senses allow us to fulfill our needs as biological organisms, to enter into full symbiosis with an information-rich, three-dimensional environment and interact with it. In these cases, technology

takes place between the user and their surroundings, right to the point at which symbiosis is undermined, making it quite simple to overcome the threshold between help and substitution, especially in a world in which Artificial Intelligence is able to perform human-like intelligent behaviors. That leaves it up to design to put in place tactical creativity and strategy in order to apply the contemporary technological possibilities in a sustainable way, improving the user's condition and giving him the possibility to overcome the lack (or impairment) of any conventional sense, like sight, touch, and hearing, or of the other senses related to it, like the social sense, the sense of freedom, and the sense of self cognition [3].

3

FROM SCIENCE TO TECHNOLOGY: THE PREMISES FOR INNOVATION

The sense that puts us in relation with our external environment more than any other is sight. Of all the sensations perceived through our senses, those received through sight have by far the greatest influence on perception. Sight, combined with other senses, mainly hearing, allows us to have a global perception of the world and to perform actions therein. Thus, for the blind, the lack (or impairment) of vision is a major barrier in daily living: information access, mobility, finding one's way, and interaction with the environment and with other people, among others, are challenging issues.

For this reason, and for the possibilities given by current technological advancements such as the miniaturization of electronic components or the development of sophisticated algorithms, the last quarter of century has witnessed a dramatic rise in interest in the development of advanced technological solutions for visually impaired people, transforming them into a sort of human cyborg. In fact, international research and industry are developing countless wearable and portable assistive devices that colonize a blind person's body and that, thanks to the new ability of advanced autonomous systems to simulate the human mind's processes, often replace the user in carrying out daily tasks that are harder to accomplish without sight. Every effort is being made to face this "social phenomenon" [4] and to improve the quality of life of the blind in contemporary society, focusing both on more traditional research fields like those regarding the transmission of the information and mobility assistance and new areas like those regarding computer access, recently added to the list due to the increasing importance of computers and their presence in every aspect of life. As such, apart from the successful Braille reading tool, numerous information transmission devices concerning reading, character recognition, and rendering graphic information about 2D and 3D scenes have been created; classic white canes are being equipped with Electronic Travel Aids (ETAs) or replaced by wearable or portable devices for mobility that involve spatial information regarding the immediate environment, orientation, and obstacle avoidance; and technological solutions like voice synthesizers, screen magnifiers, and Braille output terminals

are becoming more and more popular and allow blind people to use computers and access all of their services, such as the Internet. In general, all of them attempt to communicate and exchange information with the environment, other people, or other devices and to translate them in feedback systems that involve other senses, like hearing or touch.

In particular, concerning blind mobility aids that aim to improve orientation and spatial cognition or to avoid obstacles, we can first divide them into two major categories separated by a slight difference: portable devices that can't be worn but which require constant hand interaction, and wearable devices, which (thanks in particular to their small size) can instead be worn on many different parts of the body and give users the possibility of interacting with them in multiple ways without using their hands.

The most common portable devices (Fig. 1) are electronic canes, with the combination of classic white cane and ETAs, but this category also includes tactile displays, mobile phones, independent ETA devices, laptop computers, and so on. ETAs (Fig. 2) are portable devices that all share the same operating principle: they all scan the environment (using different technologies like ultrasonic sensors or cameras) and then display the information gathered to other senses, mainly touch and hearing, like in the case of EyeCane (Fig. 3), a virtual walking cane which emits infrared rays to translate distance into auditory and tactile cues enabling the user to sense objects within an adjustable range of up to five meters. When ETAs are combined with classic white canes, we now have technological canes (Fig. 4) which, compared to traditional ones, are implemented with a set of sensors and multi-sensory displays. These aim to give further information about the surroundings, for example concerning more distant environmental features or the presence of obstacles, landmarks, or hazards at shoulder or head height, like in the case of Ultra Cane (Fig. 5). Thanks to an ultrasonic sensor, this cane can find objects in front of the person and indicate their direction and distance with a tactile feedback (vibration). The very recent phone apps developed by Microsoft (Seeing AI) and Cognitive Assistance Laboratory (NavCog) also belong to the category of portable devices, since the phone must be carried and requires interaction with the hand that moves it and focuses on the environment from various angles. In this case we are talking about AI systems that are able to perform sophisticated smart behaviors, to learn a comprehensive overview of the external environment and even to describe it in detail. For example, the iPhone app for indoor navigation NavCog (Fig. 6) achieves accurate localization using a novel algorithm which combines Bluetooth Low Energy (BLE) beacons with smartphone sensors and allows blind people to find their way inside buildings and in large, complex places such as universities, airports, and hospitals.

On the other hand, the class of wearable devices is more complex and includes all smart systems that interact with different parts of our body (Fig. 7) and use different sensory feedback depending on the condition. From the top down, first of all we have Head-Mounted Devices (HMDs) (Fig. 8) such as headsets, headbands, helmets, and eyewear that are the most popular kind of wearable assistive devices. In fact, the ears, responsible for the sense of hearing, the

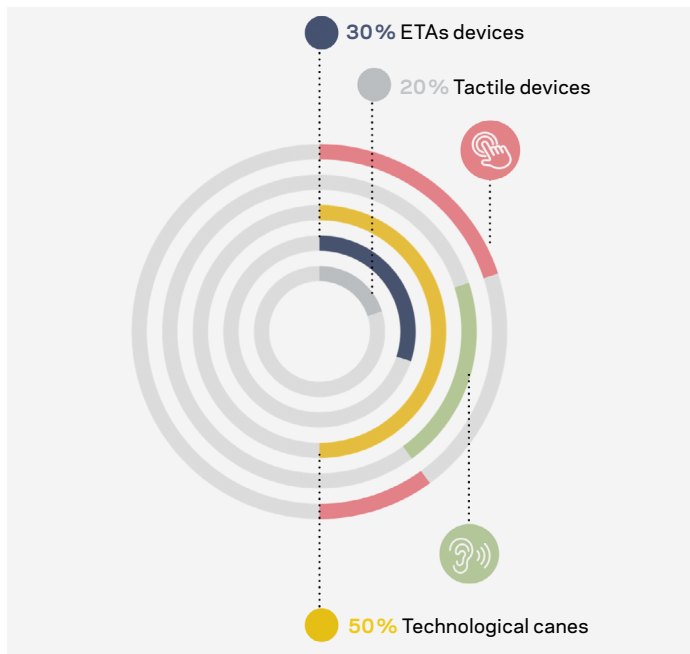


Fig. 1. The diagram summarizes the most common Portable Devices for blind people and the sensory feedback they use.



Fig. 3. EyeCane, resulting from the research from the lab of Professor Amir Amedi, from the Department of Medical Neurobiology at the Hebrew University of Jerusalem, in 2014. (Retrieved from: <https://shacharmaidenbaum.wixsite.com>)

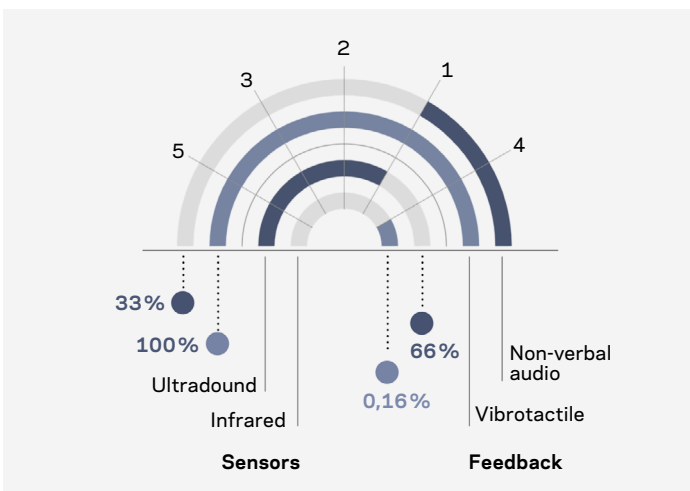


Fig. 2. The diagram shows the most used technologies by ETA devices to sense information from the external environment and communicate them with sensorial feedback. 1. Mini Guide (Jacquet et al. 2006); 2. Supersonic Stick (Kim 2010); 3. CyARM (Ito et al. 2005); 4. EyeCane (Buchs et al. 2014; Maidenbaum et al. 2014); 5. Munivo (Giubega 2010).

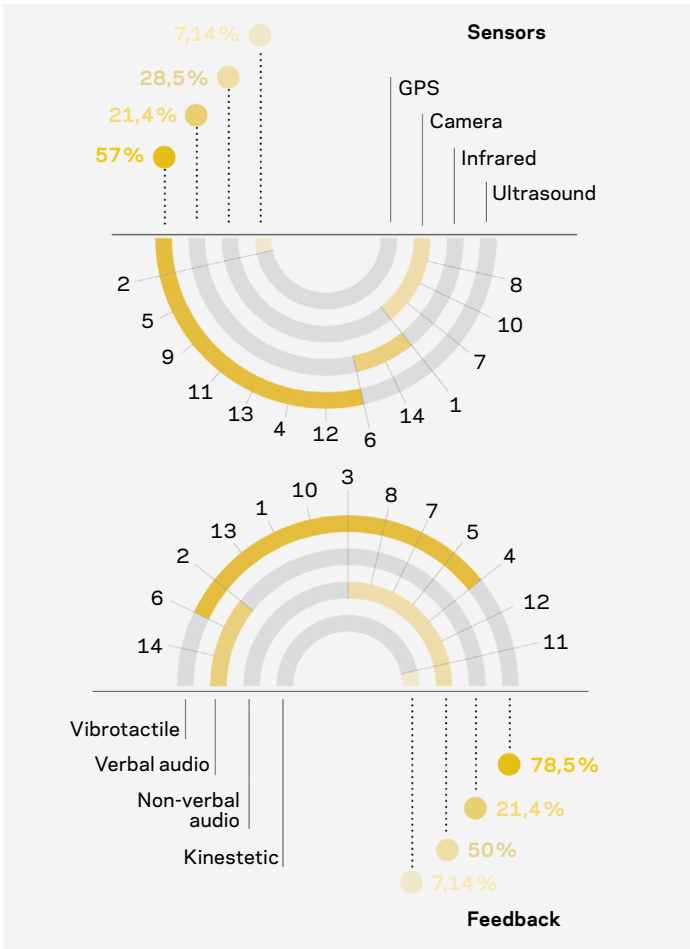


Fig. 4. The diagrams show some example of Technological Canes developed in recent years, as well as the technologies most used for sensing information from the external environment and communicating them with sensorial feedback. 1. The Eyesight (Song 2009); 2. Viio Travel Aid (Halim 2012); 3. LaserCane (Bolgiano and Meeks 1967); 4. Mini-Radar (Dakopoulos and Bourbakis 2010); 5. K-Sonar Cane (Bay Advanced Technologies Ltd. 2016); 6. iSONIC (Kim et al. 2009); 7. Tom Pouce (Hersh et al. 2006); 8. Télétact (Hersh et al. 2006); 9. Navigation Aid for Blind people (Bousbia-Salah et al. 2011); 10. Kinetic Cane (Takizawa et al. 2012); 11. Guide-Cane (Borenstein and Ulrich 1997); 12. Roji (Shim and Yoon 2002); 13. Ultra Cane (Gassert et al. 2013); 14. Mygo Cane (Ritzler 2007).



Fig. 5. Ultra Cane, developed by a small team of University of Leeds in 2013.

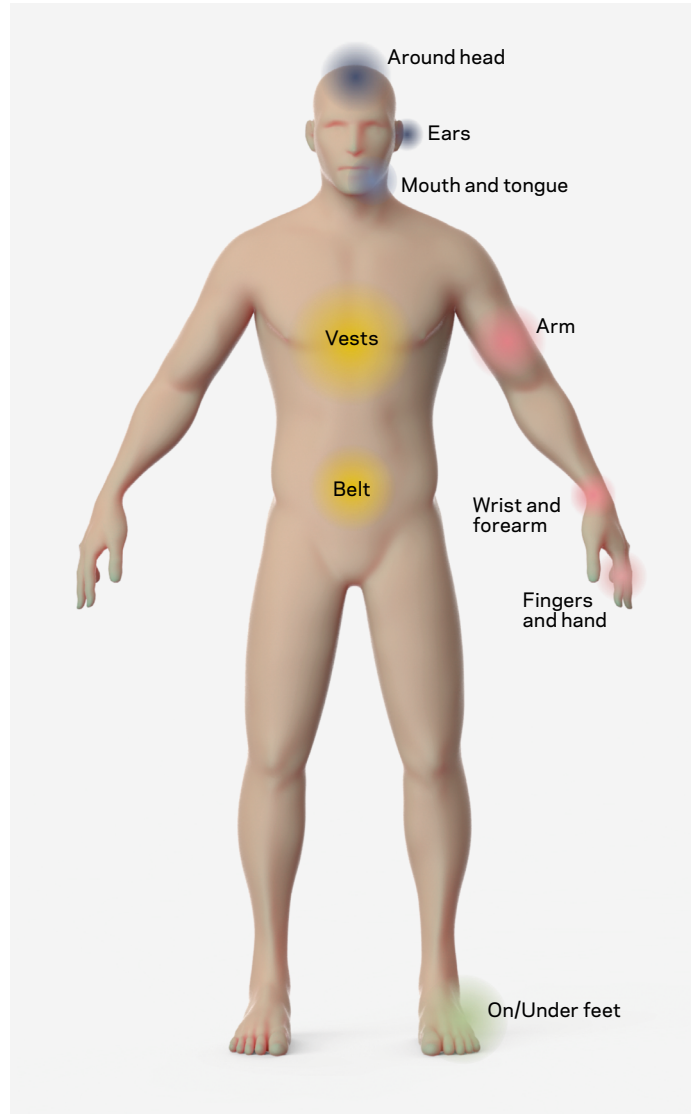


Fig. 7. Intelligent devices are becoming more and more intimate and can be worn on multiple parts of our body. In particular, wearable technologies for blind people developed to date are in a position to cover the user's entire body, from head to toe.

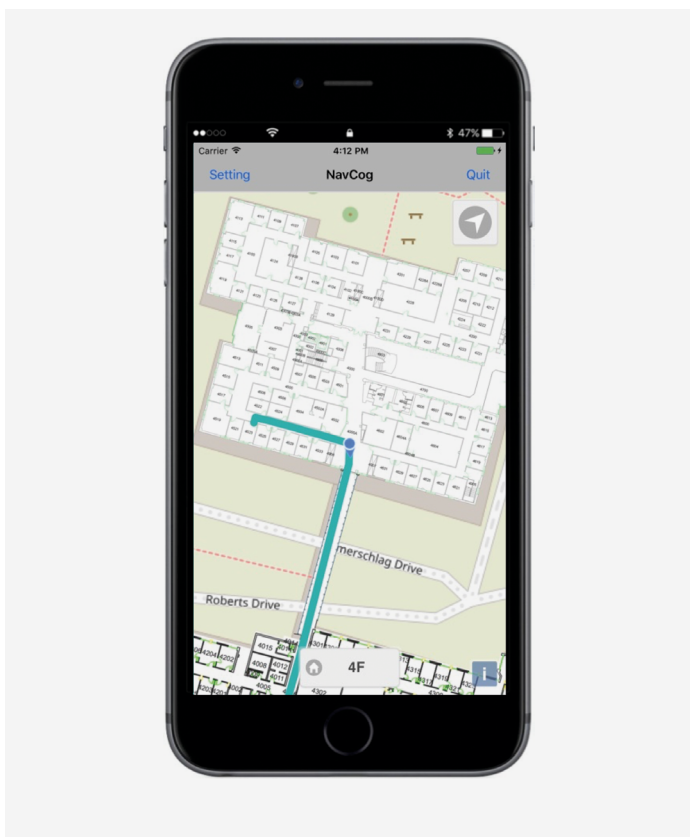


Fig. 6. NavCog, iPhone app developed by the Carnegie Mellon University Cognitive Assistance Laboratory in collaboration with IBM Research in 2017. It helps visually impaired people to navigate inside buildings and at large, complex places such as universities, airports, and hospitals.

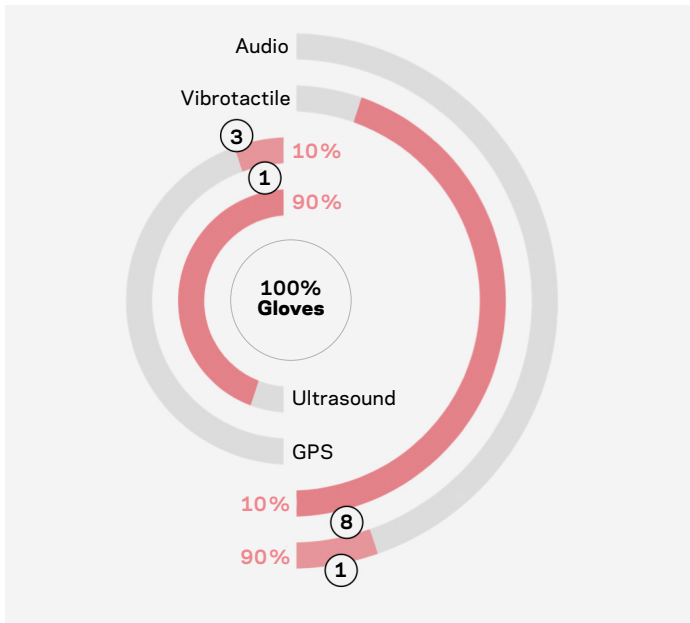


Fig. 8. We can differentiate four major classes of head-mounted assistive devices: headbands (elastic bands around the head), helmets, eyewear, and headsets of different sizes. In this case, sound is the most commonly used sense for feedback, given the proximity of the device to the ears. 1. Blind Guiding Glove (Chen 2012 - Patent: CN202496448); 2. TouchSight (Davies et al. 2007 - Patent: GB 2448166); 3. Tacit (Bat Glove) (Frink 2013); 4. HandSight (Stearns and Smith 2012); 5. Guide-Glove (Castillo et al. 2010 - Patent: MX2009001705); 6. Ultrasonic substitute vision device (Backer et al. 2008 - Patent: GB2448166); 7. Ultrasonic blind-guiding glove (Yang et al. 2008 - Patent: CN201076033); 8. Cyclops (SaloniKidou and Savvas 2012 - Opensource).

one most suitable for replacing the loss of sight, are located on the head and users can use head motion to explore the external environment and gather information from it (Fig. 9). Although many, such as Orcam MyEye (Fig. 10), are developed to access information, we can also find numerous devices developed not just for mobility and focused mainly on spatial navigation and movement, but also on obstacle avoidance at head height. The Horus wrap-around headband (Fig. 11) can provide useful help. Through machine learning and 3D imaging, it is capable of promptly alerting the user of obstacles and directions. Thanks to a voice synthesizer, the device narrates the images seen through bone-conduction-based [5] earpieces. Although it has been developed to avoid obstacles, Sonar Glasses (Fig. 12) can alert the user with vibrotactile feedback about potential hazards that are beyond the reach of a white cane, such as parked vehicles, overhanging branches, street and traffic signs, construction scaffolding, and other obstacles on the ground.

Ears are not the only organ involved thus far. Based on certain studies carried out in 1998 at the University of Wisconsin (USA) that proved that the brain eventually processes visual information by first stimulating the nerves in the tongue, the TDU (Tongue Display Unit) has been introduced which can translate optical images picked up by camera into electrotactile stimuli on the tongue. From this research, several TDU prototypes have been developed. The most recent, as well as the only TDU device that has been produced, is BrainPort V100 in 2015 (Fig. 13).

Going further down, we can find wearable assistive devices for the wrist and arm (Fig. 14) and vest, belt, and foot technologies. They have the same objective: to improve mobility for the blind by avoiding obstacles. They are able to collect information from the external environment and to communicate them to the user, in general haptically, in order to avoid the use of headphones that can isolate the user from the external environment and provide detectable and understandable feedback. For example, in 2017 the start-up WearWorks (Brooklyn), in collaboration with the blind athlete Simon Wheatcroft, developed a navigation device that can be worn on the wrist to allow blind athletes to cover a course unaided and unassisted. The product is called Wayband (Fig. 15). It collects data from GPS maps then communicates the route through a haptic feedback in a sort of Morse Code. Finally, less recent but equally interesting, is the prototype of the shoe-integrated vibrotactile display (Fig. 16) developed at Panamerican University (Mexico) which shows how the vibration encoding through feet is simple to understand, especially if it involves simple directional instructions (e.g. “turn left” or “go forward”) and familiar patterns (e.g. phone call, caution) (Velasquez 2010).

The list goes on and on, and we could go on to describe AI systems that work more or less in the same way which are developed to improve the quality of life of blind people, although they may run the risk of emphasizing the new technological possibility too often at the expense of the user’s actual role. In particular, the fact is that, in spite of so many available devices, user acceptance is low (Cuturi et al. 2016). Blind people still prefer white canes to technological Blind Mobility Aids because, as with Braille, they require active control from the brain, which interprets body movement

combined with the information derived from audio or tactile signals which helps them learn to interpret the surrounding world even in the dark. In fact, these inventions are like an extension of the user’s hand, allowing users to empower themselves and their sense of touch without losing their attention or self-control. However, this does not mean that we should give up on today’s technological advancements, but rather re-evaluate the co-evolutionary relationship between humans and technology when we apply them in devices. We must do so in a way that helps humans evolve and survive to the greatest extent possible, satisfying their needs, empowering rather than blocking them, and expanding their senses rather than blunting them.

The complexity and the autonomous behavior of the majority of the devices listed above places the user in a particularly awkward situation. The user must passively rely on the device’s feedback, wandering randomly with hesitant steps, trying to interpret the device’s feedback, and continuously questioning the success of single actions. They far outweigh the threshold for replacement and attempt to explore the world on their own, to build a representation of it based on the information that has been gathered and to give certain commands to the blind user, whether they are more direct (like “turn left,” “turn right,” or “be careful, there is an obstacle”) or in the form of detailed descriptions. Instead, new sustainable devices, which are in line with human instincts and capabilities, should first consider human nature so that the mechanisms forming the base of our orientation and mobility derive from a neuroscientific point of view.

This is what we have attempted to do during the development of Sinapsi. The design expresses the emerging ethical, social, and ideological issues arising from the misuse of today’s technologies and turns them into design tools to trigger sustainable innovation in the field of assistive devices for sensory disabled people.

4

THE REDISCOVERY OF A GREAT MENTOR

This is where the contemporary border between nature and technology can prove to be a powerful tool for design. In fact, the biological world has been evolving for 3.8 billion years and has encountered the same complexity as today’s anthropic reality long ago, so much so that nature has already developed interesting methods and strategies to confront it. Therefore, biology can be a point of reference for design culture as a theoretical and pragmatic means for monitoring and leading our evolution so that the ability to incorporate biological characteristics into machines and objects becomes an instrument to improve quality of life and expand our greatest human qualities.

From the hologrammatic metaphor of the system of life to the individual survival strategies developed by countless living beings, nature, as opposed to our artificial sphere which is becoming more and more controllable and manageable, is showing us the secret of hidden wisdom. Indeed, if it is true that, with the technologies available today, we are able to create living artifacts as an organism,

it is equally true that we cannot always achieve the same success. In other words, artificial systems are able to contain and manipulate information like organisms, but they are not always endowed with the same intimate intelligence of nature. Regarding Schrödinger (1995), he concludes the definition by specifying that a real organism is “living” if it has been successful in the process of the self-organization of information, namely in structuring information in an increasingly complex and holistic manner, in respect of the whole system in which it is inserted and in order to obtain a coherent behavioral response to the context in which it occurs. This is what is called the “hologrammatic principle” and it is the basis of all complex systems and all languages, principles, strategies, logic, and mechanisms that allow nature to realize and maintain its creatures alive. Therefore, from a methodological point of view, it can be useful to understand and reproduce them in new technologically advanced materials, products, services, and systems not only to resemble living beings, but especially to adopt genuine innovative behaviors, capable of adequately responding in a sustainable and holistic way to all the issues with which they enter into symbiosis (e.g. the user or the cultural or environmental sphere).

With Sinapsi, the hologrammatic metaphor has been applied from the very beginning: the product is seen as a new living being that is going to fit into a “symbiotic ecosystem” that is the blind user’s body, sensory organs, and nervous system. In order to achieve this goal, all aspects of the device have been designed and developed in a coherent and integrated manner with the spheres that they came into contact with, such as the user, their perception, self-control, and the ethical issues concerning the autonomy of technology, as well as the issues related to the usability or intelligibility of the sensory feedback. First of all, the design starts from the fact that humans, as animals, must establish a close relationship with their environment through spatial cognition, a special ability that allows us to explore the world through senses, to build a representation of it through our brains (which process the information gathered), and consequently to move in space and perform specific tasks [6]. Therefore, the moment in which sight, the dominant sense that gives us 90% of perceptual information from external and extra-personal space, goes missing (or is damaged), the biggest problem is not avoiding obstacles or finding one’s way, but rather the lack of adequate sensory feedback that can properly represent the environment in one’s brain (Gori 2017). For this reason, Sinapsi aims to empower the blind to explore the surrounding world with other senses (which is what we do from birth with sight) so as to provide the opportunity for their brains to develop a representation of the world based on the other selected sense. This sense will become dominant and ensure constant feedback in everything they do.

What better way to find a suitable solution than to mimic a strategy developed in nature? Animals, in fact, have the same need to know when and where to stay and move in the environment. They have therefore already developed certain skills and tactics that allow them to have spatial cognition, even in the dark, when the conditions require it (nightlife, living on the seabed, etc.). Among the countless

systems studied, the echolocation of bats was considered the most suitable mechanism from which to take inspiration for the new device. In fact, bats emit ultrasonic chirps (sound signals) and then listen to and analyze changes in the return echoes (given by the reflection of sound waves on surrounding objects). In this way, they can understand the shape of the surrounding space and identify the position of negative factors (such as obstacles) to avoid and positive factors (such as prey) to focus on. Furthermore, the approaches that bats take with echolocation are incredibly diverse. There are around a thousand different species that can assume different “echolocation behaviors” according to varying ecological conditions. This ensures that this mechanism is flexible and adaptable to all situations that may arise. Moreover, some studies have demonstrated how echolocation applies to the human brain (Thaler and Castillo-Serrano 2016), and through the brain activity scans of echolocation experts, how the sense of hearing doesn’t seem to be simulated but is repurposed by parts of the brain that are normally used for vision (Thaler et al. 2011). However, our bodies and brains have evolved to see the world with sight. We are therefore neither optimally equipped for echolocation nor able to instinctually elaborate information gathered from it. A learning biomimetic assistive device, like Sinapsi, is therefore useful as it provides the blind the tools to develop their own capabilities as well as new strategies to achieve a spatial cognition of their own and, consequently, certain specific navigational skills that make them truly independent and self-sufficient.

5

SINAPSI IN GREATER DETAIL

As we have stated, Sinapsi is a wearable assistive device which has been inspired by nature, to help blind athletes’ mobility and orientation in track and field, empowering them to run without a guide. Sinapsi is also a “learning device” that gives them the opportunity to learn the special mechanisms of echolocation, allowing them to explore and “see” the world in a sort of three-dimensional soundscape.

The field of sports is helpful for these kinds of processes, both because it is important that the feedback is constantly combined with body movement [7] and because it involves training, competition, objectives, discipline, sociability, and respect.

Concretely, Sinapsi is a small, practical device (Fig. 17) that can be worn on the hand and can be connected through Bluetooth to a pair of headphones [8]. When a race starts (Fig. 18), thanks to an accelerometer, Sinapsi automatically takes a photo of the track whenever it is tilted to 60 degrees and simultaneously sends a Bluetooth signal to the headphones that will emit a first tone, which will always be the same. At the same time, sophisticated algorithms (primarily an image recognition algorithm) analyze a group of photos (Fig. 19) while a second tone, simulating the return echo, is created. Depending on the distance between the trajectory of the athlete’s foot (diagonal of the photo) and the white line of the track, the device regulates the delay after the first tone while the frequency is regulated depending on

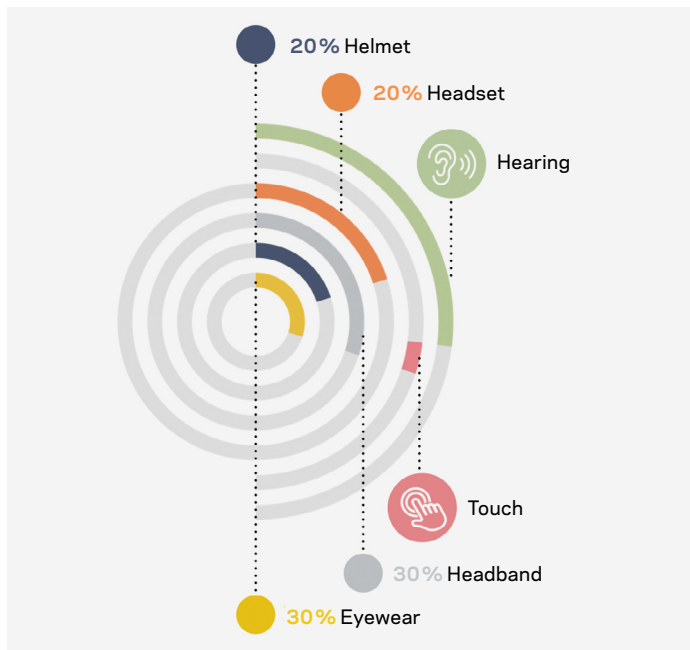


Fig. 9. The operation and the technologies used in head-mounted assistive devices are very similar to all the others. The difference is that they use mostly auditory feedback.



Fig. 11. Horus, head-mounted wearable aid for the blind and visually impaired developed by Swiss start-up Eyra in 2016. (Retrieved from: <https://www.designboom.com>)



Fig. 10. Orcam MyEye is an advanced wearable device for the blind. Thanks to a smart camera, it is able to read texts, recognize faces, and identify products, colors, and money and inform the user through an auditory description (voice). (Retrieved from: <https://www.ocracam.com>)



Fig. 12. Sonar Glasses, developed by the G-Technology Group (USA) in 2018. (Retrieved from: <http://www.g-technologygroup.com>) (Retrieved from: <http://www.g-technologygroup.com>)



Fig. 13. The BrainPort V100 oral electronic vision aid, produced and approved by the Food and Drug Administration (FDA) in 2015.

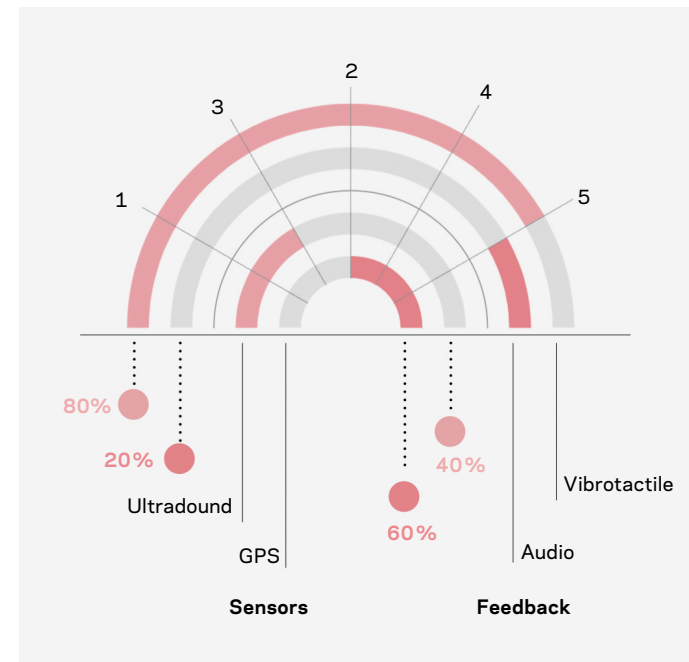


Fig. 14. The diagrams show some example of wearable devices for the wrist and arm developed in recent years, as well as the technologies most used to sense information from the external environment and communicate it with sensorial feedback. 1. Tactile Display Prototypes (University of British Columbia 2006); 2. Wayband (WearWorks 2015); 3. Sunu Band (Sunu Inc. 2015); 4. VibroTac (German Aerospace Center and Sensodrive Inc. 2011); 5. Project Bee (Tao Lin et al. 2010)



Fig. 16. Shoe-integrated vibrotactile display developed by Ramiro Velasquez and his team at Panamericana University (Mexico) in 2010.



Fig. 15. Wayband, developed by the start-up WearWorks (Brooklyn) in 2017.



Fig. 17. Sinapsi, a small and lightweight wearable device for blind athletes, implemented with an elastic string that ensures effective hand grasp and designed in two versions, the black version for congenitally blind people and the white one for partially sighted people (sensible to light variations and so a white object can be visible to them).

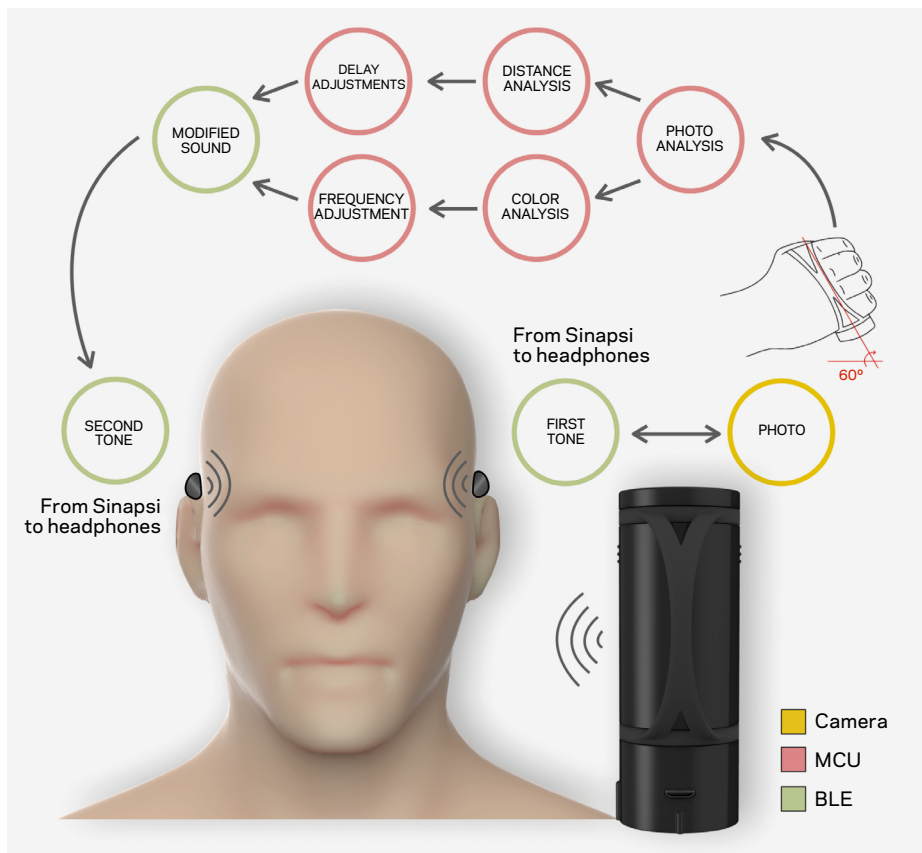


Fig. 18. Operation diagram of Sinapsi.

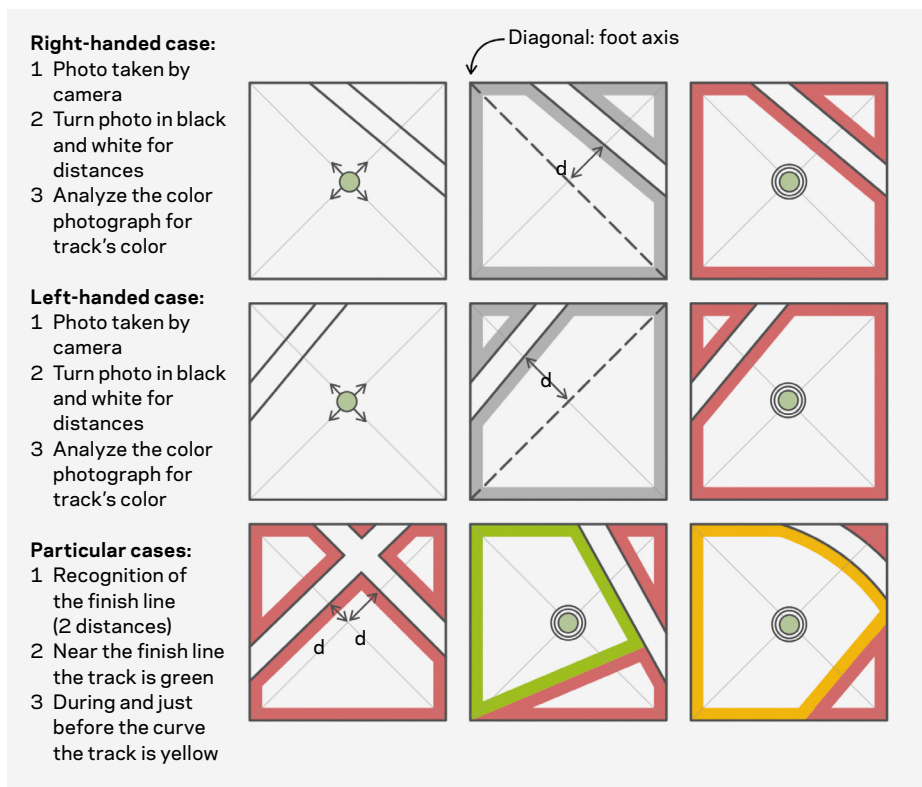


Fig. 19. Elaborating the pictures with sophisticated algorithms (primarily an image recognition algorithm).

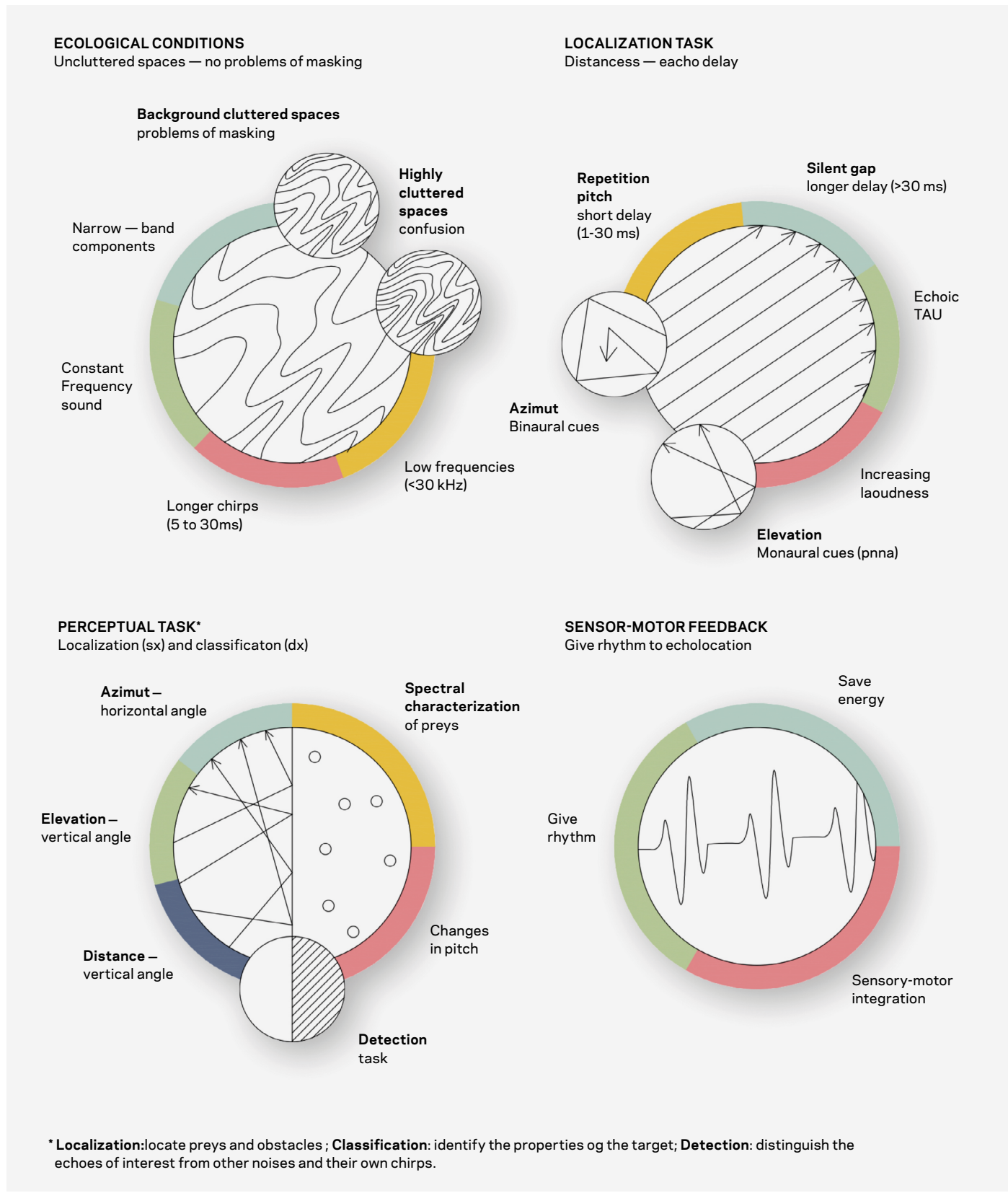


Fig. 20. Diagram that summarizes the echolocation activity performed by bats.

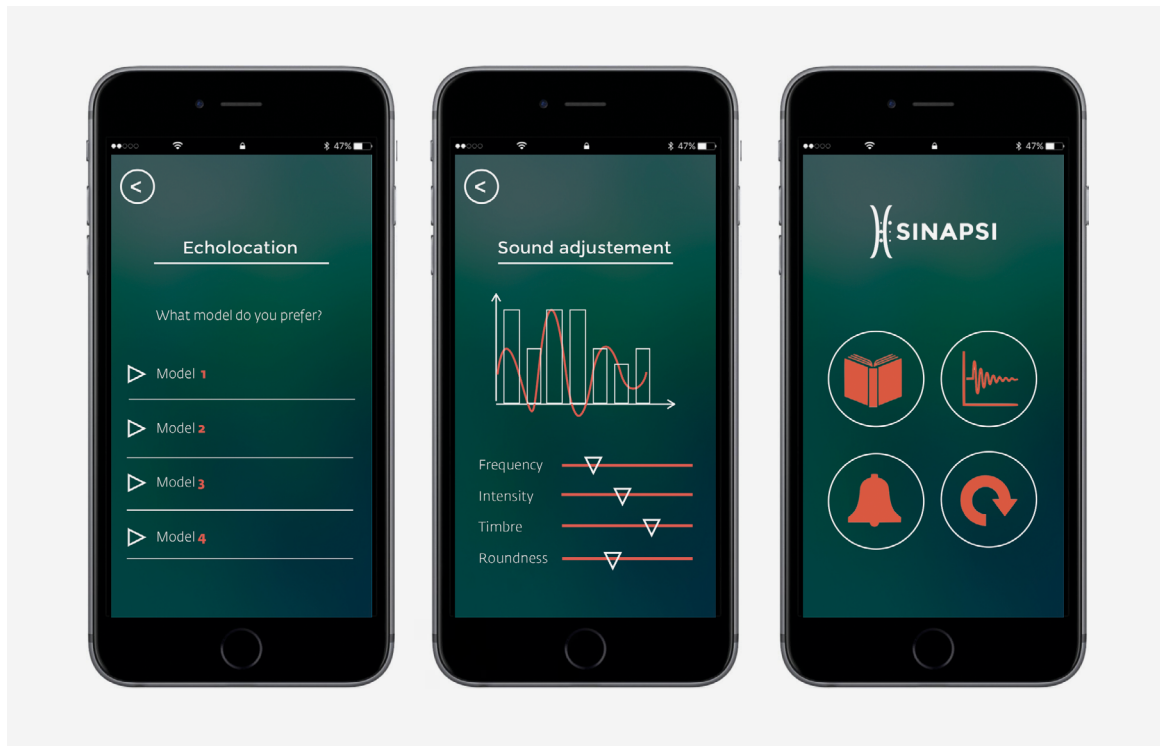


Fig. 21. The app coupled with Sinapsi: it allow to adjust the spectrum of sound; to regulate the type of echolocation; to listen instructions; to find the device and so on....

the color found at the center of the picture (Lab nomenclature [9]). The result is that a second Bluetooth signal is sent to headphones which creates a second tone that is different with regards to the first as an echo, thereby providing information with it.

The sound design is obviously inspired by the echolocation mechanism of bats, specifically by the way in which they perform perceptual and localization tasks and by the types of chirps (audible signals) they use depending on the ecological conditions and their sensory-motor dynamics (Fig. 20), in order to make the feedback more natural and intuitive, to the extent possible. In particular, the localization task is simulated when Sinapsi communicates the distance with the delay of the second tone. In fact, as in nature, echoes require more time to return when the distance is greater. In contrast, the characterization task is simulated when the product changes the frequency of the second tone to indicate the color of the track (useful for example for future signage), an exercise that bats can perform with an exceptional ability with regards to the material and the surface texture of a potential target [10].

Finally, as nature teaches us, we can say that something is "living" if it is flexible and adaptable to different situations, existing and in progress. Therefore, we decided to complement Sinapsi with an app in such a way it can be more interactive and multifunctional. It can adapt to different user needs and preferences or to different types of disabilities, and it can be implemented and improved in the future, evolving like a living being. We chose to keep the product as an open concept that leaves space for future ideas and implementations that today can give blind people the perception of a track, of its dimension and its curves, but perhaps tomorrow can give them the possibility to perceive all the surrounding world in its most minute detail. This gives these people the

possibility to develop special capabilities with their minds and willpower, co-evolving with technology and facing all the ethical issues derived from the potentially threatening symbiosis and co-dependent relationship between the user and intelligent systems that colonize their body and influence their actions and behavior.

6 CONCLUSIONS

In the "A.I.fication" era, design changes from a simple shape maker to the manager of all the ethical and ideological implications derived from a new "Next Nature" full of thinking entities, capable of empowering yet at the same time replacing humans in understanding and in interacting with the world. In particular, inspired by the natural methods of managing complexity and given its transversal culture, design assumes the role of potential social control of technologies, trying to identify the thin line that separates the sustainable potential of a particular technology from the nightmare of its domination. This is what we tried to achieve with Sinapsi, a wearable device for blind athletes, inspired by the mechanism of echolocation that bats use to move in the dark. We aimed to prevent the "cyborgization" of sensory disabled people, who are increasingly passively dependent on autonomous systems, and to give them the opportunity to empower themselves, developing the special ability to orient themselves without sight using their own minds and willpower.

BIOGRAPHIES

Sabrina Lucibello
Sapienza University of Rome

Sabrina Lucibello is an Architect, PhD in Design and Technology of Architecture, and Associate Professor of Industrial Design at Sapienza University of Rome. Currently President of the Bachelor Degree Course in Industrial Design of Sapienza University of Rome and founder of the MaterialdesignLab, multidisciplinary "place for making" and coworking, organized into a permanent creative laboratory of design. She conducts research activities on the topic of product innovation through materials for design.

Carmen Rotondi
Sapienza University of Rome

Carmen Rotondi is a Product Designer, with a master degree from Master of Science in Product design at Sapienza University of Rome. She conducts research activities aimed at the investigation of the innovative potentialities given by the intersection between Design and Science, between project and nature, exploring what hybridization ways could be feasible for integrating the different competencies and obtaining results suited to the actual context.

ENDNOTES

1. The word literally means "systematic treatment of an art," indicating a body of knowledge that can be applied as a pragmatic means in all human activities.
2. The Ancient Greek term for "doing."
3. Neurologists have counted between nine and twenty-one unique human senses. Apart from sight, hearing, touch, taste, and smell, we can consider proprioceptive sensitivity, vestibular equilibrium, and the sense of self cognition for example.
4. The scientific community defines disability as a "social phenomenon" because it is not limited to the physiological lack of a human ability, but it is related above all to the consequences which this lack leads to in contemporary society and which influences the daily life of disabled people (Zanobini and Usai 2008).
5. Bone conduction is a new technology increasingly used for earpieces that directly stimulates the tiny bones in the ear with small vibrations, allowing the user to hear audio from the device without headphones inside the ears and without interfering with the surrounding noise and disturbing other people.
6. The representations created by the brain are continually updated while moving and are fundamental because the brain plans the motor activities we can do for achieving a specific task based on these representations (Schinazi, Trash, and Chebat 2016).
7. "The most fascinating part of the story is that as soon as *Ascidia* ceases to move, it begins to ingest its brain: without movement there isn't any need for a brain." Rodolfo Llinás (2001) stated this to explain that without movement there is no need for a brain, because we are motor animals and action always precedes the sensation and therefore the process of representation.
8. A set of interviews to blind athletes revealed the need to provide users the free choice of what type of headphone they would like to use.
9. Lab color space mathematically describes all perceivable colors in the three dimensions: L for lightness and A and B for the contrasting colors of green-red and blue-yellow. We can consider these three parameters as the three axes of a 3D Cartesian diagram and each color corresponds to a single point of this three-dimensional space (cube).
10. Thanks to ultrasound, bats are able to understand the material and the surface texture of the target with the same minute detail we can see using a microscope.

REFERENCES

- Amigoni, Francesco, Viola Schiaffonati, and Marco Somalvico. 2008. "Intelligenza artificiale." *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*. Roma: Treccani. http://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/ (accessed November, 2018).
- Bauman, Zygmunt. 2012. *Modernità liquida*. Translated by Sergio Minucci. Roma-Bari: Laterza.
- Cuturi, L.F., E. Aggus-Vella, C. Campus, A. Parmiggiani and M. Gori. 2016. "From science to technology: orientation and mobility in blind children and adults." *Neuroscience and biobehavioral reviews* 71: 240-251, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014976341630210X>
- Gori, Monica, Giulia Cappagli, Gabriel Baud-Bovy and Sara Finocchietti. 2017. "Shape perception and navigation in blind adults." *Frontiers in psychology* 8:882, doi: 10.3389/fpsyg.2017.00010
- Kapsali, Veronika. 2016. *Biomimetic for designers*. London: Thames&Hudson.
- Kelly, Kevin. 1994. *Out of Control: The New Biology of Machine, Social System and the Economic Worlds*. Melbourne: Addison-Wesley.
- Kelly, Kevin. 2011. *Quello che vuole la tecnologia*. Translated by Giuliana Olivero. Torino: Codice Edizioni.
- Langella, Carla. 2007. *Hybrid Design. Progettare tra tecnologia e natura*. Milano: Franco Angeli.
- Llinás, Rodolfo. 2001. *I of the Vortex: From Neurons to Self*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- Maldonado, Tomàs. 1976. *Disegno Industriale: un riesame*. Milano: Feltrinelli.

- Massaro, Domenico and Anselmo Grotti. 2000. *Il filo di Sofia. Strategie conoscitive e comunicazione filosofica nell'epoca di Internet*. Torino: Bollati Boringhieri Editore.
- Schinazi, V., T. Trash and D. Chebat. 2016. "Spatial navigation by congenitally blind individuals." *WIREs Cognitive science* 7:37-58, doi: 10.1002/wcs.1375
- Schrödinger, Erwin. 1995. *Che cos'è la vita*. Translated by Mario Ageno. Milano: Adelphi.
- Thaler, L., S. R. Arnott and M. A. Goodale. 2011. "Neural correlates of natural human echolocation in early and late blind echolocation experts." *PLoS ONE* 6: e20162, doi:10.1371/journal.pone.0020162.
- Thaler, L. and J. Castillo-Serrano. 2016. "People's ability to detect objects using click-based echolocation: a direct comparison between mouth-clicks and clicks made by a loud speaker." *PLoS ONE* 11: e0154868, doi:10.1371/journal.pone.0154868
- Van Est, Rinie, Rerimassie Virgil, Keulen Van Ira, and Gaston Dorren. 2014. *Intimate technology: the battle for our body and behaviour*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Van Mensvoort, Koert. 2012. *Next Nature*. Milano: Actar.
- Velasquez, R. 2010. "Wearable assistive devices for the blind." *Lecture Notes in Electrical Engineering* 75:331-349, https://www.researchgate.net/publication/226785713_Wearable_Assistive_Devices_for_the_Blind
- Zanobini, Mirella, and Maria Carmen Usai. 2008. *Psicologia della disabilità e della riabilitazione: I soggetti, le relazioni, i contesti in prospettiva evolutiva*. Milano: Franco Angeli.

S. Lucibello i C. Rotondi

La codificació biològica del disseny i premisses per a una nova generació de productes 'vius': l'exemple de Sinapsi

Traducció al Català

PARAULES CLAU

I.A.ficació, Éssers Vius, Complexitat, Coevolució, Bioinspiració, Intel·ligència Íntima, Tecnologies d'Assistència, Ecolocalització dels Ratpenats.

RESUM

Aquest article descriu breument el llarg i intricat camí que va dur al disseny de Sinapsi, un dispositiu intel·ligent inspirat en la natura, l'objectiu del qual és ajudar les persones invidents a moure's i orientar-se quan practiquen atletisme. La descripció anirà acompanyada d'una anàlisi de les diferents solucions que ja existeixen per ajudar les persones cegues i per multitud d'idees -teòriques i metodològiques- que volen explicar críticament la funció renovada del disseny, i també destacar la importància de la referència biològica en un món complex semblat d'intel·ligència artificial.

Concretament, mostrarem que inspirar-se en sistemes biològics pot ser un dels mètodes més innovadors i assequibles no només per incloure característiques biològiques en màquines i artefactes (no és una cosa nova, ni tan sols en IA), sinó també per utilitzar-lo en el procés de disseny de sistemes intel·ligents com a eina per millorar la qualitat de vida i difondre les nostres millors qualitats humanes. De fet, la creixent complexitat derivada del grau d'autonomia dels sistemes d'IA, que cada vegada és més elevat, ha plantejat problemes relatius a la relació entre l'usuari i l'ens intel·ligent, així com importants qüestions ètiques que posen en dubte el disseny i que

poden trobar solució en la inspiració en la lògica i els principis pels quals es regeix la intel·ligència íntima de la natura.

Per acabar, l'explicació es fa especialment interessant i profunda quan parlem de dispositius d'assistència per a persones amb discapacitat sensorial. En aquests casos s'intensifica la relació de codependència entre l'usuari i la tecnologia, i la frontera entre ajuda i substitució, entre millora i indefensió, corre perill de difuminar-se.

<div> <p>1</p> <p>UN PANORAMA COMPLICAT: LA NOSTRA “PRÒXIMA NATURALESA” TECNOLÒGICA</p> </div>	<div> <p>2</p> <p>EL PAPER DEL DISSENY</p> </div>
---	--

La intel·ligència artificial és la branca de la informàtica, una ramificació de la cibèrnetica, l'objectiu de la qual, com a ciència, és estudiar determinats comportaments (com ara la interacció amb l'entorn exterior, l'aprenentatge, el raonament i la planificació), i, com a enginyeria, reproduir-los en el món creat per l'home, per donar la capacitat de pensar a materials, productes i sistemes tecnològicament avançats (Amigoni, Schiaffonati i Somalvico 2008). No és casual que la tendència definida com “I.A.ficació” sorgeixi a la nostra era de la Indústria 4.0. Les ciutats intel·ligents, l'automatització dels processos, els objectes intel·ligents, els sistemes dinàmics, els robots i tot el que podem definir com a “dirigit per la tecnologia” ens duu a un món poblat per artefactes tecnològicament complexos (tangibles i intangibles) que poden reproduir actituds reals, enlloc d'imitar-les.

És fàcil apreciar que, com a humans, ens hem envoltat des de l'antiguitat de les principals disciplines responsables del procés de “biologització” del “regne de les coses inventades” (allò que es construeix artificialment); però aquesta situació està evolucionant ràpidament cap a una complexitat que deixa entreveure característiques cada cop més similars a les que trobem al “regne de les coses nascudes” (allò que es genera naturalment), que s'integren cada cop més a aquest segons la mateixa “lleï de funcionament” (Kelly 1994). Dit d'una altra manera, de la mateixa manera que passa en un procés invers, sofisticades innovacions tecnològiques ens fan tornar a la natura: els mecanismes de la vida deixen de ser senzillament models teòrics i es converteixen en processos de producció reals que, en aplicar-se cada cop amb més freqüència de manera transversal a gairebé tots els sectors de la vida humana, duen a la concreció d'entitats antròpiques que per primera vegada podem definir com a “vives”.

De fet, els denominats “agents intel·ligents” d'IA es poden comparar amb organismes vius presents en la natura que, per definició, en l'àmbit del genotip, poden contenir i manipular informació i, en l'àmbit del fenotip, assumir comportaments realment complexos i processos d'informació apropiats per sobreviure en un determinat entorn, relacionant les seves eines genètiques amb les condicions i les pertorbacions de l'exterior (Schrödinger 1995).

Si bé, però, la tecnologia actual pot produir entitats dinàmiques, adaptables, sensibles i multifuncionals que poden modificar les seves propietats físiques, com ara la informació i els sentits, que responen a les exigències de l'entorn (Kapsali 2016) i que s'adapten a les necessitats de la societat “líquida” contemporània (Bauman 2012), també ha permès que els nostres sistemes d'eines, màquines i idees siguin tan densos i estiguin tan interrelacionats que poden assolir un cert grau d'independència amb el qual són capaços de començar a exercir certa autonomia (Kelly 2011). Els sistemes intel·ligents com Internet, els sistemes financers o els algoritmes genètics són una mostra que el nostre entorn tecnològic –que tradicionalment es va crear per protegir-nos de les forces de la natura– s'està fent tan complex i incontrolable que està donant lloc a una “Pròxima Naturalesa” que és més cruel, impredictible i amenaçadora que mai i en què la línia divisòria entre les tecnologies que faciliten la nostra humanitat i les que ens priven del nostre potencial humà s'està desdibuixant (van Mensvoort 2012).

En aquest nou escenari, sorgeixen diversos problemes socials i ètics, especialment en la relació entre humans i tecnologia, un fet que és especialment interessant i profund quan parlem de tecnologies d'assistència per a persones amb discapacitats sensorials, l'objectiu de les quals és aconseguir que la vida d'aquestes persones sigui més fàcil i tingui més qualitat. De fet, en aquests casos s'intensifica la relació de codependència entre l'usuari i la tecnologia, i en fer-ho la frontera entre ajuda i substitució, entre millora i indefensió, corre perill de difuminar-se. La reflexió al voltant d'aquestes qüestions va dur a l'estudi i els experiments que van donar lloc a Sinapsi, un dispositiu intel·ligent inspirat en la natura l'objectiu del qual

és ajudar les persones invidents a moure's i orientar-se quan practiquen atletisme. Concretament, es plantegen interrogants sobre la utilitat que poden tenir aquestes tecnologies intel·ligents per a les persones cegues, quina mena de relacions constructives hi pot haver entre aquestes i l'usuari i de quina manera la cultura del disseny pot trobar en aquest camp, i també en general, solucions adequades i sostenibles en un món en què la dimensió artificial s'està convertint en la nova naturalesa, complexa i descontrolada.

<div> <p>1</p> <p>UN PANORAMA COMPLICAT: LA NOSTRA “PRÒXIMA NATURALESA” TECNOLÒGICA</p> </div>	<div> <p>2</p> <p>EL PAPER DEL DISSENY</p> </div>
---	--

La idea que la relació entre humans i tecnologia (del grec antic *tékhnē-logía* [1], que en sentit ampli significa alguna cosa útil creada per la nostra ment i voluntat) és una cosa tan natural com la nostra vida no és nova en absolut, com tampoc ho és la creença que la tecnologia determinarà el nostre futur evolutiu i ens permetrà ser més humans que mai. De fet, tal com demostra el sufix grec *-logia* (conversa, raonament), la tecnologia, a diferència de la simple *tékhnē*- [2], implica una relació entre *fer* i el context general soci-ocultural, i aquesta implica una visió única del món que ens influeix i no només canvia la nostra manera de viure i d'actuar, sinó també la nostra forma de ser i de pensar (Massaro and Grotti 2000). Si bé, però, és cert que des dels seus orígens més antics els humans s’han envoltat d'artefactes “estructurals” per estendre el seu cos i d'artefactes “superestructurals” per estendre la seva ment, amb els quals ha aconseguit sobreviure a una relació simbiòtica coevolucionària amb la tecnologia, també és cert que el procés d'hominització corre el perill d'acabar perquè la pèrdua de control sobre la tecnologia obre la possibilitat de transformar aquesta relació en una relació paràsita que, a diferència de la simbiòtica, no té reciprocitat. Tal com va dir Koert Van Mensvoort (2012), des de l'albada de la nostra existència, els éssers humans han coevolucionat amb la tecnologia que produeixen, de la mateixa manera que les abelles i les flors han evolucionat fins a ser independents, però qualsevol relació de coevolució corre el perill de convertir-se en una relació paràsita, en què el més fort explota el més dèbil. Aquest és el risc que correm actualment en l'era de la “I.A.ficació”, en què la tecnologia cada cop és més íntima i en què múltiples entitats pensants ronden al voltant nostre, colonitzant el nostre cos, manipulant el nostre comportament, instal·lant-se ràpidament entre nosaltres i tot el que tenim al voltant, recopilant tones d'informació sobre nosaltres i fins i tot simulant el comportament humà (van Est et al. 2014).

Així doncs, en la cursa de la humanitat per adaptar-se i sobreviure, per vèncer la debilitat i assolir la perfecció i l'eficiència en totes les activitats humanes, l'home hauria de valorar la que potser és la seva possessió més valuosa: l'atenció. L'home ha de viure conscientment en aquest món, supervisant l'activitat de les múltiples entitats pensants que l'envolten i utilitzant-les com a mitjà per millorar el futur de la humanitat i no com un recanvi, mantenint vives les seves habilitats socials i emocionals, estant alerta al seu dret a triar lliurement, controlant de quina manera li arriba la informació i evolucionant. De fet, l'aplicació dels sofisticats avenços tecnològics actuals ha de provocar sempre una tensió entre el control que la tecnologia exerceix en l'individu o en la societat i el seu potencial, més enllà fins i tot dels usos previstos pels seus creadors: no és la tecnologia mateixa, la que determina els seus usos, sinó la posició ideològica i cultural, la que els genera (Langella 2007).

Des d'aquesta perspectiva, el disseny –en qualitat de disciplina que sorgeix en el context d'un projecte d'artefacte, en què les qüestions socials i els estils de vida es tradueixen en entitats antròpiques, i en qualitat d'àmbit multidisciplinari, capaç d'implicar diverses àrees en el procés de disseny i de relacionar diversos aspectes de la contemporaneïtat (Maldonado 1976)– pot assumir la funció fonamental de control potencial social, ètic i ideològic de les tecnologies actuals. Per tant, la tasca de supervisar i liderar la nostra evolució i dissenyar l'experiència de noves realitats figurades sostenibles, potser fins i tot invertint-hi les mateixes tecnologies, s’hauria d'assignar al disseny, ja que disposa de les eines necessàries per prefigurar noves visions i escenaris alternatius.

Concretament, quan parlem de tecnologies d'assistència per a persones amb discapacitats sensorials, el disseny sempre ha de contemplar una enorme complexitat perquè aquelles impliquen un aspecte bàsic de la nostra supervivència: els sentits. Aquests ens permeten satisfer les nostres necessitats com a organismes biològics, entrar en plena simbiosi amb un entorn ric en informació i en tres dimensions, i interactuar-hi. En

aquests casos, la tecnologia té lloc entre l'usuari i el seu entorn, just en el punt en què la simbiosi es debilita i fa que sigui molt fàcil superar el lliandar entre ajuda i substitució, especialment en un món en què la Intel·ligència Artificial és capaç de mostrar comportaments intel·ligents d'estil humà. Així doncs, queda en mans del disseny posar en pràctica estratègies i creativitat tàctica per aplicar les possibilitats de la tecnologia contemporània de manera sostenible per millorar la situació de l'usuari i oferir-li la possibilitat de sobreposar-se a la manca (o a una deficiència) d'algun sentit convencional, com ara la vista, el tacte, l'oïda, o de la resta de sentits relacionats amb aquest, com el sentit social, el sentit de llibertat i el sentit de coneixement d'un mateix [3].

<div> <p>3</p> <p>DE LA CIÈNCIA A LA TECNOLOGIA: LES PREMISSES DE LA INNOVACIÓ</p> </div>
--

El sentit que més ens relaciona amb el nostre entorn exterior és la vista. De totes les sensacions que perceben els nostres sentits, les que rebem a través de la vista són les que tenen més influència en la percepció. La vista, combinada amb altres sentits, principalment amb l'oïda, ens permet tenir una percepció global del món i interactcionar-hi. Així doncs, per a les persones cegues, la manca (o una deficiència) de vista és una gran barrera en la vida diària: l'accés a la informació, la mobilitat, trobar el camí que cal seguir i interactuar amb l'entorn i amb altres persones, entre altres, es converteixen en autèntics reptes.

Per això, i per les possibilitats que ofereixen els avenços tecnològics actuals com la miniaturització de components electrònics o el desenvolupament de sofisticats algoritmes, en els últims vint-i-cinc anys ha augmentat espectacularment l'interès per les solucions tecnològiques avançades per a les persones amb deficiències visuals, que les han transformat en una mena de cïborgs humans. De fet, la investigació internacional i la indústria estan creant molts dispositius d'assistència portàtils i portables (*wearable*) que colonitzen el cos de les persones cegues i que gràcies a la nova capacitat dels sistemes autònoms avançats de simular els processos mentals humans, sovint substitueixen l'usuari en l'execució de tasques diàries que, sense el sentit de la vista, són més difícils de dur a terme. Es fan tots els esforços possibles per fer front a aquest “fenomen social” [4] i per millorar la qualitat de vida de les persones invidents en la societat contemporània. Aquests esforços, d'una banda, se centren en àmbits tradicionals d'investigació, com la transmissió de la informació i l'ajuda en la mobilitat, i de l'altra, en noves àrees com l'accessibilitat informàtica, que s'ha afegit fa poc a la llista a causa de la creixent importància dels ordinadors i la seva presència en tots els aspectes de la vida diària. En aquest sentit, a banda de l'eficaç eina de lectura en Braille, s’han creat diversos dispositius de transmissió d'informació per a la lectura, el reconeixement de caràcters i la transformació d'informació gràfica d'escenes en 2D i 3D; el clàssic bastó blanc ara està equipat amb dispositius electrònics d'ajuda al desplaçament (Electronic Travel Aid, ETA) o està sent substituït per dispositius portables o portàtils per a la mobilitat que transmeten informació sobre l'entorn més immediat, sobre orientació i per evitar obstacles; i solucions tecnològiques com ara sintetitzadors de veu, magnificadors de pantalla i terminals de generació de Braille són cada cop més habituals i permeten que les persones invidents utilitzin ordinadors i puguin accedir a tots els serveis que aquests ofereixen, com ara Internet. En general, tots intenten comunicar i intercanviar informació amb l'entorn, amb altres persones o amb altres dispositius i transformar aquests dispositius en sistemes interactius que també impliquin la participació d'altres sentits, com ara l'oïda o el tacte.

Concretament, si parlem de dispositius d'ajuda a la mobilitat que volen millorar l'orientació i el coneixement espacial o evitar obstacles, els podem dividir en dues grans categories amb una lleugera diferència: dispositius portàtils que no es desgasten, però que requereixen una constant interacció manual, i dispositius portables que (gràcies especialment a la seva reduïda mida) es poden dur a moltes parts del cos i permeten que els usuaris hi interactuin de moltes maneres sense haver de fer servir les mans.

Els dispositius portàtils més habituals (Fig. 1) són els bastons electrònics, que combinen el clàssic bastó blanc i ETA, però aquesta categoria també inclou pantalles tàctils, telèfons mòbils, dispositius ETA independents i ordinadors portàtils, entre altres. Els ETA (Fig. 2) són dispositius portàtils que comparteixen un mateix principi de funcionament: tots escanegen l'entorn (gràcies a diferents tecnologies com ara sensors ultrasònics o

càmeres) i presenten la informació recopilada de manera que pugui ser reconeguda per altres sentits, majoritàriament el tacte i l'oïda. És el cas d'EyeCane (Fig. 3), un bastó per caminar que emet infrarojos per traduir les distàncies en senyals sonors i tàctils que permeten que els usuaris percebin els objectes que hi ha en un radi ajustable de cinc metres. Quan els ETA es combinen amb un clàssic bastó blanc s'obté un bastó tecnològic (Fig. 4) que, comparat amb el tradicional, inclou un conjunt de sensors i pantalles multisensorials. L'objecte d'aquests últims era aportar més informació sobre els voltants, com ara informació sobre aspectes de l'entorn més llunyà o presència d'obstacles, senyals o perills a l'alçada de les espatlles o el cap, com en el cas d'Ultra Cane (Fig. 5). Gràcies al sensor ultrasònic, aquest bastó pot detectar objectes que la persona té al davant i indicar-ne la direcció i la distància amb un senyal tàctil (vibració). Les últimes app per a mòbil de Microsoft (Seeing AI) i de Cognitive Assistance Laboratory (NavCog) també pertanyen a la categoria de dispositius portàtils, ja que el telèfon és un objecte que duem a sobre, necessita interacció amb la mà que el mou i observa l'entorn des de diversos angles. En aquest cas parlem de sistemes d'IA que poden dur a terme sofisticats comportaments intel·ligents, captar una instantània global de l'entorn exterior i fins i tot, descriure'l detalladament. Per exemple, l'app de l'iPhone per al desplaçament per interiors NavCog (Fig. 6) aconsegueix una localització precisa gràcies a un nou algoritme que combina els indicadors de BLE (Bluetooth Low Energy) amb sensors del telèfon intel·ligent i així aconsegueix que les persones invidents es desplacin per l'interior d'edificis i per llocs grans i complexos com ara universitats, aeroports i hospitals.

D'altra banda, els dispositius portables són els més complexos, inclouen sistemes intel·ligents que interactuen amb diferents parts del cos (Fig. 7) i utilitzen diferents senyals sensorials depenen de cada cas. En ordre descendent, trobem en primer lloc els dispositius que s'apliquen al cap (Head-Mounted Devices, HMD) (Fig. 8), com ara auriculars, diademes, cascs i ulleres, que són els dispositius d'assistència portables més habituals. L'oïda és el sentit més apropiat per suplir la pèrdua de la vista i les orelles, on resideix el sentit de l'oïda, estan situades al cap. Doncs bé, els usuaris poden utilitzar el moviment del cap per explorar l'entorn exterior i recopilar informació sobre aquest (Fig. 9). Tot i que molts dispositius, com Orcam MyEye (Fig. 10), es van crear per accedir a la informació, també n'hi ha alguns especialitzats en desplaçament i moviment que no només es van crear per facilitar la mobilitat, sinó també per evitar obstacles a l'alçada del cap. La diadema Horus (Fig. 11) pot ser molt útil. Gràcies a l'aprenentatge automàtic i al reconeixement en 3D pot avisar a temps l'usuari de la presència d'obstacles i pot donar-li indicacions de desplaçament. Gràcies a un sintetitzador de veu, a través d'auriculars de conducció òssia [5], el dispositiu narra les imatges que veu. Tot i que es van crear per evitar obstacles, les Sonar Glasses (Fig. 12), per mitjà de senyals vibrotàctils, poden avisar l'usuari de potencials perills que estan més enllà de l'abast d'un bastó blanc, com ara vehicles aparcats, branques d'arbres mig caigudes, senyals de trànsit i indicadors, bastides d'obres i altres obstacles.

Les orelles no són l'únic òrgan afectat fins ara. Bassant-se en alguns estudis fets el 1998 a la Universitat de Wisconsin (EUA), que demostraven que el cervell pot arribar a processar informació visual estimulant primer els nervis de la llengua, es va presentar la unitat de visualització lingual (Tongue Display Unit, TDU), que pot traduir imatges òptiques captades per una càmera en estímuls electrotàctils a la llengua. Des d'aquell estudi s'han creat diferents prototipus de TDU. El més recent, que és l'únic dispositiu TDU que s'ha fabricat, és el BrainPort V100, del 2015 (Fig. 13).

Seguint la nostra classificació, tot seguit trobem dispositius d'assistència portables al canell i al braç (Fig. 14), així com tecnologies aplicables a armilles, cinturons i peus. El seu objectiu és el mateix: millorar la mobilitat de persones invidents i ajudar-les a evitar obstacles. Són capaços de recopilar informació de l'exterior i comunicar-la a l'usuari de manera comprensible. Generalment ho fan hàpticament i, per tant, l'usuari no necessita utilitzar auriculars, que el poden aïllar de l'entorn exterior. Per exemple, l'any 2017 la start-up WearWorks (Brooklyn), en col·laboració amb l'atleta invident Simon Wheatcroft, va crear un dispositiu de desplaçament que es pot dur al canell i que permet que els atletes invidents corrin una cursa sense ajuda. El producte es diu Wayband (Fig. 15). Compila informació de mapes GPS i comunica el recorregut hàpticament en una mena de codi Morse. Per acabar, menys recentment, però igualment interessant, trobem el prototipus de dispositiu vibrotàctil integrat a la sabata (Fig. 16) que va crear la Universitat Panamericana de Mèxic. Aquesta solució demostra que la codificació per vibració als peus és fàcil de comprendre, especialment si dona instruccions de direccions senzilles (per exemple, “girar a l'esquerra”

TEMES DE DISSENY #35

ESTUDI DE CAS

130

S. LUCIBELLO / C. ROTONDI

131

Tal com ja hem dit, Sinapsi és un dispositiu d’assistència portable inspirat en la naturalesa que vol ajudar els atletes invidents a moure’s i orientar-se quan practiquen atletisme, i que els dona autonomia per córrer sense guia. Sinapsi és alhora un “dispositiu d’aprenentatge” que els brinda l’oportunitat d’aprendre els mecanismes especials d’ecolocalització, ja que els permet explorar i “veure” el món en una mena d’espai sonor tridimensional.

L'àmbit de l'esport és útil per a aquest tipus de processos perquè és important que s’hi combinin constantment els senyals de resposta del dispositiu amb el moviment corporal [7] i perquè inclou els entrenaments, la competició, els objectius, la disciplina, la sociabilitat i el respecte.

Concretament, Sinapsi és un petit i pràctic dispositiu (Fig. 17) que es pot dur a la mà i que es pot connectar a uns auriculars via Bluetooth [8]. Quan comença una cursa (Fig. 18), gràcies a un acceleròmetre, Sinapsi fa automàticament una foto de la pista sempre que el dispositiu tingui una inclinació de 60 graus. Alhora envia un senyal per Bluetooth als auriculars que emetran un primer to, que sempre serà el mateix. En paral·lel, uns sofisticats algoritmes (bàsicament, algoritmes de reconeixement d’imatge) analitzen un grup d’imatges (Fig. 19) mentre es crea un segon to, que simula l’eco de retorn. El dispositiu regula el temps transcorregut després del primer to segons la distància que hi ha entre la trajectòria del peu de l’atleta (diagonal de la imatge) i la línia blanca de la pista. En canvi, regula la freqüència segons el color que troba al centre la imatge (nomenclatura Lab [9]). El resultat és l’enviament per Bluetooth d’un segon senyal que crea un segon to. Aquest, que és diferent del primer, actua com a eco i aporta informació.

El disseny del so, evidentment, s’inspira en els mecanismes d’eco-localització dels ratpenats, i especialment en la manera que tenen de dur a terme tasques de percepció i localització. Els tipus de senyals audibles que utilitzen es modulen segons les condicions ecològiques i la seva dinàmica sensorial-motriu (Fig. 20) perquè el senyal de resposta sigui tan natural i intuïtiu com sigui possible. Concretament, Sinapsi simula tasques de localització quan utilitza el temps de resposta del segon to per comunicar la distància. De fet, igual que en la naturalesa, com més gran sigui la distància, més temps necessita l’eco per tornar. Per la seva banda, la tasca de caracterització se simula quan el producte canvia la freqüència del segon to per indicar el color de la pista (que és útil, per exemple, per a senyals posteriors). Gràcies a la seva habilitat a l’hora de dur a terme aquesta tasca, els ratpenats són capaços de detectar amb gran precisió el material i la textura de la superfície d’un possible objectiu [10].

Per acabar, tal com ens ensenya la naturalesa, podem dir que alguna cosa està “viva” si és flexible i s’adapta a diferents situacions existents i en curs. Per això vam decidir complementar Sinapsi amb una app per fer-la més interactiva i multifuncional. Es pot adaptar a les preferències i necessitats de diferents usuaris o a diferents tipus de discapacitats, i es podrà aplicar i millorar en el futur, evolucionant com un ésser viu. Hem decidit que el producte sigui un concepte obert que deixa espai a futures idees i variacions que avui poden donar a les persones invidents la percepció de la pista, de les seves dimensions i corbes, i que potser demà els donaran la possibilitat de percebre tot l’entorn amb un alt nivell de detall. Així, aquestes persones podran desenvolupar capacitats especials amb la seva ment i la seva força de voluntat, coevolucionant amb la tecnologia i fent front a tots els problemes ètics que poden plantejar la simbiosi i la relació codependent potencialment amenaçadores entre l’usuari i els sistemes intel·ligents que colonitzen el seu cos i influeixen en les seves accions i el seu comportament.

En l’era de la “I.A.ficació”, el disseny deixa de ser un simple generador de forma i es converteix en el director de totes les implicacions ètiques i ideològiques que es deriven d’una nova “Pròxima Naturalesa” plena d’entitats pensants, capaç de donar autonomia als humans i alhora substituir-los perquè pot comprendre el món i interactuar-hi. Concretament, inspirant-se en els mètodes naturals de gestió de la complexitat i tenint en compte la seva cultura transversal, el disseny assumeix les funcions de potencial control social de la tecnologia i intenta identificar la tènue línia divisòria entre la

manera cada cop més complexa i holística en relació al sistema del qual forma part i amb el propòsit d’obtenir una resposta conductual coherent al context en què es produeix. És l’anomenat “principi hologramàtic” i és la base de tots els sistemes complexos i de tots els llenguatges, principis, estratègies, lògiques i mecanismes que fan que la natura generi i mantingui vives les seves criatures. Per tant, des d’un punt de vista metodològic, pot ser útil comprendre’ls i reproduir-los amb nous materials, productes, serveis i sistemes tecnològicament avançats no només per aconseguir que s’assemblin a éssers vius, sinó especialment perquè adoptin comportaments innovadors autèntics, capaços de respondre adequadament de manera sostenible i holística a tots els problemes amb què entren en simbiosi (per exemple, l’àmbit de l’usuari o de la cultura o de l’entorn).

A Sinapsi s’ha aplicat des del principi la metàfora hologramàtica: el producte és considerat un nou ésser viu que encaixarà en un “ecosistema simbiòtic” format pel cos, els òrgans sensorials i el sistema nerviós de l’usuari invident. Per tal que assoleixi el seu objectiu, tots els aspectes del dispositiu s’han dissenyat i creat de manera coherent i integrada als àmbits amb què entra en contacte, com ara l’usuari, la seva percepció, el seu autocontrol i els problemes ètics sobre l’autonomia de la tecnologia, així com els problemes vinculats a la usabilitat o la intel·ligibilitat dels senyals sensorials. En primer lloc, el disseny comença tenint en compte que els humans, en qualitat d’animals, han d’establir una íntima relació amb el seu entorn a través de la cognició espacial, una habilitat especial que ens permet explorar el món a través dels sentits, construir-ne una representació amb el nostre cervell (que processa la informació recopilada) i, en conseqüència, moure’ns en l’espai i dur a terme tasques específiques [6]. Així doncs, en el moment en què perdem la vista (o aquesta queda danyada), el sentit dominant que ens dona el 90% de la informació perceptiva de l’espai exterior i extrapersonal, el principal problema no és evitar obstacles o saber moure’s per un lloc, sinó més aviat la manca de senyals sensorials adequats que permetin que el cervell representi correctament l’entorn (Gori 2017). Per això Sinapsi vol donar autonomia a les persones invidents perquè explorin amb altres sentits el món que les envolta (que és el que fem amb la vista des que naixem) perquè el seu cervell tingui l’oportunitat de crear una representació del món basant-se en l’altre sentit triat. Aquest sentit es convertirà en el sentit dominant que garantirà en qualsevol moment informació de tot el que fan.

És que hi ha una manera millor de trobar una solució adequada que imitar una estratègia creada per la naturalesa? Els animals, de fet, tenen la mateixa necessitat de saber quan i on s’han de quedar quietos o s’han de moure en el seu entorn. Per això ja han desenvolupat certes habilitats que els permeten obtenir la cognició espacial fins i tot a les fosques, quan les condicions així ho requereixen (vida nocturna, viure al llit marí, etc). Entre els innombrables sistemes estudiats, l’ecolocalització dels ratpenats es va considerar el mecanisme més adequat en què inspirar-se per al nou dispositiu. Els ratpenats, efectivament, emeten ultrasons (senyals sonors) i a continuació escolten l’eco que produeixen (a causa del reflex de les ones sonores en els objectes dels voltants) i analitzen els canvis que s’han produït. D’aquesta manera poden entendre quina forma té l’espai que els envolta i poden identificar la posició de factors negatius (com ara obstacles) que han d’evitar i de factors positius (com ara preses) en què s’han de centrar. D’altra banda, els ratpenats apliquen l’ecolocalització de formes increïblement diverses. N’hi ha unes mil espècies diferents que poden utilitzar l’ecolocalització de formes diverses depenent de la seva situació ecològica. És una mostra que aquest mecanisme és flexible i adaptable a totes les situacions que puguin sorgir. A més a més, hi ha estudis que mostren que el cervell humà reconeix l’ecolocalització (Thaler i Castillo-Serrano 2016), tot i que especialistes en ecolocalització mostren imatges d’activitat cerebral en què es veu que el sentit de l’oïda no sembla ser una simulació, sinó una reconversió de parts del cervell que se solen utilitzar per a la vista (Thaler et al. 2011). Tanmateix, els nostres cossos i els nostres cervells han evolucionat perquè puguem veure el món amb la vista. Per tant, ni estem equipats idealment per a l’ecolocalització ni podem elaborar instintivament la informació que aquesta ens proporciona. Un dispositiu d’assistència bimomimètic com Sinapsi, doncs, és útil perquè posa a l’abast de les persones cegues les eines que els permeten desenvolupar les seves pròpies capacitats i crear noves estratègies per arribar a una cognició espacial pel seu compte i, en conseqüència, algunes capacitats de desplaçament que els donen una veritable independència i autosuficiència.

ESTUDI DE CAS

132

o “continuar recte”) i d’accions conegudes (per exemple, trucada entrant o perill) (Velasquez 2010).

La llista seria inacabable i podríem continuar descrivint sistemes d’IA que funcionen més o menys de la mateixa manera i que es van crear per millorar la qualitat de vida de les persones invidents. Tanmateix, aquests corren el perill de centrar-se més en les seves possibilitats tecnològiques que en la funció real per a l’usuari. La realitat és que, malgrat que hi ha molts dispositius, el grau d’acceptació entre els usuaris és baix (Cuturi et al. 2016). Les persones invidents encara prefereixen els bastons blancs als dispositius d’ajuda per a invidents perquè, tal com passa amb el Braille, requereixen un control actiu per part del cervell, que interpreta el moviment del cos juntament amb la informació provinent de senyals sonors o tàctils que les ajuden a aprendre a interpretar el món del seu voltant fins i tot a les fosques. De fet, aquests invents són com una extensió de la mà de l’usuari que donen autonomia al mateix usuari i al seu sentit del tacte sense perdre l’atenció o l’autocontrol. Això no significa, però, que hàgim de prescindir dels avenços tecnològics actuals; més aviat implica que hem de revisar la relació coevolucionària que s’estableix entre els humans i la tecnologia quan utilitzem aquests avenços en dispositius. I ho hem de fer de manera que ajudi tant com sigui possible els humans a evolucionar i a sobreviure, satisfent les seves necessitats, fomentant la seva autonomia en lloc de limitar-la, i ampliant els seus sentits en lloc d’atenuar-los.

La complexitat i el comportament autònom de la majoria dels dispositius que hem esmentat fins al moment deixa l’usuari en una posició especialment poc pràctica. L’usuari ha de confiar passivament en els senyals que li proporciona el dispositiu i com a conseqüència avança amb passos insegurs, intenta interpretar la informació que li proporciona el dispositiu i qüestiona contínuament l’èxit de cadascuna de les accions. Aquests sistemes superen amb escreix el límit d’ús per al qual estan previstos abans de la seva substitució i intenten explorar el món pel seu compte, construir-ne una representació que es basa en la informació recopilada i donar certes ordres a l’usuari invident, tant de forma directa (“girar a l’esquerra”, “girar a la dreta” o “compte, hi ha un obstacle”, per exemple) com en forma de descripcions detallades. En realitat, els nous dispositius sostenibles que estan en consonància amb els instints i les capacitats humans, haurien de tenir en compte primer la naturalesa humana perquè els mecanismes en què es basa la nostra orientació i la nostra mobilitat tinguin un fonament neurocientífic.

Això és el que hem provat de fer creant Sinapsi. El disseny planteja qüestions emergents de tipus ètic, social i ideològic que sorgeixen a causa del mal ús de les tecnologies actuals i converteix aquestes qüestions en eines de disseny per impulsar la innovació sostenible en l’àmbit dels dispositius d’assistència per a persones amb discapacitats sensorials.

4 REDESCOBRIR UN GRAN MENTOR

Aquí és on l’actual línia divisòria entre naturalesa i tecnologia pot demostrar el seu potencial com a eina de disseny. En realitat, el món biològic fa 3.800 milions d’anys que evoluciona i en tot aquest temps ha hagut de fer front a la mateixa complexitat que la realitat antròpica actual. Tant és així que la naturalesa ha creat mètodes i estratègies interessants per respondre a aquesta complexitat. Així doncs, la biologia pot ser un referent per al disseny, un mitjà pragmàtic i teòric per supervisar i fer avançar la nostra evolució de manera que la capacitat d’incorporar caracterfstiques biològiques en màquines i objectes sigui un instrument per millorar la qualitat de vida i difondre les millors qualitats humanes.

Des de la metàfora hologramàtica del sistema de vida fins a les estratègies de supervivència individual que han desenvolupat incomptables éssers vius, la naturalesa, a diferència de la nostra esfera artificial que cada vegada és més controlable i manejable, ens mostra el secret de la saviesa oculta. De fet, si bé és cert que, amb les tecnologies de què disposem actualment, podem crear artefactes vivents com un organisme, no és menys cert que no sempre ho fem amb resultat satisfactori. Dit d’una altra manera, els sistemes artificials són capaços de contenir i manipular informació de la mateixa manera que ho fan els organismes, però no sempre estan dotats de la mateixa intel·ligència íntima que la naturalesa. Schrödinger (1995) tanca la definició puntualitzant que un organisme real està “viu” si ha estat capaç de finalitzar amb èxit el procés d’autoorganització de la informació, és a dir, si ha estat capaç d’estructurar la informació d’una

TEMES DE DISSENY #35

potencial sostenibilitat d’una determinada tecnologia i el malson del seu domini. Això és el que hem intentat aconseguir amb Sinapsi, un dispositiu portable per a atletes invidents inspirat en el mecanisme d’ecolocalització que utilitzen els ratpenats per moure’s en la foscor. Volíem impedir que les persones amb discapacitat sensorial, que cada cop tenien més dependència passiva de sistemes autònoms, es transformessin en una mena de cïborg, i volíem donar-los l’oportunitat de desenvolupar la capacitat especial d’orientar-se sense la vista utilitzant la seva ment i la seva força de voluntat i així ser més autònomes.

BIOGRAFIES
Sabrina Lucibello <p>Sapienza University of Rome</p>

Sabrina Lucibello és arquitecta, doctora en Disseny i Tecnologia d'Arquitectura i professora associada de Disseny Industrial a la Universitat la Sapienza de Roma. És fundadora de MaterialdesignLab, un «espai de creació» multidisciplinari i de coworking que s'estructura com un laboratori de disseny creatiu. Actualment dirigeix el grau de Disseny Industrial a la Universitat la Sapienza de Roma. Investiga materials de disseny per aplicar-los a la innovació de productes.

Carmen Rotondi <p>Sapienza University of Rome</p>

Carmen Rotondi és dissenyadora de productes i té un màster en Disseny de Productes de la Universitat la Sapienza de Roma. El seu treball d'investigació se centra en el potencial innovador que ofereix la intersecció entre disseny i ciència, entre projecte i naturalesa, en què explora modalitats híbrides que podrien ser viables per integrar diferents competències i obtenir resultats adequats per al context actual.

NOTES AL PEU

- La paraula significa literalment “tractament sistemàtic d’un art”, i indica un conjunt de coneixements que es poden aplicar de manera pragmàtica a totes les activitats humanes.
- En grec antic, “fer”.
- Els neuròlegs compten entre nou i vint-i-un sentits humans únics. A banda de la vista, l’oïda, el tacte, el gust i l’olfacte, cal incloure també la sensibilitat propi-oceptiva, l’equilibri vestibular i el sentit de l’autocognició, per exemple.
- La comunitat científica defineix la discapacitat com un “fenomen social” perquè no es limita a la manca fisiològica d’una capacitat humana, sinó que té relació amb totes les conseqüències que aquesta manca comporta en la societat actual i que influeix en la vida diària de les persones discapacitades (Zanobini i Usai 2008).
- La conducció òssia és una tecnologia nova que s’utilitza cada cop més en auriculars i que fa servir petites vibracions per estimular directament els ossets de l’orella. D’aquesta manera l’usuari pot sentir sons del dispositiu sense haver de dur auriculars a les orelles i sense interferir en el soroll de l’entorn ni molestar altres persones.
- Les representacions que crea el cervell s’actualitzen constantment mentre ens movem i són bàsiques perquè el cervell planifica les activitats motrius que necessitem per fer determinades tasques segons les esmentades representacions (Schinazi, Trash, i Chebat 2016).
- “La part més fascinant de la història és que tan bon punt l’ascídi deixa de moure’s, comença a ingerir el seu propi cervell: si no hi ha moviment no cal cervell.” Rodolfo R. Llinas (2001) va fer aquesta afirmació per explicar que si no hi ha moviment no és necessari tenir cervell, perquè som animals motrius i l’acció sempre precedeix la sensació i, per tant, el procés de representació.
- Una sèrie d’entrevistes a atletes invidents van revelar que els usuaris necessiten poder triar lliurement el tipus d’auriculars que volen utilitzar.
- L’espai de color Lab descriu matemàticament en tres dimensions tots els colors que es poden percebre: L indica lluminositat i A i B, gradient de color entre verd-vermell i blau-groc. Podem representar aquests tres paràmetres com els tres eixos d’un diagrama cartesià en 3D en què cada color correspon a un punt únic en aquest espai tridimensional (cub).
- Gràcies als ultrasons, els ratpenats poden saber de quin material és la superfície de l’objectiu i quina textura té amb el mateix nivell de detall amb què nosaltres veiem les imatges en un microscopi.

FIGURES

Fig. 1. El diagrama mostra els dispositius portàtils per a persones invidents més habituals i el senyal sensorial que utilitzen.

Fig. 2. El diagrama mostra les tecnologies més utilitzades en els dispositius ETA per captar informació de l’entorn exterior i comunicar-la amb senyals sensorials. 1. Mini Guide (Jacquet et al. 2006); 2. Supersonic Stick (Kim 2010); 3. CyARM (Ito et al. 2005); 4. EyeCane (Buchs et al. 2014; (Maidenbaum et al. 2014); 5. Munivo (Giubega 2010).

133

Fig. 3. EyeCane és fruit de la investigació que el professor Amir Amedi, del departament de Neurobiologia Mèdica de la Universitat Hebrea de Jerusalem, va dur a terme al seu laboratori l'any 2014.

(Informació obtinguda a https://shacharmaidenbaum.wixsite.com)

Fig. 4. El diagrama mostra alguns exemples de bastons tecnològics creats en els últims anys, així com les tecnologies més utilitzades per captar informació de l'entorn extern i comunicar-la per mitjà de senyals sensorials.

1. The Eyesight (Song 2009); 2. Viio Travel Aid (Halim 2012); 3. LaserCane (Bolgiano i Meeks 1967); 4. Mini-Radar (Dakopoulos i Bourbakis 2010); 5. K-Sonar Cane (Bay Advanced Technologies Ltd. 2016); 6. iSONIC (Kim et al. 2009); 7. Tom Pouce (Hersh et al. 2006); 8. Téléact (Hersh et al. 2006); 9. Navigation Aid for Blind people (Bousbia-Salah et al. 2011); 10. Kinetic Cane (Takizawa et al. 2012); 11. Guide-Cane (Borenstein i Ulrich 1997); 12. Roji (Shim i Yoon 2002); 13. Ultra Cane (Gassert et al. 2013); 14. Mygo Cane (Ritzler 2007).

Fig. 5. Ultra Cane, obra d'un petit equip de la Universitat de Leeds el 2013.

Fig. 6. NavCog, app per a iPhone creada pel Cognitive Assistance Laboratory de la Universitat Carnegie Mellon en col·laboració amb IBM Research el 2017. Ajuda les persones amb discapacitat visual a moure's per l'interior d'edificis i per llocs grans i complexos com ara universitats, aeroports i hospitals.

Fig. 7. Els dispositius intel·ligents són cada cop més reduïts i es poden dur a diferents parts del cos. Concretament, les tecnologies portables per a persones invidents que s'han creat fins ara es poden aplicar a qualsevol part del cos, des del cap fins als peus.

Fig. 8. Es poden diferenciar quatre grans tipus de dispositius d'assistència muntats al cap: diademes (tires elàstiques al voltant del cap), cascos, ulleres i auriculars de diferents mides. En aquest cas, a causa de la proximitat del dispositiu a les orelles, el sentit més utilitzat per emetre senyals és el so.

1. Blind Guiding Glove (Chen 2012, patent CN202496448); 2. TouchSight (Davies et al. 2007, patent GB 2448166); 3. Tacit (Bat Glove) (Frink 2013); 4. HandSight (Stearns i Smith 2012); 5. Guide-Glove (Castillo et al. 2010, patent MX2009001705); 6. Ultrasonic substitute vision device (Backer et al. 2008, patent GB2448166); 7. Ultrasonic blind-guiding glove (Yang et al. 2008, patent CN201076033);

8. Cyclops (SaloniKidouï Savvas 2012, codi obert).

Fig. 9. El funcionament i les tecnologies que s'utilitzen en els dispositius d'assistència muntats al cap són molt similars als altres. La diferència és que utilitzen majoritàriament senyals auditius.

(Fig. 10) Orcam MyEye és un dispositiu portable avançat per a persones invidents. Gràcies a una càmera intel·ligent, pot llegir textos, reconèixer cares i identificar productes, colors i diners i informa l'usuari per mitjà d'una descripció auditiva (veu).

(Informació obtinguda a https://www.orcam.com)

Fig. 11. Horus, dispositiu portable d'ajuda a les persones invidents per dur al cap creat per la start-up suïssa Eyra el 2016. (Informació obtinguda a https://www.designboom.com)

Fig. 12. Sonar Glasses, creades pel grup G-Technology Group (EUA) el 2018.

(Informació obtinguda a http://www.g-technologygroup.com)

Fig. 13. Dispositiu d'ajuda BrainPort V100 de visió electrònica oral creat i aprovat per l'Administració d'Aliments i Fàrmacs (FDA, per les seves sigles en anglès) l'any 2015.

Fig. 14. El diagrama mostra alguns exemples de dispositius portables per al canell i el braç creats en els últims anys, i també les tecnologies més utilitzades per captar informació de l'entorn exterior i comunicar-la per mitjà de senyals sensorials.

1. Models de pantalles tàctils (Universitat de la Colúmbia Britànica 2006); 2. (2015, 3) Sunu Band (Sunu Inc. 2015); 4. VibroTac (German Aerospace Center i Sensodrive Inc. 2011); 5. Project Bee (Tao Lin et al. 2010)

Fig. 15. Wayband, creat per la start-up WearWorks (Brooklyn) el 2017.

Fig. 16. Dispositiu vibrotàctil integrat a la sabata creat per Ramiro Velasquez i el seu equip a la Universitat Panamericana (Mèxic) el 2010.

Fig. 17) Sinapsi, petit i lleuger dispositiu portable per a atletes invidents, fabricat amb una banda elàstica que permet agafar-lo fermament amb la mà i que està disponible en dues opcions: una de negra per a persones invidents congènitament i una de blanca per a persones amb visió parcial (sensibles a variacions de llum i, per tant, capaces de veure un objecte blanc).

Fig. 18. Diagrama de funcionament de Sinapsi.

(Fig. 19. Generació d'imatges amb sofisticats algoritmes (bàsicament un algoritme de reconeixement d'imatge).

Fig. 20. Diagrama que resumeix l'activitat d'ecolocalització dels ratpenats.

Fig. 21. App associada a Sinapsi: permet que els usuaris ajustin l'espectre de so, que regulin el tipus d'ecolocalització, que escoltin les instruccions, que trobin el dispositiu, etc.

REFERÈNCIES

Veure llistat complet de referències a la pàgina 129.



S. Lucibello y C. Rotondi

La codificación biológica del diseño y premisas para una nueva generación de productos vivos': el ejemplo de Sinapsi

Traducción al Castellano

PALABRAS CLAVE

I.A.ficación, Seres Vivos, Complejidad, Co-Evolución, Bio-Inspiración, Inteligencia Íntima, Tecnologías de Asistencia, Ecolocalización de los Murciélagos.

RESUMEN

El presente artículo describe brevemente el largo e intricado camino que llevó al diseño de Sinapsi, un dispositivo inteligente inspirado en la naturaleza cuyo objetivo es ayudar a las personas invidentes a moverse y orientarse cuando practican atletismo. La descripción irá acompañada de un análisis de las distintas soluciones que ya existen para ayudar a las personas ciegas y por multitud de ideas –teóricas y metodológicas– que quieren explicar críticamente la función renovada del diseño, así como destacar la importancia de la referencia biológica en un mundo complejo sembrado de inteligencia artificial.

En particular, mostraremos que inspirarse en sistemas biológicos puede ser uno de los métodos más innovadores y asequibles no solo para incluir características biológicas en máquinas y artefactos (no es nada nuevo, incluso en IA) sino también para utilizarlo en el proceso de diseño de sistemas inteligentes como herramienta para mejorar la calidad de vida y difundir nuestras mejores cualidades humanas. De hecho, la creciente complejidad derivada del cada vez mayor grado de autonomía de los sistemas de IA ha planteado problemas relativos a la relación entre el usuario y el ente inteligente, así como importantes cuestiones éticas que ponen en tela de juicio el diseño y que pueden hallar solución en la inspiración en la lógica y los principios por los que se rige la inteligencia íntima de la naturaleza.

Por último, la explicación se hace especialmente interesante y profunda cuando hablamos de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad sensorial. En estos casos se intensifica la relación de codependencia entre el usuario y la tecnología, y corre el peligro de difuminarse la frontera entre ayuda y sustitución, entre mejora e indefensión.

reproducirlos en el mundo creado por el hombre, para dar a materiales, productos y sistemas tecnológicamente avanzados la capacidad de pensar (Amigoni, Schiaffonati i Somalvico 2008). No es casual que la tendencia definida como “I.A.ficación” surja en nuestra era de la Industria 4.0. Las ciudades inteligentes, la automatización de los procesos, los objetos inteligentes, los sistemas dinámicos, los robots y todo lo que podemos definir como “dirigidos por la tecnología” nos lleva a un mundo poblado por artefactos tecnológicamente complejos (tangibles e intangibles) que pueden reproducir actitudes reales, en lugar de imitarlas.

Es fácil apreciar que, como humanos, nos hemos rodeado desde la Antigüedad por las principales disciplinas responsables del proceso de “biologización” del “reino de las cosas inventadas” (lo que se construye artificialmente); pero hoy esa situación está evolucionando rápidamente hacia una complejidad que deja entrever características cada vez más similares a las que encontramos en el “reino de las cosas nacidas” (lo que se genera naturalmente), que se integran cada vez más con este según la misma “ley de funcionamiento” (Kelly 1994). Dicho de otro modo, al igual que sucede en un proceso inverso, sofisticadas innovaciones tecnológicas nos devuelven a la naturaleza: los mecanismos de la vida dejan de ser simplemente modelos teóricos y se convierten en procesos de producción reales que, al aplicarse cada vez con mayor frecuencia de manera transversal en casi todos los sectores de la vida humana, llevan a la concreción de entidades antrópicas que por primera vez podemos definir como “vivas”.

De hecho, los denominados “agentes inteligentes” de IA se pueden comparar con organismos vivos presentes en la naturaleza que, por definición, pueden, a nivel de genotipo, contener y manipular información y, a nivel de fenotipo, asumir comportamientos realmente complejos y procesos de información apropiados para sobrevivir en un determinado entorno, relacionando sus herramientas genéticas con las condiciones y las perturbaciones del exterior (Schrödinger 1995).

Pero si bien la tecnología actual puede producir entidades dinámicas, adaptables, sensibles y multifuncionales que pueden modificar sus propiedades físicas, como la información y los sentidos, que responden a las exigencias del entorno (Kapsali 2016) y que se adaptan a las necesidades de la sociedad “líquida” contemporánea (Bauman 2012), también ha permitido que nuestros sistemas de herramientas, máquinas e ideas sean tan densos e interrelacionados que logren un cierto grado de independencia con el que pueden empezar a ejercer cierta autonomía (Kelly 2011). Los sistemas inteligentes como Internet, los sistemas financieros o los algoritmos genéticos son una muestra de que nuestro entorno tecnológico –que tradicionalmente se creó para protegernos de las fuerzas de la naturaleza– se está haciendo tan complejo e incontrolable que está dando lugar a una “Próxima Naturaleza” que es más cruel, impredecible y amenazadora que nunca y cuya línea divisoria entre las tecnologías que facilitan nuestra humanidad y las que nos privan de nuestro potencial humano se está desdibujando (van Mensvoort 2012).

En este nuevo escenario, surgen varios problemas sociales y éticos, especialmente en la relación entre humanos y tecnología, algo que es especialmente interesante y profundo cuando hablamos de tecnologías de asistencia para personas con discapacidades sensoriales, unas tecnologías cuyo objetivo es lograr que la vida de dichas personas sea más fácil y de más calidad. De hecho, en estos casos se intensifica la relación de codependencia entre el usuario y la tecnología, y al hacerlo corre el peligro de difuminarse la frontera entre ayuda y sustitución, entre mejora e indefensión. La reflexión alrededor de estas cuestiones llevó al estudio y a los experimentos que dieron lugar a Sinapsi, un dispositivo inteligente inspirado en la naturaleza cuyo objetivo es ayudar a las personas invidentes a moverse y orientarse cuando practican atletismo. En particular, se plantean interrogantes sobre cómo pueden ser útiles estas tecnologías inteligentes para las personas ciegas, qué tipos de relaciones constructivas puede haber entre estas y el usuario y cómo puede la cultura del diseño encontrar en este campo, y también en general, soluciones adecuadas y sostenibles en un mundo en el que la dimensión artificial se está convirtiendo en la nueva naturaleza, compleja y descontrolada.

mente y voluntad) es algo tan natural como nuestra vida no es en absoluto nueva, como tampoco lo es la creencia de que la tecnología determinará nuestro futuro evolutivo y nos permitirá ser más humanos que nunca. De hecho, como demuestra el sufijo griego *-logía* (conversación, razonamiento), la tecnología, a diferencia de la simple *tékhnē*- [2], implica una relación entre hacer y el contexto general sociocultural, y esta implica una visión única del mundo que nos influye y cambia no solo nuestra manera de vivir y actuar, sino también nuestra manera de ser y pensar (Massaro and Grotti 2000). Pero si bien es cierto que desde sus más antiguos orígenes los humanos se han rodeado de artefactos “estructurales” para extender su cuerpo y de artefactos “superestructurales” para extender su mente, con los que han logrado sobrevivir a una relación simbiótica co-evolucionaria con la tecnología, también es cierto que el proceso de hominización corre el peligro de terminar porque la pérdida de control sobre la tecnología abre la posibilidad de transformar esta relación en una relación parásita que, a diferencia de la simbiótica, carece de reciprocidad. Como dijo Koert Van Mensvoort (2012), desde los albores de nuestra existencia, los seres humanos han co-evolucionado con la tecnología que producen, del mismo modo que las abejas y las flores han evolucionado hasta ser interdependientes, pero toda relación de co-evolución corre el peligro de convertirse en una relación parásita, en la que el más fuerte explota al más débil. Ese es el riesgo que corremos actualmente en la era de la “I.A.ficación”, en la que la tecnología es cada vez más íntima y en la que múltiples entidades pensantes merodean a nuestro alrededor, colonizando nuestro cuerpo, manipulando nuestro comportamiento, instalándose rápidamente entre nosotros y todo lo que tenemos a nuestro alrededor, recopilando toneladas de información sobre nosotros e incluso simulando el comportamiento humano (van Est et al. 2014).

Así pues, en la carrera de la humanidad por adaptarse y sobrevivir, por vencer a la debilidad y lograr la perfección y la eficiencia en todas las actividades humanas, el hombre debería valorar la que es tal vez su posesión más valiosa: la atención. El hombre debe vivir conscientemente en este mundo, supervisando la actividad de las múltiples entidades pensantes que lo rodean y utilizándolas como medio para mejorar el futuro de la humanidad y no como un recambio, manteniendo vivas sus habilidades sociales y emocionales, estando alerta a su derecho a elegir libremente, controlando cómo le llega la información y evolucionando. De hecho, la aplicación de los sofisticados avances tecnológicos actuales debe provocar siempre una tensión entre el control que la tecnología ejerce en el individuo o en la sociedad y su potencial, más allá incluso de los usos previstos por sus creadores: no es la tecnología misma, la que determina sus usos, sino que es la posición ideológica y cultural, la que los genera (Langella 2007).

Desde esa perspectiva, el diseño –en cuanto disciplina que surge en el contexto de un proyecto de artefacto, en el que las cuestiones sociales y los estilos de vida se traducen en entidades antrópicas, y en cuanto ámbito multidisciplinar, capaz de implicar a varias áreas en el proceso de diseño y de relacionar varios aspectos de la contemporaneidad (Maldonado 1976)– puede asumir la función fundamental de control potencial social, ético e ideológico de las tecnologías actuales. Por tanto, la tarea de supervisar y liderar nuestra evolución y de diseñar la experiencia de nuevas realidades figuradas sostenibles, quizás incluso invirtiendo las mismas tecnologías, debería asignarse al diseño, pues dispone de las herramientas necesarias para prefigurar nuevas visiones y escenarios alternativos.

En particular, cuando hablamos de tecnologías de asistencia para personas con discapacidades sensoriales, el diseño siempre debe contemplar una enorme complejidad porque aquellas implican un aspecto básico de nuestra supervivencia: los sentidos. Estos nos permiten satisfacer nuestras necesidades en cuanto organismos biológicos, entrar en plena simbiosis con un entorno rico en información y en tres dimensiones, e interactuar con él. En estos casos, la tecnología tiene lugar entre el usuario y su entorno, justo en el punto en el que la simbiosis se debilita, haciendo que sea muy fácil superar el umbral entre ayuda y sustitución, especialmente en un mundo en el que la inteligencia artificial es capaz de mostrar comportamientos inteligentes de estilo humano. Así las cosas, queda en manos del diseño poner en práctica estrategias y creatividad táctica para aplicar las posibilidades de la tecnología contemporánea de manera sostenible mejorando la situación del usuario y dándole la posibilidad de sobreponerse a la falta (o una deficiencia) de algún sentido convencional, como la vista, el tacto, el oído, o de los otros sentidos relacionados con este, como el sentido social, el sentido de libertad y el sentido de conocimiento de uno mismo [3].

La idea de que la relación entre humanos y tecnología (del griego antiguo *tékhnē-logía* [1], que en sentido amplio significa algo útil creado por nuestra

1 UN PANORAMA COMPLICADO: NUESTRA “PRÓXIMA NATURALEZA” TECNOLÓGICA”

La inteligencia artificial es la rama de la informática, una ramificación de la cibernética, cuyo objetivo es, en cuanto ciencia, estudiar determinados comportamientos (como la interacción con el entorno exterior, el aprendizaje, el razonamiento y la planificación), y, en cuanto ingeniería,

TEMES DE DISSENY #35

ESTUDIO DE CASO

134

2 EL PAPEL DEL DISEÑO

S. LUCIBELLO / C. ROTONDI

135

El sentido que más nos pone en relación con nuestro entorno exterior es el de la vista. De todas las sensaciones que perciben nuestros sentidos, las que recibimos por la vista son las que mayor influencia tienen en la percepción. La vista, combinada con otros sentidos, principalmente el oído, nos permite tener una percepción global del mundo y llevar a cabo acciones en él. Así pues, para las personas ciegas la falta (o una deficiencia) de la vista es una gran barrera en la vida de cada día: acceso a la información, movilidad, encontrar el camino a seguir e interactuar con el entorno y con otras personas, entre otros, se convierten en auténticos retos.

Por eso, y por las posibilidades que ofrecen los avances tecnológicos actuales como la miniaturización de componentes electrónicos o el desarrollo de sofisticados algoritmos, en los últimos veinticinco años ha aumentado espectacularmente el interés por las soluciones tecnológicas avanzadas para las personas con deficiencias visuales, que las han transformado en una especie de cíborgs humanos. De hecho, la investigación internacional y la industria están creando multitud de dispositivos de asistencia portátiles y ponibles (*wearable*) que colonizan el cuerpo de las personas ciegas y que, gracias a la nueva capacidad de los sistemas autónomos avanzados para simular los procesos mentales humanos, a menudo sustituyen al usuario en la ejecución de tareas diarias que, sin el sentido de la vista, son más difíciles de llevar a cabo. Se hacen todos los esfuerzos posibles para hacer frente a este “fenómeno social” [4] y para mejorar la calidad de vida de las personas invidentes en la sociedad contemporánea. Estos esfuerzos se centran por una parte en ámbitos tradicionales de investigación, como la transmisión de la información y la ayuda en la movilidad, y por otra parte en nuevas áreas como la accesibilidad informática, que se ha añadido recientemente a la lista a causa de la creciente importancia de los ordenadores y su presencia en todos los aspectos de la vida diaria. En ese sentido, a parte de la eficaz herramienta de lectura en Braille, se han creado varios dispositivos de transmisión de información para la lectura, el reconocimiento de caracteres y la transformación de información gráfica de escenas en 2D y 3D; el clásico bastón blanco ahora está equipado con dispositivos electrónicos de ayuda al desplazamiento (Electronic Travel Aid, ETA) o está siendo sustituido por dispositivos ponibles o portátiles para la movilidad que transmiten información sobre el entorno más inmediato, sobre orientación y para evitar obstáculos; y soluciones tecnológicas como sintetizadores de voz, magnificadores de pantalla y terminales de generación de Braille son cada vez más habituales y permiten que las personas invidentes utilicen ordenadores y puedan acceder a todos los servicios que estos prestan, como Internet. En general, todos ellos intentan comunicar e intercambiar información con el entorno, con otras personas o con otros dispositivos y transformar dichos dispositivos en sistemas interactivos que impliquen también la participación de otros sentidos, como el oído o el tacto.

En particular, hablando de dispositivos de ayuda a la movilidad que quieren mejorar la orientación y el conocimiento espacial o evitar obstáculos, los podemos dividir en dos grandes categorías con una ligera diferencia: dispositivos portátiles que no se desgastan pero que requieren una constante interacción manual, y dispositivos ponibles, que (gracias especialmente a su reducido tamaño) se pueden llevar en muchas partes del cuerpo y permiten a los usuarios interactuar con ellos de muchas maneras sin tener que utilizar las manos.

Los dispositivos portátiles más habituales (Fig. 1) son los bastones electrónicos, con la combinación del clásico bastón blanco y ETA, pero esta categoría también incluye pantallas táctiles, teléfonos móviles, dispositivos ETA independientes y ordenadores portátiles, entre otros. Los ETA (Fig. 2) son dispositivos portátiles que comparten un mismo principio de funcionamiento: todos escanean el entorno (mediante distintas tecnologías como sensores ultrasónicos o cámaras) y presentan la información recopilada de modo que pueda ser reconocida por otros sentidos, mayoritariamente el tacto y el oído, como en el caso de EyeCane (Fig. 3), un bastón de caminar que emite infrarrojos para traducir las distancias en señales sonoras y táctiles que permiten a los usuarios percibir los objetos que hay en un radio ajustable de cinco metros. Cuando se combinan los ETA con un clásico bastón blanco se obtiene un bastón tecnológico (Fig. 4) que, en comparación con el tradicional, incluye un conjunto de sensores y pantallas multisensoriales. Estos últimos tienen por objeto aportar más información sobre los alrededores, como por ejemplo información sobre

aspectos del entorno más lejano o presencia de obstáculos, señales o peligros a la altura de los hombros o la cabeza, como en el caso de Ultra Cane (Fig. 5). Gracias al sensor ultrasónico, este bastón puede detectar objetos que hay delante de la persona e indicar su dirección y distancia con una señal táctil (vibración). Las últimas apps para móvil de Microsoft (Seeing AI) y de Cognitive Assistance Laboratory (NavCog) también pertenecen a la categoría de dispositivos portátiles, ya que el teléfono es algo que llevamos, necesita interacción con la mano que lo mueve y observa el entorno desde varios ángulos. En este caso hablamos de sistemas de IA que pueden llevar a cabo sofisticados comportamientos inteligentes, captar una instantánea global del entorno exterior e incluso describirlo detalladamente. Por ejemplo, la app del iPhone para el desplazamiento por interiores NavCog (Fig. 6) logra una localización precisa gracias a un nuevo algoritmo que combina los indicadores de BLE (Bluetooth Low Energy) con sensores del teléfono inteligente y así logra que las personas invidentes se desplacen por el interior de edificios y en lugares grandes y complejos como universidades, aeropuertos y hospitales.

Por otra parte, los dispositivos ponibles son los más complejos e incluyen sistemas inteligentes que interactúan con distintas partes del cuerpo (Fig. 7) y utilizan distintas señales sensoriales en función del caso. En orden descendente, encontramos en primer lugar los dispositivos que se aplican a la cabeza (Head-Mounted Devices, HMD) (Fig. 8), como auriculares, diademas, cascos y gafas, que son los dispositivos de asistencia ponibles más habituales. El oído es el sentido más apropiado para suplir la pérdida de la vista. Y las orejas, donde reside el sentido del oído, están situadas en la cabeza. Pues bien, los usuarios pueden utilizar el movimiento de la cabeza para explorar el entorno exterior y recopilar información de este (Fig. 9). Aunque muchos, como Orcam MyEye (Fig. 10), se crearon para acceder a la información, también existen varios dispositivos creados no solo para facilitar la movilidad y especializados en desplazamiento espacial y movimiento, sino también para evitar obstáculos a la altura de la cabeza. La diadema Horus (Fig. 11) puede ser muy útil. Gracias al aprendizaje automático y al reconocimiento en 3D puede avisar a tiempo al usuario de la presencia de obstáculos y puede darle indicaciones de desplazamiento. Gracias a un sintetizador de voz, el dispositivo narra a través de auriculares de conducción ósea [5] las imágenes que ve. Aunque se crearon para evitar obstáculos, las Sonar Glasses (Fig. 12) pueden avisar al usuario mediante señales vibrotáctiles de potenciales peligros que están más allá del alcance de un bastón blanco, como vehículos aparcados, ramas de árboles medio caídas, señales de tráfico e indicadores, andamios de obras y otros obstáculos.

Las orejas no son el único órgano afectado hasta ahora. Basándose en ciertos estudios realizados en 1998 en la Universidad de Wisconsin (EEUU) que demostraban que el cerebro puede llegar a procesar información visual estimulando primero los nervios de la lengua, se presentó la unidad de visualización lingual (Tongue Display Unit,) que puede traducir imágenes ópticas captadas por una cámara en estímulos electrotáctiles en la lengua. Desde aquel estudio se han creado varios prototipos de TDU. El más reciente, que es el único dispositivo TDU que se ha fabricado, es el BrainPort V100, de 2015 (Fig. 13).

Siguiendo nuestra clasificación, a continuación encontramos dispositivos de asistencia ponibles en la muñeca y el brazo (Fig. 14), así como tecnologías aplicables en chalecos, cinturones y pies. Su objetivo es el mismo: mejorar la movilidad de personas invidentes ayudando a evitar obstáculos. Son capaces de recopilar información del exterior y comunicarla al usuario de manera comprensible. Lo hacen por norma general hápticamente y, por tanto, no necesitan utilizar auriculares, que pueden aislar al usuario del entorno exterior. Por ejemplo, en 2017 la start-up WearWorks (Brooklyn), en colaboración con el atleta invidente Simon Wheatcroft, creó un dispositivo de desplazamiento que puede llevarse en la muñeca y que permite que los atletas invidentes corran una carrera sin ayuda. El producto se llama Wayband (Fig. 15). Recopila información de mapas GPS y comunica el recorrido hápticamente en una especie de código morse. Por último, menos reciente pero igualmente interesante, encontramos el prototipo de dispositivo vibrotáctil integrado en el zapato (Fig. 16) que creó la Universidad Panamericana de México. Esta solución demuestra que la codificación por vibración en los pies es fácil de comprender, especialmente si da instrucciones de direcciones sencillas (por ejemplo, “girar a la izquierda” o “seguir recto”) y de acciones conocidas (por ejemplo, llamada entrante o peligro) (Velasquez 2010).

La lista sería interminable y podríamos seguir describiendo sistemas de IA que funcionan más o menos del mismo modo y que se crearon

para mejorar la calidad de vida de las personas invidentes. Sin embargo, estos corren el peligro de centrarse más en sus posibilidades tecnológicas que en la función real para el usuario. La realidad es que, a pesar de que existen muchos dispositivos, el grado de aceptación entre los usuarios es bajo (Cuturi et al. 2016). Las personas invidentes todavía prefieren los bastones blancos a los dispositivos de ayuda para invidentes porque, como sucede con el Braille, requieren un control activo por parte del cerebro, que interpreta el movimiento del cuerpo junto con la información proveniente de señales sonoras o táctiles que les ayudan a aprender a interpretar el mundo de su alrededor incluso a oscuras. De hecho, estos inventos son como una extensión de la mano del usuario que dan autonomía al mismo usuario y a su sentido del tacto sin perder la atención o el autocontrol. Pero eso no significa que debamos prescindir de los avances tecnológicos actuales; más bien implica que debemos revisar la relación co-evolucionaria que se establece entre los humanos y la tecnología cuando utilizamos dichos avances en dispositivos. Y debemos hacerlo de manera que ayude al máximo a los humanos a evolucionar y a sobrevivir, satisfaciendo sus necesidades, fomentando su autonomía en lugar de limitarla, y ampliando sus sentidos en lugar de atenuarlos.

La complejidad y el comportamiento autónomo de la mayoría de dispositivos que hemos citado hasta el momento deja al usuario en una posición especialmente poco práctica. El usuario debe confiar pasivamente en las señales que le proporciona el dispositivo, avanzando con pasos inseguros, intentando interpretar la información que le proporciona el dispositivo y cuestionando continuamente el éxito de cada una de las acciones. Estos sistemas superan con creces el límite de uso para el que están previstos antes de su sustitución e intentan explorar el mundo por su cuenta, construir una representación del mismo basándose en la información recopilada y dar ciertas órdenes al usuario invidente, tanto en forma directa (“girar a la izquierda”, “girar a la derecha” o “atención, hay un obstáculo”, por ejemplo) como en forma de descripciones detalladas. En realidad, los nuevos dispositivos sostenibles, que están en consonancia con los instintos y las capacidades humanas, deberían tener en cuenta primero la naturaleza humana para que los mecanismos en los que se basa nuestra orientación y nuestra movilidad tengan un fundamento neurocientífico.

Eso es lo que hemos intentado hacer en la creación de Sinapsi. El diseño plantea cuestiones emergentes de tipo ético, social e ideológico que surgen a causa del mal uso de las tecnologías actuales y convierte dichas cuestiones en herramientas de diseño para impulsar la innovación sostenible en el ámbito de los dispositivos de asistencia para personas con discapacidades sensoriales.

Aquí es donde la actual línea divisoria entre naturaleza y tecnología puede demostrar su potencial como herramienta de diseño. En realidad, el mundo biológico lleva 3800 millones de años evolucionando y en todo este tiempo ha tenido que hacer frente a la misma complejidad que la realidad antrópica actual. Tanto es así que la naturaleza ha creado métodos y estrategias interesantes para responder a dicha complejidad. Así pues, la biología puede ser un referente para el diseño, un medio pragmático y teórico de supervisar y hacer avanzar nuestra evolución de modo que la capacidad de incorporar características biológicas en máquinas y objetos sea un instrumento para mejorar la calidad de vida y difundir las mejores cualidades humanas.

Desde la metáfora hologramática del sistema de vida hasta las estrategias de supervivencia individual que han desarrollado incontables seres vivos, la naturaleza, a diferencia de nuestra esfera artificial que cada vez es más controlable y manejable, nos muestra el secreto de la sabiduría oculta. De hecho, si bien es cierto que, con las tecnologías de las que disponemos actualmente, podemos crear artefactos vivientes como un organismo, no es menos cierto que no siempre lo hacemos con resultado satisfactorio. Dicho de otro modo, los sistemas artificiales son capaces de contener y manipular información del mismo modo que lo hacen los organismos, pero no siempre están dotados de la misma inteligencia íntima que la naturaleza. Schrödinger (1995) cierra la definición puntualizando que un organismo real está “vivo” si ha sido capaz de finalizar con éxito el proceso de auto-organización de la información, es decir, si ha sido capaz de estructurar la información de modo cada vez más complejo y holístico

en relación al sistema del que forma parte y con el propósito de obtener una respuesta conductual coherente al contexto en el que se produce. Es el llamado “principio hologramático” y es la base de todos los sistemas complejos y de todos los lenguajes, principios, estrategias, lógicas y mecanismos que hacen que la naturaleza genere y mantenga vivas a sus criaturas. Por tanto, desde un punto de vista metodológico, puede ser útil comprenderlos y reproducirlos con nuevos materiales, productos, servicios y sistemas tecnológicamente avanzados no solo para lograr que se parezcan a seres vivos sino especialmente para que adopten comportamientos innovadores auténticos, capaces de responder adecuadamente de manera sostenible y holística a todos los problemas con los que entran en simbiosis (por ejemplo, el ámbito del usuario o de la cultura o del entorno).

En Sinapsi se ha aplicado desde el principio la metáfora hologramática: el producto es considerado como un nuevo ser vivo que va a encajar en un “ecosistema simbiótico” que es el cuerpo, los órganos sensoriales y el sistema nervioso del usuario invidente. Para alcanzar su objetivo, se han diseñado y creado todos los aspectos del dispositivo de manera coherente e integrada con los ámbitos con los que entra en contacto, como el usuario, su percepción, su autocontrol y los problemas éticos sobre la autonomía de la tecnología, así como los problemas vinculados a la usabilidad o la inteligibilidad de las señales sensoriales. En primer lugar, el diseño empieza teniendo en cuenta que los humanos, en cuanto animales, deben establecer una íntima relación con su entorno a través de la cognición espacial, una habilidad especial que nos permite explorar el mundo a través de los sentidos, construir una representación del mismo con nuestro cerebro (que procesa la información recopilada) y, en consecuencia, movernos en el espacio y llevar a cabo tareas específicas [6]. Así pues, en el momento en el que perdemos (o queda dañada) la vista, el sentido dominante que nos da el 90% de la información perceptiva del espacio externo y extra-personal, el principal problema no es evitar obstáculos o saberse mover por un sitio, sino más bien la falta de señales sensoriales adecuadas que permitan representar correctamente el entorno en el cerebro (Gori 2017). Por eso Sinapsi quiere dar autonomía a las personas invidentes para que exploren con otros sentidos el mundo que les rodea (que es lo que hacemos con la vista desde que nacemos) y que así su cerebro tenga la oportunidad de crear una representación del mundo basándose en el otro sentido elegido. Este sentido se convertirá en el sentido dominante que garantizará en todo momento información de todo lo que hacen.

¿Acaso hay una manera mejor de encontrar una solución adecuada que imitar una estrategia creada por la naturaleza? Los animales, de hecho, tienen la misma necesidad de saber cuándo y dónde quedarse quietos o moverse en su entorno. Por eso ya han desarrollado ciertas habilidades que les permiten obtener la cognición espacial incluso en la oscuridad, cuando las condiciones así lo requieren (vida nocturna, vivir en el lecho marino, etc). Entre los innumerables sistemas estudiados, la ecolocalización de los murciélagos fue considerada el mecanismo más adecuado en el que inspirarse para el nuevo dispositivo. Los murciélagos, efectivamente, emiten ultrasonidos (señales sonoras) y a continuación escuchan el eco que producen (a causa del reflejo de las ondas sonoras en los objetos de los alrededores) y analizan los cambios que se han producido. De ese modo pueden entender la forma que tiene el espacio que les rodea y pueden identificar la posición de factores negativos (como obstáculos) que deben evitar y factores positivos (como presas) en los que se deben centrar. Por otra parte, los murciélagos aplican la ecolocalización de maneras increíblemente distintas. Existen alrededor de mil especies diferentes que pueden utilizar la ecolocalización de maneras diferentes en función de su situación ecológica. Es una muestra de que este mecanismo es flexible y adaptable a todas las situaciones que puedan surgir. Además, hay estudios que demuestran que el cerebro humano reconoce la ecolocalización l'ecolocalització (Thaler i Castillo-Serrano 2016), aunque especialistas en ecolocalización muestran imágenes de actividad cerebral donde se ve que el sentido del oído no parece ser una simulación sino una reconversión de partes del cerebro que se suelen utilizar para la vista (Thaler et al. 2011). Sin embargo, nuestros cuerpos y nuestros cerebros han evolucionado para que podamos ver el mundo con la vista. Por tanto, ni estamos equipados idealmente para la ecolocalización ni podemos elaborar instintivamente la información que esta nos proporciona. Un dispositivo de asistencia biomimético como Sinapsi, pues, es útil porque pone al alcance de las personas ciegas las herramientas que les permiten desarrollar sus propias capacidades y crear nuevas estrategias para llegar a una cognición espacial por su cuenta y, en consecuencia, ciertas capacidades de desplazamiento que les confieren una verdadera independencia y autosuficiencia.

Como ya hemos dicho, Sinapsi es un dispositivo de asistencia ponible inspirado en la naturaleza para ayudar a los atletas invidentes a moverse y orientarse cuando practican atletismo, dándoles así la autonomía para correr sin guía. Sinapsi es al mismo tiempo un “dispositivo de aprendizaje” que les brinda la oportunidad de aprender los mecanismos especiales de la ecolocalización, pues les permite explorar y “ver” el mundo en una especie de espacio sonoro tridimensional.

El ámbito del deporte es útil para este tipo de procesos porque es importante que se combinen constantemente las señales de respuesta del dispositivo con el movimiento corporal [7] y porque incluye los entrenamientos, la competición, los objetivos, la disciplina, la sociabilidad y el respeto.

Concretamente, Sinapsi es un pequeño y práctico dispositivo (Fig. 17) que se puede llevar en la mano y que se puede conectar por Bluetooth a unos auriculares [8]. Cuando empieza una carrera (Fig. 18), gracias a un acelerómetro, Sinapsi toma una foto automáticamente de la pista siempre que el dispositivo tenga una inclinación de 60 grados. Al mismo tiempo envía una señal por Bluetooth a los auriculares que emitirán un primer tono, que siempre será el mismo. En paralelo, unos sofisticados algoritmos (básicamente, algoritmos de reconocimiento de imagen) analizan un grupo de imágenes (Fig. 19) mientras se crea un segundo tono, que simula el eco de retorno. En función de la distancia entre la trayectoria del pie del atleta (diagonal de la imagen) y la línea blanca de la pista, el dispositivo regula el tiempo transcurrido tras el primer tono mientras que la frecuencia se regula en función del color que encuentra en el centro de la imagen (nomenclatura Lab [9]). El resultado es el envío de una segunda señal por Bluetooth que crea un segundo tono. Este, que es distinto del primero, actúa a modo de eco y aporta información.

El diseño del sonido, evidentemente, se inspira en los mecanismos de ecolocalización de los murciélagos, y especialmente en la manera que tienen de llevar a cabo tareas de percepción y localización. Los tipos de señales audibles que utilizan se modulan en función de las condiciones ecológicas y de su dinámica sensorial-motriz (Fig. 20) para que la señal de respuesta sea lo más natural e intuitiva posible. En particular, Sinapsi simula las tareas de localización cuando utiliza el tiempo de respuesta del segundo tono para comunicar la distancia. De hecho, al igual que en la naturaleza, cuanto mayor sea la distancia, más tiempo necesita el eco para retornar. La tarea de caracterización, por su parte, se simula cuando el producto cambia la frecuencia del segundo tono que indica el color de la pista (que es útil, por ejemplo, para posteriores señales). Utilizando su habilidad para realizar esta tarea, los murciélagos son capaces de detectar con gran precisión el material y la textura de la superficie de un posible objetivo [10].

Por último, como nos enseña la naturaleza, podemos decir que algo está “vivo” si es flexible y se adapta a distintas situaciones existentes y en curso. Por eso decidimos complementar Sinapsi con una app para hacerla más interactiva y multifuncional. Se puede adaptar a las preferencias y necesidades de distintos usuarios o a distintos tipos de discapacidades, y se podrá aplicar y mejorar en el futuro, evolucionando como un ser vivo. Hemos decidido que el producto sea un concepto abierto que deja espacio a futuras ideas y variaciones que hoy pueden dar a las personas invidentes la percepción de la pista, de sus dimensiones y curvas, y que tal vez mañana les darán la posibilidad de percibir todo el entorno con un alto nivel de detalle. De esa manera estas personas podrán desarrollar capacidades especiales con su mente y su fuerza de voluntad, co-evolucionando con la tecnología y haciendo frente a todos los problemas éticos que pueden plantear la simbiosis y la relación co-dependiente potencialmente amenazadoras entre el usuario y los sistemas inteligentes que colonizan su cuerpo e influyen en sus acciones y su comportamiento.

En la era de la “I.A.ficación”, el diseño deja de ser un simple generador de forma y se convierte en el director de todas las implicaciones éticas e ideológicas que se derivan de una nueva “Próxima Naturaleza” llena de entidades pensantes, capaz de dar autonomía y al mismo tiempo sustituir

a los humanos porque es capaz de comprender el mundo e interactuar con él. En particular, inspirándose en los métodos naturales de gestión de la complejidad y teniendo en cuenta su cultura transversal, el diseño asume las funciones de potencial control social de la tecnología e intenta identificar la tenue línea divisoria entre la potencial sostenibilidad de una determinada tecnología y la pesadilla de su dominio. Eso es lo que hemos intentado lograr con Sinapsi, un dispositivo ponible para atletas invidentes inspirado en el mecanismo de ecolocalización que utilizan los murciélagos para moverse en la oscuridad. Queríamos impedir que las personas con discapacidad sensorial, que cada vez tienen una mayor dependencia pasiva de sistemas autónomos, se transformaran en una especie de cfborg, y queríamos darles la oportunidad de desarrollar la capacidad especial de orientarse sin la vista utilizando su mente y su fuerza de voluntad y así ser más autónomas.

BIOGRAFÍAS

Sabrina Lucibello
Sapienza University of Rome

Sabrina Lucibello es arquitecta, doctora en Diseño y Tecnología de Arquitectura y profesora asociada de Diseño Industrial en la Universidad la Sapienza de Roma. Es fundadora de MaterialdesignLab, un «espacio de creación» multidisciplinario y de coworking que se estructura como un laboratorio de diseño creativo. Actualmente dirige el grado de Diseño Industrial en la Universidad la Sapienza de Roma. Investiga materiales de diseño para su aplicación en la innovación de productos.

Carmen Rotondi
Sapienza University of Rome

Carmen Rotondi es diseñadora de productos y tiene un máster en Diseño de Productos de la Universidad la Sapienza de Roma. Su trabajo de investigación se centra en el potencial innovador que ofrece la intersección entre diseño y ciencia, entre proyecto y naturaleza, donde explora modalidades híbridas que podrían ser viables para integrar distintas competencias y obtener resultados adecuados para el contexto actual.

NOTAS AL PIE

1. La palabra significa literalmente “tratamiento sistemático de un arte”, e indica un conjunto de conocimientos que se pueden aplicar de manera pragmática a todas las actividades humanas.
2. En griego antiguo, “hacer”.
3. Los neurólogos cuentan entre nueve y veintiún sentidos humanos únicos. Además de la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato, cabe incluir también la sensibilidad propioceptiva, el equilibrio vestibular y el sentido de la autocognición, por ejemplo.
4. La comunidad científica define la discapacidad como un “fenómeno social” porque no se limita a la falta fisiológica de una capacidad humana sino que guarda relación con todas las consecuencias que esta falta comporta en la sociedad actual y que influye en la vida de cada día de las personas discapacitadas (Zanobini i Usai 2008).
5. La conducción ósea es una tecnología nueva que se utiliza cada vez más en auriculares y que utiliza pequeñas vibraciones para estimular directamente los huesecillos del oído. De ese modo el usuario puede oír sonidos del dispositivo sin tener que llevar auriculares en las orejas y sin interferir en el ruido del entorno ni molestar a otras personas.
6. Las representaciones que crea el cerebro se actualizan constantemente mientras nos movemos y son básicas porque el cerebro planifica las actividades motrices que necesitamos para realizar determinadas tareas en función de dichas representaciones (Schinazi, Trash, i Chebat 2016).
7. “La parte más fascinante de la historia es que en cuanto la ascidia deja de moverse, empieza a ingerir su propio cerebro: sin movimiento no hace falta cerebro.” Rodolfo R. Llinas (2001) hizo la anterior afirmación para explicar que sin el movimiento no es necesario tener cerebro, porque somos animales motrices y la acción siempre precede a la sensación y, por tanto, al proceso de representación.
8. Una serie de entrevistas a atletas invidentes reveló que los usuarios necesitan poder elegir libremente el tipo de auriculares que quieren utilizar.
9. El espacio de color Lab describe matemáticamente en tres dimensiones todos los colores que se pueden percibir: L indica luminosidad y A y B, gradiente de color entre verde-rojo y azul-amarillo. Podemos representar estos tres parámetros como los tres ejes de un diagrama cartesiano en 3D en el que cada color corresponde a un punto único en este espacio tridimensional (cubo).
10. Gracias a los ultrasonidos, los murciélagos pueden conocer el material y la textura de la superficie del objetivo con el mismo nivel de detalle con el que nosotros vemos las imágenes en un microscopio.

Ver listado completo de referencias en la página 129.

Fig. 1. El diagrama muestra los dispositivos portátiles para personas invidentes más habituales y la señal sensorial que utilizan.

Fig. 2. El diagrama muestra las tecnologías más utilizadas en los dispositivos ETA para captar información del entorno exterior y comunicarla con señales sensoriales.

1. Mini Guide (Jacquet et al. 2006); 2. Supersonic Stick (Kim 2010); 3. CyARM (Ito et al. 2005); 4. EyeCane (Buchs et al. 2014; (Maidenbaum et al. 2014); 5. Muniwo (Giubega 2010).

Fig. 3. EyeCane es fruto de la investigación que el profesor Amir Amedi, del Departamento de Neurobiología Médica de la Universidad Hebrea de Jerusalén, llevó a cabo en su laboratorio en 2014.

(Información obtenida en <https://shacharmaidenbaum.wixsite.com>)

Fig. 4. El diagrama muestra algunos ejemplos de bastones tecnológicos creados en los últimos años, así como las tecnologías más utilizadas para captar información del entorno exterior y comunicarla mediante señales sensoriales.

1. The Eyesight (Song 2009); 2. Viio Travel Aid (Halim 2012); 3. LaserCane (Bolgiano y Meeks 1967); 4. Mini-Radar (Dakopoulos y Bourbakis 2010); 5. K-Sonar Cane (Bay Advanced Technologies Ltd. 2016); 6. iSONIC (Kim et al. 2009); 7. Tom Pouce (Hersh et al. 2006); 8. Télétact (Hersh et al. 2006); 9. Navigation Aid for Blind people (Bousbia-Salah et al. 2011); 10. Kinetic Cane (Takizawa et al. 2012); 11. Guide-Cane (Borenstein y Ulrich 1997); 12. Roji (Shim y Yoon 2002); 13. Ultra Cane (Gassert et al. 2013); 14. Mygo Cane (Ritzler 2007).

Fig. 5. Ultra Cane, obra de un pequeño equipo de la Universidad de Leeds en 2013.

Fig. 6. NavCog, app para iPhone creada por el Cognitive Assistance Laboratory de la Universidad Carnegie Mellon en colaboración con IBM Research en 2017. Ayuda a las personas con discapacidad visual a moverse por el interior de edificios y por lugares grandes y complejos como universidades, aeropuertos y hospitales.

Fig. 7. Los dispositivos inteligentes son cada vez más reducidos y se pueden llevar en varias partes del cuerpo. Concretamente, las tecnologías ponibles para personas invidentes que se han creado hasta el momento pueden aplicarse a cualquier parte del cuerpo, desde la cabeza hasta los pies.

Fig. 8. Se pueden diferenciar cuatro grandes clases de dispositivos de asistencia montados en la cabeza: diademas (tiras elásticas alrededor de la cabeza), cascos, gafas y auriculares de distintos tamaños. En este caso, por la proximidad del dispositivo a los oídos, el sentido más utilizado para la emisión de señales es el sonido.

1. Blind Guiding Glove (Chen 2012, patente CN202496448); 2. TouchSight (Davies et al. 2007, patente GB 2448166); 3. Tacit (Bat Glove) (Frink 2013); 4. HandSight (Stearns y Smith 2012); 5. Guide-Glove (Castillo et al. 2010, patente MX2009001705); 6. Ultrasonic substitute vision device (Backer et al. 2008, patente GB2448166); 7. Ultrasonic blind-guiding glove (Yang et al. 2008, patente CN201076033); 8. Cyclops (SaloniKidou y Savvas 2012, código abierto).

Fig. 9. El funcionamiento y las tecnologías que se utilizan en los dispositivos de asistencia montados en la cabeza son muy similares a los demás. La diferencia es que utilizan mayoritariamente señales auditivas.

Fig. 10. Orcam MyEye es un dispositivo ponible avanzado para personas invidentes. Gracias a una cámara inteligente, puede leer textos, reconocer caras e identificar productos, colores y dinero e informa al usuario mediante una descripción auditiva (voz).

(Información obtenida en <https://www.orcam.com>)

Fig. 11. Horus, dispositivo ponible para llevar en la cabeza de ayuda a las personas invidentes creado por la start-up suiza Eyra en 2016. (Información obtenida en <https://www.designboom.com>)

Fig. 12. Sonar Glasses, creadas por el grupo G-Technology Group (EEUU) en 2018.

(Información obtenida en <http://www.g-technologygroup.com>)

Fig. 13. Dispositivo de ayuda BrainPort V100 de visión electrónica oral creado y aprobado por el Organismo para el Control de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) en 2015.

Fig. 14. El diagrama muestra algunos ejemplos de dispositivos ponibles para la muñeca y el brazo creados en los últimos años, así como las tecnologías más utilizadas para captar información del entorno exterior y comunicarla mediante señales sensoriales.

1. Modelos de pantallas táctiles (Universidad de Columbia Británica 2006); 2. Wayband (WearWorks 2015); 3. Sunu Band (Sunu Inc. 2015); 4. VibroTac (German Aerospace Center y Sensodrive Inc. 2011); 5. Project Bee (Tao Lin et al. 2010)

Fig. 15. Wayband, creado por la start-up WearWorks (Brooklyn) en 2017.

Fig. 16. Dispositivo vibrotáctil integrado en el zapato creado por Ramiro Velasquez y su equipo en la Universidad Panamericana (México) en 2010.

Fig. 17. Sinapsi, pequeño y ligero dispositivo ponible para atletas invidentes, fabricado con una banda elástica que permite agarrarlo firmemente con la mano y que está disponible en dos opciones: una negra para personas invidentes congénitamente y una blanca para personas con visión parcial (sensibles a variaciones de luz y, por tanto, capaces de ver un objeto blanco).

Fig. 18. Diagrama de funcionamiento de Sinapsi.

Fig. 19. Generación de imágenes con sofisticados algoritmos (básicamente un algoritmo de reconocimiento de imagen).

Fig. 20. Diagrama que resume la actividad de ecolocalización de los murciélagos.

Fig. 21. App asociada a Sinapsi: permite que los usuarios ajusten el espectro de sonido, que regulen el tipo de ecolocalización, que escuchen las instrucciones, que encuentren el dispositivo, etc.