

## IMET

## ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

**Ο**ι στρατηγικοί στόχοι εφαρμογής των Συνεργατικών Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών («Cooperative Intelligent Transportation Systems» - C-ITS) έχουν να κάνουν κυρίως με την αύξηση της οδικής ασφάλειας, τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τη μείωση ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Η εξομάλυνση της λειτουργίας του οδικού δικτύου για όλους τους χρήστες της οδού είναι προτεραιότητα προς την επίτευξη αυτών των στόχων και σχετίζεται τόσο με την εύρυθμη και την ασφαλή κυκλοφορία και τη μείωση ατυχημάτων όσο και με την αποτελεσματική διαχείριση και έγκαιρη ενημέρωση για τυχόν σφάλματα επί του οδοστρώματος, που συχνά παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην οδική ασφάλεια όσο και στη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι τυπικές συνεργατικές τεχνολογικές λύσεις παρέχουν συχνά ικανοποιητική στήριξη σε αυτές τις περιπτώσεις, αλλά συνήθως, χάνεται η τοπικότητα της πληροφορίας, ενώ το βασικότερο μειονέκτημά τους είναι το κόστος εφαρμογής τους, το οποίο εξηγεί και την αναλογικά μικρή διείσδυσή των C-ITS συγκριτικά με τα σημαντικά οφέλη τους, η οποία στην Ελλάδα είναι αναπόφευκτα χαμηλότερη. Σε αυτές τις προκλήσεις, θα πρέπει να προσθέσει κανείς και τα ενυπάρχοντα προβλήματα διαλειτουργικότητας.

Η λύση που παρουσιάζεται στο παρόν άρθρο αφορά στη χρήση συνεργατικών τεχνολογιών που θα καταστήσει τις οδικές υποδομές έξυπνες και βιώσιμες με ένα ρηθικέλευθο τρόπο. Υλοποιείται στο ερευνητικό έργο ΟΔΟΣ 2020 και αφορά στο ένα της μέρος σε εγκατάσταση μιας σειράς διατάξεων επί της οδού, χωρίς ουσιαστικές και δαπανηρές παρεμβάσεις στο οδόστρωμα, και ενσωματώνει ένα δίκτυο μικρο-αισθητήρων, οι οποίοι συλλέγουν στατικές αλλά και δυναμικές πληροφορίες που αφορούν στην κυκλοφορία αλλά και στο περιβάλλον και οι οποίες παρουσιάζονται σε πραγματικό χρόνο σε τερματικές συσκευές (έξυπνα τηλέφωνα, ταμπλέτες ενσωματωμένες ή μη, κλπ.) των οδηγών με τη μορφή έξυπνων εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας που δίνουν τις ανάλογες αναγγελίες/πληροφόρηση, προειδοποιήσεις και συστάσεις στους οδηγούς αλλά και στους χειριστές της υποδομής προάγοντας ταυτόχρονα την οδική ασφάλεια, την αποδοτικότητα των μεταφορών, αλλά και τον έγκαιρο εντοπισμό σφαλμάτων στην υποδομή. Απευθύνεται σε όλους τους τύπους οχημάτων (επιβατικά, φορτηγά, μοτοσικλέτες), απαιτώντας ελάχιστο εξοπλισμό από μέρους τους. Οι εφαρμογές υπό ανάπτυξη και αξιολόγηση είναι ονομαστικά μία εφαρμογή οδικής ασφάλειας για την υποστήριξη οδηγού, μία εφαρμογή για την παρακολούθηση φθοράς οδοστρώματος και πρόγνωσης των αναγκών συντήρησης οδοστρώματος για Κέντρα Διαχείρισης Κυκλοφορίας (ΚΔΚ), Προσωποποιημένες Εικονικές Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων για πληροφόρηση οδηγών και εφαρμογή Εικονικών Διοδίων – οι δύο τελευταίες προς αντικατάσταση της υπάρχουσας υποδομής και εφαρμογών. Η καινοτομία της ολοκληρωμένης συνεργατικής λύσης βρίσκεται στο γεγονός ότι θα επιτρέπει την επικοινωνία κρίσιμης (από άποψη οδικής ασφάλειας) πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο από το



Σχήμα 2.  
Ενθυλακωμένη διάταξη επικολλημένη επί του οδοστρώματος.

οδοστρώμα σε όλους τους τύπους οχημάτων και στα ΚΔΚ καθώς και την έγκαιρη παρακολούθηση φθοράς και συντήρησής του οδοστρώματος, μειώνοντας παράλληλα το αντίστοιχο κόστος συντήρησης αλλά και αναβάθμισης της υποδομής.

### Η Τεχνολογική Λύση του ΟΔΟΣ2020

Στόχος της Διάταξης Οδοστρώματος η οποία τοποθετείται σε κρίσιμα σημεία της υποδομής (διαβάσεις πεζών, ευπαθή σημεία, κλπ.) είναι η συλλογή και η αποστολή διαμέσου της τεχνολογίας μεγάλου εύρους (LoRa) χρήσιμων πληροφοριών στη βοηθητική πύλη επικοινωνίας (διαμεσολαβητής) που τοποθετείται παρά την οδό (Εικόνα 1). Η διάταξη του διαμεσολαβητή εκτός της επικοινωνίας με την διάταξη οδοστρώματος, επικοινωνεί ασύρματα διαμέσου του πρωτοκόλλου IEEE-802.11p (ITS-G5) με τα C-ITS εξοπλισμένα οχήματα αλλά και διαμέσου του δικτύου κινητής τηλεφωνίας (LTE) και ενός διακομιστή νέφους (MQTT-BROKER) με τα μη εξοπλισμένα οχήματα και τα ΚΔΚ αντίστοιχα. Τα εξοπλισμένα οχήματα υλοποιούν τα τυποποιημένα ETSI (European Telecommunications Standards Institute) πρωτόκολλα για την επίτευξη C-ITS G5 επικοινωνιών, διαμέσου της εγκατεστημένης επί του οχήματος μονάδας (On Board Unit - OBU), η οποία συνδέεται μέσω CAN bus με τα λειτουργικά συστήματα του αυτοκινήτου αντλώντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, διαθέτει GNSS σύστημα υπολογισμού γεωγραφικής θέσης και επικοινωνεί με ανάλογη μονάδα εγκατεστημένη στην υποδομή του δρόμου ή και σε άλλα οχήματα. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα διακινούμενα

μηνύματα αλλά και από τα συστήματα του αυτοκινήτου τροφοδοτούν τις εφαρμογές υποστήριξης του οδηγού που επίσης είναι εγκατεστημένες στην OBU. Τα μη εξοπλισμένα οχήματα δε διαθέτουν OBU και η σύνδεση τους με την υποδομή και τα συστήματα του ΟΔΟΣ2020 πραγματοποιείται με ειδική εφαρμογή εγκατεστημένη σε έξυπνο κινητό τηλέφωνο και με χρήση LTE τηλεπικοινωνιακού καναλιού. Στην περίπτωση αυτή οι εφαρμογές εκτελούνται απομακρυσμένα και οι πληροφορίες αποστέλλονται στο όχημα μέσω διακομιστή νέφους. Τα διερχόμενα οχήματα (εξοπλισμένα και μη) εκπέμπουν την ταυτότητα τους μέσω BLE-beacons ώστε να καταστεί δυνατή η ταυτοποίηση τους από το σύστημα. Επιπρόσθετα στην διάταξη του διαμεσολαβητή διασυνδέεται μέσω σειριακής διεπαφής ο αισθητήρας καιρικών συνθηκών (MiniPWS), ο οποίος παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ομίχλης, βροχής χιονιού όπως επίσης και το επίπεδο φωτεινότητας.

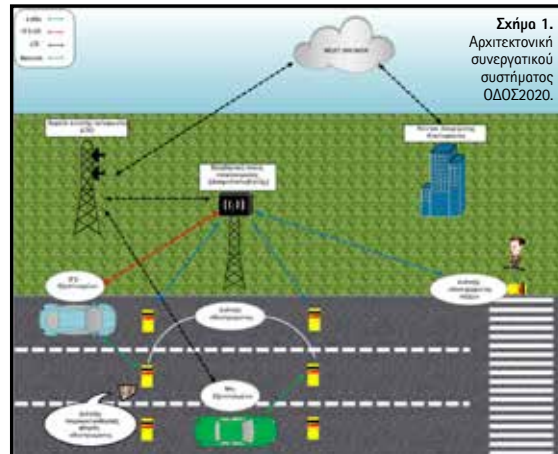
Η Διάταξη Οδοστρώματος εμπεριέχει τα αισθητήρια (αισθητήρες – σειριακά μαγνητόμετρα MLX90393, αναλογικά ηλεκτροεπιμηκυνσίμετρα

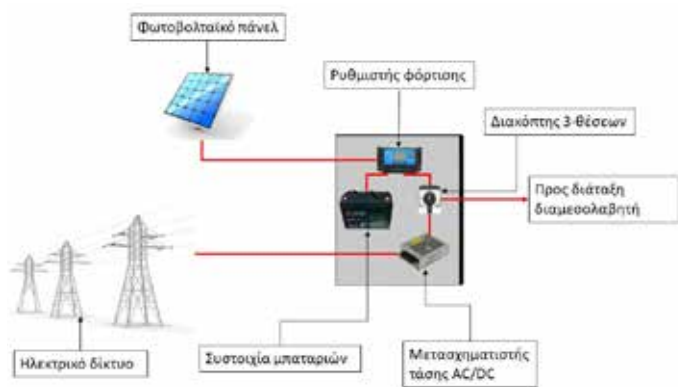
KYOWA L5M3R), τα ηλεκτρονικά ελέγχου και ισχύος, τη μονάδα επικοινωνιών LoRa (SX1276) και τη μονάδα επικοινωνιών BLE 5.0, μέσω της οποίας, κάθε φορά που πλησιάζει ένα όχημα, ανιχνεύει τον εκπομπό του και το ταυτοποιεί όταν περάσει επάνω από αυτήν. Διαμέσου της ασύρματης

επικοινωνίας αποστέλλονται αυτόματα στο Διαμεσολαβητή οι πληροφορίες της ταυτότητας, της ταχύτητας, της λωρίδας και της διεύθυνσης του κάθε διερχόμενου οχήματος, ενώ, ταυτόχρονα, συλλέγονται και αξιοποιούνται δεδομένα της κατάστασης του οδοστρώματος που αποστέλλονται στον Διαμεσολαβητή ανά χρονικό διάστημα μερών ή εβδομάδας.

Η διάταξη των αισθητήρων που τοποθετείται στο οδόστρωμα είναι ενθυλακωμένη σε ρητίνη και υαλονήματα που διασφαλίζουν την προστασία των αισθητήρων και των κυκλωμάτων από τα μηχανικά φορτία των οχημάτων, την

υγρασία και την προστασία από διαλύτες όπως καύσιμα (Εικόνα 2). Το ύψος (3 χιλιοστά) και η ευκαμψία της ενθυλάκωσης είναι τέτοια ώστε η Διάταξη να επικολλάται επί του οδοστρώματος χωρίς να δημιουργεί εμπόδια ή κινδύνους για την κυκλοφορία των οχημάτων. Η κάθε λωρίδα





Σχήμα 3.  
Σύστημα διαχείρισης ενέργειας διαμεσολαβητή.

κυκλοφορίας εξοπλίζεται εγκάρσια με 8 ενθυλακωμένες διατάξεις 80 χιλιοστών σε πλάτος (στη φορά της κίνησης των οχημάτων) με την άλλη διάσταση (μήκος) να είναι πλήρως παραμετροποιήσιμη αναφορικά με το εκάστοτε πλάτος της λωρίδας. Η διάταξη θα επαλειφθεί με εποξειδική ρητίνη, η οποία χαρακτηρίζεται από την μη-παρεμβατική της φύσης στο οδόστρωμα αλλά και την αντοχή της στις υψηλές όσο και χαμηλές θερμοκρασίες, και συνεπώς στις συνεχείς συστολές και διαστολές της ασφάλτου.

Η ενεργειακή διαχείριση του συστήματος έχει ως στόχο την τροφοδοσία της Διάταξης Οδοστρώματος όπως επίσης και την διάταξη του διαμεσολαβητή. Η Διάταξη Οδοστρώματος εμφανίζει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις ( $\approx 120 \text{ mA}$ ) και, επομένως, η τροφοδοσία της επιτυγχάνεται από επαναφορτιζόμενες συστοιχίες μπαταριών (power banks). Οι ενεργειακές απαιτήσεις του Διαμεσολαβητή είναι πολύ μεγαλύτερες ( $\approx 15 \text{ Watt}$ ) και καλύπτονται διαμέσου ενός συστήματος που κάνει χρήση φωτοβολταϊκών διατάξεων για τη συγκομιδή ηλιακής ενέργειας και αποθήκευσης αυτής σε κατάλληλες συστοιχίες μπαταριών (Εικόνα 3). Το σύστημα στοχεύει να είναι ενεργειακά όσο το δυνατόν ανεξάρτητο από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, χωρίς να αποκλείει και τροφοδοσία διαμέσου και αυτού.

### Αξιολόγηση σε Πραγματικό Περιβάλλον και Επιχειρηματική Αξιοποίηση Αποτελεσμάτων

Η συνεργατική λύση θα αξιολογηθεί σε πραγματικές συνθήκες σε αποκομμένο από την κυκλοφορία τμήμα του αυτοκινητόδρομου της Αττικής Οδού, σε δύο φάσεις πιλοτικών δοκιμών, πάνω σε συγκεκριμένα σενάρια που θα συνδυάζουν διαφορετικές (και ενδεχομένως) κρίσιμες κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Η ολοκληρωμένη λύση θα αξιολογηθεί ως προς την απόδοση και αξιοπιστία της, αλλά και ως προς την αποδοχή και χρησιμότητα της από μέρους των χρηστών. Δύο πειραματικά οχήματα του Ινστιτούτου Μεταφορών (ένα επιβατικό τετράτροχο και ένα επιβατικό δίτροχο) θα εξοπλιστούν για να λειτουργήσουν στο συνεργατικό περιβάλλον. Στην αξιολόγηση, η οποία αναμένεται ολοκληρωθεί μέχρι την άνοιξη του 2022, θα συμμετέχουν τόσο οδηγοί όσο και χειριστές από το ΚΔΚ της Αττικής Οδού. Τα αποτελέσματα θα τροφοδοτήσουν την επικείμενη επίδραση στην οδική ασφάλεια, την ευρυθμία της κυκλοφορίας αλλά και το περιβάλλον, ενώ σε παραλληλία με την ανάλυση της αγοράς θα οδηγήσουν στην κατάρτιση των αντιστοίχων τελικών επιχειρηματικών μοντέλων που θα επιτρέψουν την εμπορική αξιοποίηση της τεχνολογικής λύσης.

ΟΔΟΣ  
2020

### Disclaimer

Η εργασία που περιγράφεται σε αυτό το άρθρο εκπονείται στο πλαίσιο του έργου ΟΔΟΣ 2020 (<https://odos2020.iti.gr/>), το οποίο έχει συγχρηματοδοτηθεί από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και από Ελληνικά κεφάλαια διαμέσου του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ (Κωδικός Έργου: T1EDK-03081). ■

### Το άρθρο συνέγραψαν οι:

- Ευάγγελος Μπεκιάρης, Ινστιτούτο Μεταφορών (IMET), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Διευθυντής Ινστιτούτου, abek@certh.gr
- Μαρία Γκέμου, Ινστιτούτο Μεταφορών (IMET), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ερευνητρια Β, mgemu@certh.gr
- Διονύσιος Κεχαγιός, Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΙΠΤΗΛ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ερευνητής Β, diok@iti.gr
- Βασίλης Κωστόπουλος, Εργαστήριο Τεχνικής Μηχανικής και Ταλαντώσεων, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, kostoroulos@upatras.gr
- Ιωάννης Γκραγκόπουλος, Ινστιτούτο Μεταφορών (IMET), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, PhD, igagor@certh.gr
- Ιωάννης Τσέτσινας, Ινστιτούτο Μεταφορών (IMET), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, itsetsinas@certh.gr
- Μιχάλης Γκόγκας, Ινστιτούτο Μεταφορών (IMET), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Πολιτικός Μηχανικός και Συγκοινωνιολόγος (MSc), michalisgogas@gmail.com
- Πάυλος Μαρούκλας, Διευθύνων Σύμβουλος, Top Vision ΕΠΕ, Σχεδιασμός και Κατασκευή Ηλεκτρονικών Συστημάτων Έξυπνων Πόλεων, p.marouklas@topvision.gr
- Ηλίας Σεδίκος, ΠΡΙΣΜΑ Ηλεκτρονικά ΑΒΕΕ, Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός (MSc), e.sedikos@prismael.com
- Χρήστος Σπανδωνίδης, ΠΡΙΣΜΑ Ηλεκτρονικά ΑΒΕΕ, Διευθύνων Τμήματος Έρευνας και Ανάπτυξης, Μηχανικός Ηλεκτρονικών και Τηλεπικοινωνιών (PhD), c.spondonidis@prismael.com
- Κωνσταντίνος Σακάτης, ΠΡΙΣΜΑ Ηλεκτρονικά ΑΒΕΕ, Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός (MSc), kostas.sakatis@prismael.com
- Ναταλία Κόλφα, Διεύθυνση Στρατηγικής και Οργάνωσης, Αττικές Διαδρομές, Προϊσταμένη Διοικητικής Πληροφόρησης, nkalfa@attikesdiadromes.gr
- Χρήστος Κιδικιούδης, Διεύθυνση Στρατηγικής και Οργάνωσης, Αττικές Διαδρομές, Μηχανικός Διοικητικής Πληροφόρησης, ckidikou@attikesdiadromes.gr
- Γιώργος Σωτηριάδης, Εργαστήριο Τεχνικής Μηχανικής και Ταλαντώσεων, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, sotiriad@upatras.gr
- Θανάσης Κοτζακόλιος, Εργαστήριο Τεχνικής Μηχανικής και Ταλαντώσεων, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, kotzakol@upatras.gr
- Παναγιώτης Γκέκας, Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΙΠΤΗΛ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, pangks@iti.gr
- Χρήστος Σουλγές, Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΙΠΤΗΛ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Μηχανικός Ενσωματωμένων Συστημάτων (MSc), chris.soulgles@iti.gr
- Σταύρος Λουνής, Εργαστήριο Ηλεκτρονικού Εμπορίου και Ηλεκτρονικού Επιχειρείν, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ερευνητής, Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών, slounis@aub.gr