



Αισθητήρες όλου του κόσμου, ενωθείτε

Στις αρχές του 21ου αιώνα, το διαδίκτυο και οι τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών διευκολύνουν την άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες ξεπερνώντας φραγμούς απόστασης και χρόνου. Σε αυτήν τη νέα εποχή, συστήματα αισθητήρων, από τα γνωστά μας μικρόφωνα ως τις «έξυπνες» κεραιές και από τα μικρο-επιταχυνσιόμετρα και τους βιο-αισθητήρες ως τις κάμερες απεικόνισης αρχίζουν να έχουν σημαντική απήχηση τόσο στη βιομηχανία, όσο και στην καθημερινή μας ζωή. Στο μέλλον, η ενσωμάτωση των έξυπνων αισθητήρων στις τηλεπικοινωνίες και την πληροφορική θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο σε πληθώρα σημαντικών εφαρμογών όπως η παρακολούθηση του περιβάλλοντος, η δημόσια ασφάλεια και διάσωση, ο έλεγχος των υποδομών και των κατασκευών, η ιατρική και η βιολογία.

Το 2020, θα γνωρίζουμε και θα μπορούμε ανά πάσα στιγμή να εντοπίσουμε όλα τα υπάρχοντα μας που κοστίζουν πάνω από μερικά ευρώ. Η κλοπή του αυτοκινήτου μας θα είναι κάτι το ασυνήθιστο, καθώς κάθε τι πολύτιμο που φεύγει από το χώρο μας θα ελέγχεται κατά την έξοδό του και θα «ουρλιάζει» σαν πεινα-

σμένο βρέφος (αν και βέβαια οι φωνές του θα είναι στα 2,4 GHz παρά στο ηχητικό φάσμα).

Το 2020, το σπίτι και το γραφείο θα αντιλαμβάνονται την παρουσία μας, ακόμη και την πορεία μας από δωμάτιο σε δωμάτιο. Ο φωτισμός, η θέρμανση και οι άλλες ανέσεις θα ρυθμίζονται αναλόγως. Εάν ψάχνουμε για ένα δωμάτιο συσκέψεων, θα γνωρίζουμε το κοντινότερο που είναι διαθέσιμο.

Το 2020, ένα ίχνος έξυπνης σκόνης σε κάθε ένα από τα δάκτυλά μας θα διαβιβάζει συνεχώς την κίνηση των άκρων στον υπολογιστή μας, ο οποίος θα καταλαβαίνει όταν δακτυλογραφούμε, δείχνουμε, χειρονομούμε ή παίζουμε κιθάρα στον αέρα.

Το 2020, τα νήπια δεν θα κινδυνεύουν να πνιγούν, χωρίς να στέλνεται ένα μήνυμα συναγερμού στους γονείς τους. Πόσο θα έχει αλλάξει η κοινωνία μας όταν η πίεση των γειτόνων μάς καλεί στο τηλέφωνο για να μας πει ότι ο μικρός πνίγεται και ότι είμαστε ο πλησιέστερος ενήλικας που θα μπορούσε να βοηθήσει;

Το 2020, το αυτοκίνητό μας θα γνωρίζει με ακρίβεια την κίνηση στον αγαπημένο μας δρόμο για το σπίτι, θα μπορεί να μας προτείνει εναλλακτικές, πιο σύντομες διαδρομές, θα μας ενημερώνει για το πόση ώρα θα μας πάρει, και θα πληροφορεί και το/τη σύζυγό μας -αν το επιθυμούμε.

Το 2020, οποιοδήποτε χρήσιμο αντικείμενο θα ενσωματώνει ένα σύνολο αισθητήρων για να μας ενημερώνει για την

κατάστασή του: αν η πίεση του δεξιού λάστιχου είναι χαμηλή, αν η γέφυρα που βρίσκεται μπροστά μας είναι εκτός λειτουργίας, αν το γάλα στο ψυγείο έχει χαλάσει ή αν ο πλιακός μας χρειάζεται άμεσα αντιψυκτικό.

Το 2020, δε θα υπάρχουν απρόβλεπτες ασθένειες. Μοσχεύματα αισθητήρων θα ελέγχουν όλα τα σημαντικά συστήματα στο ανθρώπινο σώμα και θα παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για μια επικείμενη γρίπη ή θα σώζουν τη ζωή μας αναγνωρίζοντας τα πρώτα στάδια του καρκίνου.

Το 2020, μικροσκοπικοί αισθητήρες θα βρίσκονται παντού και θα αισθάνονται ουσιαστικά τα πάντα. Παίρνοντας ενέργεια από δωρεάν πηγές όπως το φως του ήλιου, μικρές δονήσεις, θερμικές εναλλαγές και παρασιτικές ραδιοσυχνότητες, αυτοί οι αισθητήριοι κόκκοι θα είναι αθάνατες, ατάρκειες υπολογιστικές μηχανές με αισθήσεις και αντίληψη και με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας. Όταν εξ ολοκλήρου στερεάς κατάστασης και χωρίς να υπόκεινται στις φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης, θα μπορούν κάλλιστα να επιζήσουν της ανθρώπινης φυλής. Έτσι, χιλιάδες χρόνια μετά, οι απόγονοι των δελφινιών θα τους ψαρεύουν από τον αρκτικό πάγο και θα θαυμάζουν την εκλείψασα τεχνολογία...

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια ανερχόμενη τεχνολογία με στόχο την παρακολούθηση και τον έλεγχο του φυσικού κόσμου χρησιμοποιώντας μια διάταξη ►►

*Ο κ. Παναγιώτης Τσακαλίδης είναι συνεργαζόμενο μέλος ΔΕΠ του Ινστιτούτου Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ) και αναπληρωτής καθηγητής στο Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Κρήτης.

ξη πυκνής κατανομής αισθητήριων κόμβων με δυνατότες τοπικής επεξεργασίας της πληροφορίας και ασύρματης επικοινωνίας. Είναι μια τεχνολογία που θα μπορούσε να αποδειχθεί τόσο σημαντική όσο το διαδίκτυο, γιατί ακριβώς όπως το διαδίκτυο επιτρέπει στους υπολογιστές να ανακαλύψουν την ψηφιακή πληροφορία οπουδήποτε και αν είναι αποθηκευμένη, έτσι και τα δίκτυα αισθητήρων θα επεκτείνουν τη δυνατότητα των ανθρώπων να αλληλεπιδρούν με το φυσικό κόσμο.

Όπως το Internet, αλλά και πολλές άλλες τεχνολογικές εφαρμογές που αναπτύχθηκαν αρχικά για λογαριασμό στρατιωτικών προγραμμάτων και κατέληξαν αρκετά χρόνια αργότερα να έχουν μία ευρύτερη πολιτική χρήση, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων ήταν μια στρατιωτική ιδέα του 2000 για το μελλοντικό πεδίο μάχης. Χρηματοδοτήθηκαν από τον ερευνητικό τομέα του Υπουργείου Αμυνας των ΗΠΑ μέσω προγραμμάτων όπως το SmartDust και το SensIT, σε συνεργασία με κορυφαία αμερικανικά πανεπιστήμια όπως τα Πανεπιστήμια της Καλιφόρνια στο Berkeley και στο Los Angeles. Ως αποτέλεσμα, η πιο πολυδιάστατη σχετική έρευνα πραγματοποιείται επί του παρόντος στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού. Έχοντας αναγνωρίσει τη σπουδαιότητα του τομέα αυτού, το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ-ΙΠ) είναι συντονιστής ενός ευρωπαϊκού έργου, του ASPIRE, που διεξάγει βασική έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη με στόχο την επεξεργασία σήματος και την κατανοήση της δυναμικής των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

Στόχος των ερευνητών είναι η υλοποίηση μικροσυσκευών, το μέγεθος των οποίων δεν θα ξεπερνάει κατά πολύ μία μπαταρία ρολογιού και οι οποίες θα περιέχουν ένα μικροεπεξεργαστή, ελάχιστη ποσότητα μνήμης και αισθητήρες για την παρακολούθηση μεγεθών όπως η τάση, η επιτάχυνση, η θερμοκρασία, η υγρασία, η πίεση, κ.ά. Οι συσκευές θα ενσωματώνουν ένα ραδιοδέκτη αλλά και ειδικό λογισμικό για να λαμβάνουν και να αποστέλλουν μικρές ποσότητες δεδομένων δημιουργώντας αυτόνομα αδόμητα δίκτυα. Μια θεμελιώδης ιδιότητα των δικτύων αισθητήρων είναι η δυναμική τους. Με το χρόνο, οι κόμβοι βγαίνουν εκτός λειτουργίας καθώς τελειώνει η ενέργειά τους, υπερθερμαίνονται στον ήλιο, μεταφέρονται από τον αέρα και τα ρεύματα ή αχρηστεύονται λόγω λαθών στο λογισμικό τους. Ακόμη κι αν η γεωγραφική θέση των κόμβων παραμείνει σταθερή, το ασύρματο κανάλι και συνεπώς η τηλεπικοινωνιακή τοπολογία του δικτύου μπορεί να αλλάξει εντυπωσιακά λόγω της περιβαλλοντικής επίδρασης στη διάδοση των ραδιοκυμάτων. Αυτές οι αλλαγές είναι δύσκολα προβλέψιμες εκ των προτέρων. Αυτό οδηγεί σε μία σημαντική



απαιτήση: τα δίκτυα αισθητήρων πρέπει να προσαρμόζονται από μόνα τους στις αλλαγές του περιβάλλοντος.

Οι εφαρμογές

Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο καθηγητής του UCLA William Kaiser: «Το διαδίκτυο άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο δουλεύουμε με τους υπολογιστές. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων θα αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο ζούμε καθημερινά». Το πεδίο εφαρμογών των σημειωμένων προσπαθειών περιλαμβάνει την παρακολούθηση του φυσικού περιβάλλοντος, το σεισμικό έλεγχο και την επόπτευση των κατασκευών καθώς και τη δημιουργία περιβαλλόντων εικονικής πραγματικότητας.

Έλεγχος τεχνικών κατασκευών: Οι κατασκευές υπόκειται σε μακροπρόθεσμες καταπονήσεις λόγω εκτεταμένης λειτουργικής ζωής, διαβρώσεων, τριβών μεταξύ τους και σεισμικών δυνάμεων. Είναι σημαντικό να επεκτείνουμε την ενεργή ζωή των υποδομών μας μέσω της συλλογής ποιοτικών πληροφοριών για την κατάσταση τους. Οι μηχανικοί θα μπορούν να πραγματοποιούν προληπτικές επισκευές βασιζόμενοι περισσότερο σε μετρήσεις απόδοσης και λιγότερο σε προγραμματι-

σμένες συντηρήσεις. Ποσοτικά στοιχεία θα συμπληρώνουν τους ποιοτικούς οπτικούς ελέγχους που γίνονται σήμερα.

Περιβαλλοντική παρακολούθηση: Στο νησί Great Duck κοντά την ακτή του Maine των ΗΠΑ, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν ένα πρότυπο δίκτυο αισθητήρων για να ελέγχουν τις δυσπρόσιτες φωλιές των θαλάσσιων πουλιών. Αισθητήριοι κόμβοι σε μέγεθος νομίσματος τοποθετούνται στις σπηλιές όπου βρίσκονται οι φωλιές και ελέγχουν συνεχώς μεγέθη όπως η φωτεινότητα, η θερμοκρασία και η βαρομετρική πίεση. Οι μετρήσεις αναμεταδίδονται σε τοπικούς υπολογιστές και κατόπιν, σε πραγματικό χρόνο, στο εργαστήριο για την επεξεργασία και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι βιολόγοι κατ' αυτόν τον τρόπο παίρνουν τις πληροφορίες που θέλουν για την παρατήρηση των πουλιών και την προστασία του βιότοπου, με την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση.

Για μια καλή χρονιά κόκκινου κρασιού: Οι ερευνητές οραματίζονται έναν «έξυπνο αμπελώνα» όπου οι αισθητήρες θα ελέγχουν τις θερμικές ουσίες σε φυτά και έδαφος, θα κρατούν τις αμπελούς απαλλαγμένες από τα παράσιτα, θα εντοπίζουν την υγρασία και θα ειδοποιούν για τις περιοχές που απαιτείται πότισμα. Επίσης, το πρόγραμμα θα λαμβάνει πληροφορίες από εκείνους που φροντίζουν τα αμπέλια, καλλιεργούν το χώμα και μαζεύουν τα σταφύλια καθώς και δεδομένα για τις ανάγκες των ιδιοκτητών των αμπελώνων, των οινοπαραγωγών και των πωλητών κρασιού.

Οι επιπτώσεις

Όπως όλες οι καινοτόμες τεχνολογίες, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μαζί με τις νέες ευκαιρίες που φέρνουν, μπορούν να δημιουργήσουν και σημαντικά προβλήματα στην κοινωνία. Ο έλεγχος μέσω ενός εκτεταμένου δικτύου αισθητήριων καμερών μπορεί π.χ. να παράσχει μεγαλύτερη ασφάλεια, αλλά με κόστος την παρέμβαση στην προσωπική μας ζωή. Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τέτοιων δικτύων ως μέσων ελέγχου για αντικοινωνικές πράξεις, αλλά και ως μέσων παρακολούθησης για το πού βρισκόμαστε και τι κάνουμε ανά πάσα στιγμή.

Μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα δίκτυα αισθητήρων θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε και χρησιμοποιούμε τους δημόσιους χώρους καθώς και στην μορφή που θέλουμε να δώσουμε στα περιβάλλοντα της καθημερινής μας ζωής. Αυτά τα ζητήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με διάλογο και δημόσιο προβληματισμό, αλλά και μέσα από την εκπαίδευση των φοιτητών τόσο σε σχετικά τεχνικά αντικείμενα, όσο και σε θέματα που άπτονται των κοινωνικών επιστημών, της δημοσίας πολιτικής, ακόμα και της φιλοσοφίας της επιστήμης. ▲