



## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ V2V/V2I ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ «ΕΞΕΧΩΝ»

Δημήτρης Μανδαλώζης <sup>1</sup>,  
Ναταλία Κάλφα <sup>2</sup>,  
Παντελής Κοπελιάς <sup>3</sup>,  
Ελένη-Αικατερίνη Λελίγκου <sup>4</sup>,  
Ιωάννης Παπαευσταθίου <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Αττικές Διαδρομές ΑΕ  
Email: [dmandalo@attikesdiadromes.gr](mailto:dmandalo@attikesdiadromes.gr)

<sup>2</sup> Αττικές Διαδρομές ΑΕ  
Email: [nkalfa@attikesdiadromes.gr](mailto:nkalfa@attikesdiadromes.gr)

<sup>3</sup> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Email: [kopelias@uth.gr](mailto:kopelias@uth.gr)

<sup>4</sup> ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας  
Email: [leligou@teihal.gr](mailto:leligou@teihal.gr)

<sup>5</sup> ΙΤΣ Κρήτης  
Email: [ygp@ece.tuc.gr](mailto:ygp@ece.tuc.gr)

### Περίληψη

Η εργασία αφορά τη δημιουργία μιας πλατφόρμας επικοινωνίας οχήματος και υποδομής που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ΕΞΕΧΩΝ (Εξυπνο Σύστημα Επικοινωνίας Οχημάτων για βελτιωμένη ασφάλεια και αποδοτικότητα σε αστικά δίκτυα και αυτοκινητοδρόμους), που ως στόχο είχε τη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας μέσω της έγκαιρης ενημέρωσης των οδηγών για την κατάσταση του οδοστρώματος στο επερχόμενο τμήμα του δρόμου, καθώς και για τις πιθανές προθέσεις των προπορευόμενων οδηγών.

Η πλατφόρμα υλοποιήθηκε με βάση την ανάγκη εύκολης και άμεσης επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχήματος και ενός σταθερού σημείου/βάσης, με στόχο την αποτελεσματική πληροφόρηση για τις συνθήκες κυκλοφορίας, προκειμένου να γίνει δυνατή η αποφυγή πιθανού τροχαίου ατυχήματος. Το σύστημα βασίζεται στην ανάπτυξη ενός συστήματος αισθητήρων εγκατεστημένων πάνω στα οχήματα και στο οδικό δίκτυο και ενός ασύρματου δικτύου μεταξύ γειτονικών οχημάτων και σταθερών σταθμών βάσης για την ανταλλαγή πληροφοριών, μέσω του λογισμικού που αναπτύχθηκε.

**Λέξεις κλειδιά:** οδική ασφάλεια, ανίχνευση συμβάντος, επικοινωνία V2V και V2I

### Abstract

This paper presents a communication platform between vehicle and infrastructure developed in the framework of the research project (EXECHON: Intelligent Vehicle Communication System for improved safety and efficiency in urban networks and motorways). This platform has as aim the enhancement of the level of road safety by informing promptly the drivers regarding the condition of the upcoming road surface and for the intentions of other drivers.

The platform is focusing on the need for easy and direct communication between vehicles and between vehicle and a fixed point / base for the effective information of traffic conditions in order to reduce the possibility of the

occurrence of a traffic accident. The platform has created a system informing the user about the conditions of the road surface in the upcoming section of the road, and on the possible intentions of the other drivers.

**Keywords:** *road safety, detection of incident, communication, V2V, V2I*

## 1. Εισαγωγή

Ένα μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων στους δρόμους οφείλεται στην κατάσταση του οδοστρώματος (π.χ. κακοτεχνίες), στην ολισθηρότητά του (π.χ. λόγω βροχής και πάγου), σε ξαφνικά προβλήματα που προκύπτουν στο δρόμο (όπως ατυχήματα ή κατολισθήσεις,) στην ύπαρξη διαφόρων υλικών ή υπολειμμάτων από τεχνικά έργα που μπορούν να μειώσουν την πρόσφυση ενός οχήματος στο δρόμο, καθώς και σε απροσεξία των οδηγών. Ο οδηγός απαιτείται να προσεγγίσει τέτοιου είδους σημεία με ιδιαίτερη προσοχή και μειωμένη ταχύτητα. Οι προειδοποιητικές σημάνσεις που είναι τοποθετημένες κατά μήκος του δικτύου, ενημερώνουν μονάχα για τις στατικές ιδιότητες του οδικού τμήματος που ακολουθεί, όπως επικείμενη επικίνδυνη στροφή, κατωφέρεια, προσέγγιση σε σήραγγα κτλ. Συχνά παρατηρείται το φαινόμενο οι οδηγοί να αγνοούν τις ειδικές αυτές προειδοποιητικές σημάνσεις καθώς η σχετική πληροφόρηση τυπικά προέρχεται από μόνιμα εγκατεστημένες πινακίδες που δεν είναι εύκολο να ανανεώνονται συνεχώς και για τούτο καθίστανται αναξιόπιστες.

Η ενημέρωση των οδηγών σχετικά με τη δυναμική κατάσταση του οδικού δικτύου είναι ένα πιο σύνθετο πρόβλημα το οποίο δε μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη μέθοδο των στατικών σημάνσεων. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται όλο και πιο συχνά χρήση Γιγαντοοθονών Μεταβλητών Μηνυμάτων, με πολύ μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, και περιορισμένη χρήση αφού η πληροφορία διαχέεται μόνο σε συγκεκριμένα σημεία και είναι γενικού περιεχομένου. Η έγκαιρη και σαφής ενημέρωση των οδηγών σχετικά με την κατάσταση του οδικού δικτύου μπορεί να ελαττώσει δραματικά τον αριθμό των ατυχημάτων. Ένα δυναμικό σημείο ενδιαφέροντος μπορεί να εμφανιστεί οπουδήποτε στο δίκτυο και να πρέπει να μεταφερθεί σαν πληροφορία σε ένα σύνολο οδηγών για τους οποίους η πληροφορία θα μπορούσε να είναι άξια προσοχής. Η δυνατότητα αναγνώρισης όλων των πιθανών στοιχείων ενδιαφέροντος των οδηγών είναι σίγουρα αδύνατη με τα σημερινά μέσα.

Επιπλέον, είναι συχνό φαινόμενο ένας οδηγός να μην ενημερώνεται για τις προθέσεις ή την κατάσταση ενός προπορευόμενου οχήματος (π.χ. πρόθεση αλλαγής λωρίδας, κτλ), λόγω του ότι ο οδηγός του προπορευόμενου οχήματος αμελεί και δεν ενεργοποιεί τις αντίστοιχες φωτεινές ενδείξεις (φλας). Για αυτό το λόγο, δεν μπορεί να προετοιμαστεί έγκαιρα για μια ενδεχομένως δύσκολη κατάσταση, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε αυτοκινητόδρομους ή δρόμους υψηλής ταχύτητας κυκλοφορίας, όπου τα χρονικά περιθώρια αντίδρασης είναι περιορισμένα. Επίσης, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το ενδεχόμενο ο οδηγός του οχήματος που ακολουθεί να μην είναι αρκετά συγκεντρωμένος και να μην αντιδράσει εγκαίρως στις αλλαγές του προπορευόμενου οδηγού. Άρα, η ανάγκη έγκαιρης ειδοποίησης είναι καίρια.

Η ενσωμάτωση ηλεκτρονικών υποβοηθημάτων όπως το ABS (σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών), το ESP (σύστημα ευστάθειας) και άλλα, μπορεί να βοηθήσει ως ένα βαθμό στην αντιμετώπιση μιας δύσκολης κατάστασης, αλλά τα όρια των συστημάτων αυτών είναι πεπερασμένα και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να έχουν την αποτελεσματικότητα της προσέγγισης ενός επικίνδυνου σημείου με τον κατάλληλο τρόπο και τη σωστή ταχύτητα εκ μέρους του οδηγού. Το πρόβλημα είναι εντονότερο σε αυτοκινητόδρομους ή σε δρόμους υψηλής ταχύτητας κυκλοφορίας, όπου οι ταχύτητες κίνησης των οχημάτων είναι αυξημένες

και άρα τα χρονικά περιθώρια αντίδρασης μικρότερα. Αν στις παραπάνω περιπτώσεις, τα σύγχρονα ηλεκτρονικά υποβοηθήματα των αυτοκινήτων μπορούν να συνεισφέρουν ως ένα βαθμό στην αποφυγή ενός ατυχήματος, υπάρχουν και άλλες καταστάσεις στις οποίες η έλλειψη έγκαιρης πληροφόρησης είναι αναντικατάστατη. Η αλλαγή λωρίδας σε ένα δρόμο με πολλαπλές λωρίδες ή δρόμο διπλής κατεύθυνσης δημιουργεί κινδύνους τόσο για το όχημα που επιθυμεί να αλλάξει λωρίδα όσο και για τα επερχόμενα οχήματα, ιδιαίτερα όταν οι ταχύτητες κίνησης είναι μεγάλες. Από την άλλη, ένα απότομο φρενάρισμα από κάποιο όχημα μπορεί να αποτελέσει την αιτία ατυχήματος, καθώς τα οχήματα που ακολουθούν δεν έχουν τη δυνατότητα να πληροφορηθούν το ρυθμό επιβράδυνσης του προπορευόμενου οχήματος από τα σχετικά φώτα του, ενώ ακόμα χειρότερα, μπορεί να μην έχουν καν οπτική επαφή με αυτά και άρα καμία πληροφόρηση για το γεγονός.

Μία προσέγγιση όμως η οποία προσφέρει μεγάλο ποσοστό κάλυψης του χώρου, είναι η χρήση των ίδιων των μέσων μεταφοράς που χρησιμοποιούν το δίκτυο, ως ανιχνευτών, ως φορέων και ως αναμεταδοτών για τις δυναμικές πληροφορίες του δικτύου. Αυτή η προσέγγιση, αν και υποσχόμενη, απαιτεί τη συνεργασία των οχημάτων μεταξύ τους και μεταξύ οχημάτων και σταθερών κόμβων οι οποίοι είναι ενημερωμένοι με χαρακτηριστικά του τμήματος του δικτύου που ακολουθεί. Η επιτυχής ενσωμάτωση της όμως, στην οδηγική συμπεριφορά των οδηγών, θα αυξήσει την ασφάλεια των μεταφορών, προσφέροντας λύσεις σε σενάρια τα οποία με τα σημερινά μέσα οδηγούσαν πολύ συχνά σε δυστυχήματα. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα είναι το απότομο φρενάρισμα ενός οχήματος στον αυτοκινητόδρομο μετά από στροφή που αποκόπτει την οπτική επαφή των οδηγών που ακολουθούν με τα προειδοποιητικά φώτα πέδησης. Με τα σημερινά μέσα, τα επικείμενα αυτοκίνητα, θα έπρεπε να κάνουν κάποιο επικίνδυνο ελιγμό για να αποφύγουν τη σύγκρουση, του οποίου η αποτελεσματικότητα θα ήταν μειωμένη λόγω της υψηλής ταχύτητας. Όμως, σε ένα δίκτυο όπου τα ίδια τα αυτοκίνητα είναι φορείς και αναμεταδότες της πληροφορίας, το ίδιο το αυτοκίνητο που καταφεύγει σε απότομη πέδηση, ενημερώνει τα αυτοκίνητα που ακολουθούν, τα οποία πλέον εισέρχονται στη στροφή με μειωμένη ταχύτητα και ενήμερα για την απότομη πέδηση που προηγήθηκε.

## **2. Το Ερευνητικό «ΕΞΕΧΩΝ»**

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη, στα πλαίσια του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου αναφοράς – ΕΣΠΑ 2007-2013/Δράση Εθνικής Εμβέλειας «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ», πραγματοποιήθηκε το ερευνητικό έργο ΕΞΕΧΩΝ (Εξυπνο σύστημα Επικοινωνίας οΧημάτων για βελτιωμένη ασφάλεια και αποδοτικότητα σε αστικά δίκτυα και αυτοκινητοδρόμους -Κωδικός Έργου : 09ΣΥΝ-52-741). Ένας από τους σκοπούς του έργου ΕΞΕΧΩΝ είναι να αναπτύξει μια πλατφόρμα που θα επιτρέψει την αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και σταθερών έξυπνων σημείων ενδιαφέροντος, καθώς και τη μελέτη σεναρίων τα οποία μπορούν να εξυπηρετηθούν από τη συγκεκριμένη πλατφόρμα.

Μέσα στα πλαίσια του προγράμματος αναπτύχθηκε ένα αυτόματο σύστημα πληροφόρησης του οδηγού για τα πιθανά επερχόμενα εμπόδια, ή σημεία προσοχής, καθώς και για τις πιθανές προθέσεις των προπορευόμενων οδηγών. Το σύστημα είναι βασισμένο σε αισθητήρες που μπορούν πολύ εύκολα να εγκατασταθούν πάνω στα οχήματα, καθώς και σε ένα δίκτυο που δημιουργείται δυναμικά μεταξύ των γειτονικών οχημάτων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες σε σταθερά σημεία στους δρόμους που μετέδιδαν ασύρματα πληροφορίες στα διερχόμενα οχήματα σχετικές με τα χαρακτηριστικά του δρόμου που προσεγγίζουν (π.χ. χαρακτηριστικά και κατάσταση του οδοστρώματος, γεωμετρία του δρόμου, κτλ).

Στα πλαίσια του έργου ΕΞΕΧΩΝ αναπτύχθηκε αρχικά μια πλατφόρμα ασύρματης επικοινωνίας κατάλληλη για κινητούς κόμβους-οχήματα. Η πλατφόρμα αυτή περιλαμβάνει αισθητήρες για τη μέτρηση της ταχύτητας, αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, καθώς και την υποδομή για την αποτελεσματική διασύνδεση με το υπάρχων δίκτυο αισθητήρων του οχήματος. Για την ακρίβεια, κάθε αυτοκίνητο φέρει μία ειδική ενσωματωμένη συσκευή, ανεξάρτητη από τον τύπο αυτοκινήτου, η οποία έχει και δυνατότητες δικτύωσης. Η συσκευή αυτή είναι μια εξελιγμένη μορφή της συσκευής που ήδη έχουν αρκετές χιλιάδες οχήματα για αυτόματα πληρωμή των διοδίων. Επίσης, η πλατφόρμα είναι σε θέση να δημιουργεί δυναμικά (Ad-hoc) δίκτυα μεταξύ γειτονικών οχημάτων για την ανταλλαγή και τη μετάδοση μηνυμάτων ενδιαφέροντος, καθώς και μεταξύ οχημάτων και σταθερών σημείων στο οδικό δίκτυο σε επιλεγμένα σημεία (π.χ. σταθμοί διοδίων, έξοδοι κλπ), που στέλνουν πληροφορίες τοπικού ενδιαφέροντος, όπως επικείμενη απότομη στρόφη ή επικείμενο ολισθηρό οδόστρωμα. Ένας μεγάλος αριθμός από εφαρμογές που βελτιώνουν την ασφάλεια των μετακινήσεων μπορεί να υλοποιηθεί πάνω σε αυτή τη δικτυακή πλατφόρμα.

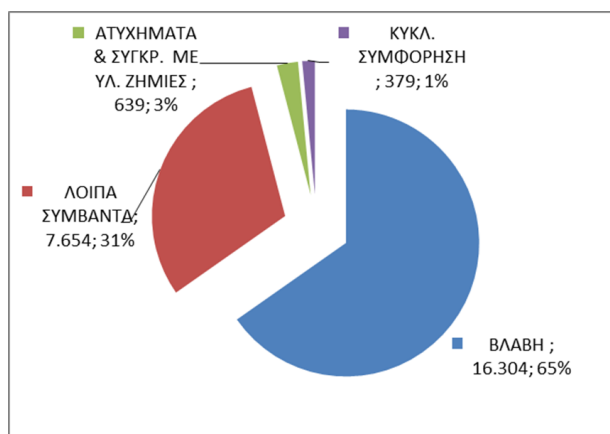
Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου υιοθετεί την δικτυακή αρχιτεκτονική που ακολούθησαν και άλλα ερευνητικά έργα όπως SAFESPOT και COOPERS (βλέπε αναφορές 10 και 11). Η ουσιαστική διαφορά και καινοτομία του ΕΞΕΧΩΝ έγκειται στο γεγονός ότι η καρδιά τόσο του κόμβου που εγκαθίσταται στους κινητούς κόμβους όσο και στους κόμβους που τοποθετούνται στην υποδομή αποτελείται από τη συσκευή NEC Linkbird η οποία υλοποιεί τα πρωτόκολλα IEEE 802.11p και GeoNetworking όπως προτυποποιήθηκε από τον οργανισμό ETSI. Ο στόχος μας ήταν να αποδειχθεί η εφικτότητα και να εκτιμηθεί η αποδοτικότητα ενός συνόλου εφαρμογών που αφορούν τόσο τον αστικό κύκλο και την αλληλεπίδραση οχημάτων με σηματοδότες όσο και τον αυτοκινητόδρομο.

### ***3. Επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και υποδομής σε αυτοκινητόδρομους***

Ένας αυτοκινητόδρομος σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και λειτουργεί με στόχο την παροχή άνετων, ασφαλών και αξιόπιστων μετακινήσεων στους οδηγούς που το χρησιμοποιούν. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων αυτών, η οδηγική συμπεριφορά αποτελεί τον κύριο παράγοντα μεταβολής του οδηγικού περιβάλλοντος και, συνδυαζόμενη με την κατάσταση του οχήματος και με την μεταβολή των καιρικών συνθηκών, μπορεί να οδηγήσει σε συμβάντα μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Σε κάθε μετακίνηση, ανεξάρτητα από την κατάσταση της οδικής υποδομής, πάντα εμπεριέχεται ο κίνδυνος για τον κάθε οδηγό να εμπλακεί σε ατύχημα ή να υποστεί μεγάλες καθυστερήσεις, λόγω συμβάντων που προκύπτουν είτε από κακό χειρισμό ή ξαφνική βλάβη οχήματος, είτε λόγω των καιρικών συνθηκών κλπ.

Έτσι, για να γίνονται οι μετακινήσεις με τρόπο ασφαλή και χωρίς καθυστερήσεις, (καθώς η κυκλοφοριακή συμφόρηση από μόνη της μπορεί να τροφοδοτήσει περαιτέρω συμβάντα), η ενημέρωση των οδηγών σχετικά με τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες στο δρόμο και η παροχή συμβουλών και οδηγιών σχετικά με τον τρόπο οδήγησης είναι απαραίτητες.

Στην Αττική Οδό, για παράδειγμα, το 2013 κατεγράφησαν 24.976 συμβάντα, από βλάβες οχημάτων και ακινητοποίησή τους, μέχρι συγκρούσεις με υλικές ζημιές ή και θύματα, τα οποία και παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω:



**Σχήμα 1:** Βασικές Κατηγορίες Συμβάντων στην Αττική Οδό, 2013

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, κάποια από αυτά τα συμβάντα μπορεί να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις και κάποια από αυτά σε συγκρούσεις μεταξύ οχημάτων ή ακόμη και σε ατυχήματα/δυστυχήματα. Στόχος είναι η ενίσχυση της οδικής ασφάλειας και η προστασία του οδηγού από λάθη. Η ενημέρωση των οδηγών που κινούνται σε έναν αυτοκινητόδρομο συνήθως γίνεται μέσω σταθερών οθονών μεταβλητών μηνυμάτων, μια διαδικασία χρήσιμη, αλλά όχι μοναδική. Άλλωστε, όσες οθόνες μεταβλητών μηνυμάτων και να διαθέτει ένας αυτοκινητόδρομος, ποτέ δεν είναι αρκετές ώστε να παρέχουν σε κάθε οδηγό την κατάλληλη ενημέρωση εγκαίρως. Έτσι, η ανάγκη για πιο άμεση (τόσο χρονικά όσο και τοπικά) ενημέρωση σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στον δρόμο ή σχετικά με τις καιρικές συνθήκες, κατευθείαν στον οδηγό μέσω ενός συστήματος που θα επικοινωνεί με τα γύρω οχήματα και θα λαμβάνει και σημαντικές πληροφορίες από την υποδομή είναι αναγκαία.

Αν λάβουμε υπόψη ότι ένα όχημα που κινείται με 120χλμ/ώρα, διανύει περίπου 33 μέτρα/δευτερόλεπτο, για να αντιδράσει ο οδηγός σε κάτι που θα δει μπροστά του, θα χρειαστεί περίπου 100μ για να ακινητοποιήσει το όχημά του. Έτσι, το να προλαβαίνει να ενημερώνεται ο οδηγός σχετικά με το τι πρόκειται να συναντήσει μπροστά του τουλάχιστον 250 μέτρα πριν το συναντήσει, θα αποτελούσε πολύ σημαντική βοήθεια και θα του έδινε περισσότερο χρόνο αντίδρασης (περίπου 7 δευτερόλεπτα), ώστε να αποφευχθεί ένα νέο συμβάν. Σε μικρότερες ταχύτητες, το να ειδοποιηθεί ο οδηγός 250 μέτρα πριν συναντήσει το συμβάν σημαίνει ότι θα έχει ακόμη περισσότερο χρόνο στη διάθεσή του να επεξεργαστεί την πληροφορία και να αντιδράσει. Άλλωστε, κάθε παραπάνω δευτερόλεπτο που έχει στη διάθεσή του ένας οδηγός για να αντιδράσει, είναι πολύτιμο.

Στη συνέχεια περιγράφουμε τις εφαρμογές που αναπτύχθηκαν και τα σενάρια που αυτές υποστηρίζουν. Αξίζει να αναφερθεί ότι όλες οι εφαρμογές εμπίπτουν στην ευρύτερη κατηγορία των συνεργατικών συστημάτων και ότι τα ονόματα που αποδίδονται αφορούν κατά κύριο λόγο την πηγή ενεργοποίησης της ενημέρωσης του οδηγού (αισθητήρες του ιδίου ή προπορευόμενου οχήματος ή ειδοποίηση από σταθερό κόμβο).

### 3.1 Ενημέρωση Οδηγών από In-Vehicle Αισθητήρες για Καιρικές Συνθήκες (Σενάριο 1)

Πολλά από τα τελευταία μοντέλα αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στην αγορά πλέον είναι εξοπλισμένα με σύγχρονα συστήματα και αισθητήρες, που είναι σε θέση να δώσουν προειδοποιήσεις στον οδηγό σχετικά με την εξωτερική θερμοκρασία, την πιθανότητα παγετού κλπ. Ωστόσο, η πληροφόρηση αυτών των συστημάτων είναι πολύ συγκεκριμένη (για παράδειγμα, δίνουν μόνο την εξωτερική θερμοκρασία ή και μια ένδειξη για ενδεχόμενο

παγετό) και δεν συνδυάζεται με κάποια προτροπή, οδηγία ή ειδοποίηση σχετικά με το πώς θα πρέπει να προσαρμόσει ο οδηγός την οδηγική του συμπεριφορά για να αντιμετωπίσει τα φαινόμενα που προκύπτουν από τις μετρήσεις αυτών των συστημάτων. Επιπλέον, υπάρχει πάντα η πιθανότητα ο οδηγός να μην αντιληφθεί καν αυτές τις μετρήσεις/ενδείξεις στο ταμπλό του αυτοκινήτου του.

Έτσι δημιουργείται η ανάγκη μιας πιο άμεσης ενημέρωσης του οδηγού, ώστε να αποφευχθούν κακοί χειρισμοί και ατυχήματα, λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούν τοπικά. Στο όχημα εγκαταστάθηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και GPS. Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες του οχήματος περνούν στην κεντρική μονάδα του ΕΞΕΧΩΝ, όπου και γίνεται επεξεργασία τους, ώστε να παρέχεται το κατάλληλο μήνυμα/ειδοποίηση στον οδηγό. Μόλις κάποιος από αυτούς τους αισθητήρες μετρήσει κάποια αλλαγή στις επικρατούσες συνθήκες, ο οδηγός θα λάβει ειδοποίηση σχετικά με παγετό, βροχόπτωση, ισχυρούς ανέμους κλπ. Αυτή η πληροφορία θα είναι πιο χρήσιμη από τις απλές σχετικές ενδείξεις που μπορεί να εμφανιστούν στο ταμπλό ενός συμβατικού οχήματος, γιατί θα συνοδεύεται και από κάποια σχετική οδηγία και ειδοποίηση του οδηγού μέσω του εξοπλισμού του ΕΞΕΧΩΝ.

Ωστόσο, και πάλι αυτή η πληροφορία για τον οδηγό του αυτοκινήτου του οποίου οι αισθητήρες μέτρησαν κάποια αλλαγή μπορεί να μην είναι αρκετά έγκαιρη, ανάλογα με το εύρος μετρήσεων του κάθε αισθητήρα και άρα, με το πόσο νωρίτερα μπορεί να ειδοποιηθεί ο οδηγός για οποιαδήποτε αλλαγή. Αυτό που έχει μεγάλη αξία είναι να χρησιμοποιηθεί αυτή η πληροφορία από το πρώτο όχημα που μετρήσε κάποια αλλαγή και να μεταδοθεί στα οχήματα που ακολουθούν, ώστε να ενημερωθούν ακόμη νωρίτερα, πριν οι αισθητήρες των δικών τους οχημάτων μετρήσουν κάποια αλλαγή. Έτσι η σχετική πληροφορία είναι σημαντικό να μεταδοθεί και στα οχήματα που ακολουθούν (περίπου 250μ πίσω από το αρχικό όχημα), και μπορεί αυτή η μετάδοση να συνδυαστεί και με την υποδομή, να ενημερώνει δηλαδή η ίδια η υποδομή τα οχήματα μόλις φτάσουν σε κάποιο σημείο για το τι πρόκειται να συναντήσουν μπροστά τους.

Έτσι, ανάλογα με την εμβέλεια του καιρικού φαινομένου, ή αλλιώς, ανάλογα με το πόσο μακριά από τον οδηγό εμφανίζεται κάποιο καιρικό φαινόμενο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην οδήγηση ή συγκεκριμένους χειρισμούς από τον οδηγό, θα πρέπει να δίνεται και η ανάλογη πληροφόρηση. Αυτό αφορά περισσότερο τα οχήματα που βρίσκονται πίσω από το πρώτο όχημα που θα «εντοπίσει» το φαινόμενο μέσω των αισθητήρων του, καθώς για το πρώτο αυτό όχημα, η ειδοποίηση θα εξαρτάται από την εμβέλεια των σχετικών αισθητήρων (ελάχιστη εμβέλεια). Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, ανάλογα με την ταχύτητα που κινείται ένα όχημα, ο πρόσθετος χρόνος αντίδρασης που θα δοθεί παρέχοντας εκ των προτέρων μια πληροφορία που, υπό άλλες συνθήκες θα διαπίστωνε αργότερα από μόνος του ο οδηγός, υπαγορεύει μια σχετική εμβέλεια μετάδοσης της πληροφορίας αυτής. Θεωρώντας ότι μια μέση εμβέλεια είναι περίπου 100μ και μια μέγιστη είναι της τάξεως των 100-500μ, τα μηνύματα που πρέπει να λαμβάνει ο οδηγός ανάλογα με το καιρικό φαινόμενο και την θέση του παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

***Πίνακας 1: Μηνύματα σχετικά με καιρικές συνθήκες***

Κίνδυνος	Μέγεθος	Εμβέλεια	Μήνυμα (1)	Μήνυμα (2)
Πάγος στο οδόστρωμα	Θερμοκρασία Υγρασία	μέγιστη	ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΠΑΓΟΣ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΟΔΗΓΕΙΤΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ
Βροχή - Ολισθηρότητα	Υγρασία	μέση	ΕΝΤΟΝΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΟΔΗΓΕΙΤΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ
		μέγιστη	ΟΛΙΣΘΗΡΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΟΔΗΓΕΙΤΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ

### **3.2 Ενημέρωση Οδηγών από In-Vehicle Αισθητήρες για τα Προπορευόμενα Οχήματα (Σενάριο 2)**

Πέραν των καιρικών συνθηκών, η ενημέρωση του οδηγού σχετικά με την κίνηση των προπορευόμενων οχημάτων είναι πολύ σημαντική, όχι μόνο στο αμέσως επόμενο όχημα, αλλά και στα οχήματα που ακολουθούν πιο πίσω. Οι χρόνοι αντίδρασης είναι αλληλένδετοι μεταξύ προπορευόμενων οχημάτων και αυτών που ακολουθούν, αφού, για παράδειγμα, αν για κάποιο λόγο το όχημα που βρίσκεται ακριβώς πίσω από το όχημα που θα κάνει κάποιο απότομο ελιγμό, αργήσει να αντιδράσει, για οποιοδήποτε λόγο, τότε θα καθυστερήσουν και οι αντιδράσεις των οδηγών των οχημάτων που ακολουθούν. Η ενημέρωση σε ένα οδηγό ότι, στη λωρίδα που βρίσκεται, ένα όχημα που βρίσκεται 100μ μπροστά του φρενάρισε απότομα, για παράδειγμα, μπορεί να αποτρέψει τη δημιουργία μιας καραμπόλας, με υλικές (και όχι μόνο) ζημιές και με τεράστιες επιπτώσεις στην κυκλοφοριακή ροή του αυτοκινητοδρόμου, δημιουργώντας καθυστερήσεις, αύξηση των αερίων ρύπων κ.α.

Έτσι, τα οχήματα θα πρέπει να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, ώστε οι οδηγοί να λαμβάνουν τις απαραίτητες πληροφορίες και να έχουν τον πρόσθετο χρόνο να αντιδρούν κατά τον καλύτερο τρόπο και να αποφεύγονται συγκρούσεις και προβλήματα.

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τα πιθανά προβλήματα και τα αντίστοιχα μηνύματα που πρέπει να παρέχονται στους οδηγούς των οχημάτων που ακολουθούν:

***Πίνακας 2: Μηνύματα σχετικά με κινήσεις προπορευόμενου οχήματος***

Κίνδυνος	Μέγεθος	Εμβέλεια	Μήνυμα (1)	Μήνυμα (2)
Απότομη στάση οχήματος	Επιτάχυνση	μέγιστη	ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ ΜΠΡΟΣΤΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΕΤΟΙΜΑΣΤΕΙΤΕ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ
Απότομη αλλαγή λωρίδας	Αλλαγή κατεύθυνσης	μέγιστη	ΑΠΟΤΟΜΟΣ ΕΛΙΓΜΟΣ ΜΠΡΟΣΤΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Επειδή είναι δυνατός ο εντοπισμός συμβάντων ανά λωρίδα κυκλοφορίας (με τη χρήση του GPS), η ειδοποίηση παρέχεται σε όλους τους οδηγούς που κινούνται στην αυτή λωρίδα.

### 3.3 Αλληλεπίδραση Σταθερών Σημείων των Υποδομών με τα Οχήματα (Σενάριο 3)

Σε έναν αυτοκινητόδρομο όπου αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες από τα οχήματα, είναι σημαντικό η πληροφόρηση να μεταφέρεται όχι μόνο μεταξύ των οχημάτων, αλλά και μέσω της υποδομής, μιας και η συμμετοχή της υποδομής συνεισφέρει σημαντικά στην αξιοπιστία της πληροφόρησης. Η υποδομή μπορεί να μεταδίδει χρήσιμες πληροφορίες που έχει συλλέξει από τα οχήματα που κινούνται στον αυτοκινητόδρομο ή και πληροφορίες σχετικές με τη γεωμετρία του δρόμου (απότομες στροφές κλπ), ώστε οι οδηγοί να μην βρίσκονται ποτέ αντιμέτωποι με καταστάσεις στις οποίες θα κληθούν να εκτελέσουν έκτακτους χειρισμούς του οχήματός τους. Με αυτόν τον τρόπο, η υποδομή μπορεί να καλύψει όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις και να αποτελέσει τον δέκτη που θα συλλέξει όλες τις πληροφορίες από τα οχήματα και θα κάνει διανομή των πληροφοριών αυτών εκεί που χρειάζεται, όπως κάνει και ένα Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας με τις πληροφορίες που συλλέγει από τις κάμερες, τα τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης και τις διανέμει μέσω των Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων.

**Πίνακας 3: Μηνύματα από την υποδομή προς τα οχήματα**

Κίνδυνος	Μήνυμα (1)	Μήνυμα (2)
Ατύχημα, εμπόδιο, κλειστή λωρίδα	ΚΛΕΙΣΤΗ (ΕΣ) Η (ΟΙ) ΔΕΞΙΑ/ΑΜΕΣΑΙ/ΑΡΙΣΤΕΡΗ (ΕΣ) ΛΩΡΙΔΑ (ΕΣ) ΜΠΡΟΣΤΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
Πάγος στο οδόστρωμα	ΠΑΓΟΣ ΜΠΡΟΣΤΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
Βροχή - Ολισθηρότητα	ΕΝΤΟΝΗ ΒΡΟΧΩΠΤΩΣΗ/ ΟΛΙΣΘΗΡΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
Ορατότητα-ομίχλη	ΟΜΙΧΛΗ-ΧΑΜΗΛΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ	ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
Συμφόρηση	ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ	ΕΤΟΙΜΑΣΤΕΙΤΕ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ
Απότομη στροφή	ΑΠΟΤΟΜΗ ΔΕΞΙΑ/ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ ΕΜΠΡΟΣ	ΑΠΟΤΟΜΗ ΔΕΞΙΑ/ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΣΤΡΟΦΗ, ΜΕΙΩΣΤΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα διάφορα μηνύματα που μπορεί να μεταδοθούν από την υποδομή προς τα οχήματα που βρίσκονται στον αυτοκινητόδρομο. Η εμβέλεια μετάδοσης των παρακάτω μηνυμάτων θα πρέπει πάντα να είναι η μέγιστη.



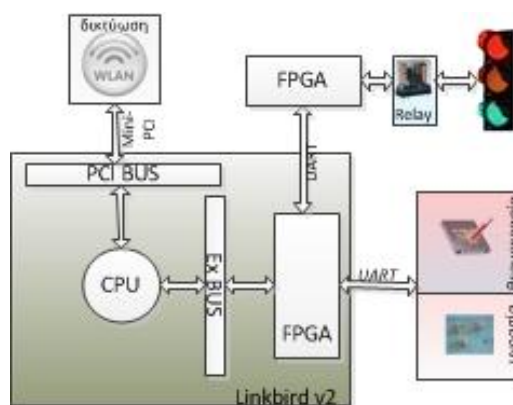
Ενδεχομένως, ο ρόλος της υποδομής να είναι και ο πιο σημαντικός στην παροχή πληροφοριών προς τα οχήματα, από πληροφορίες που συλλέγονται τόσο από εξοπλισμό της υποδομής, όσο και από τα ίδια τα οχήματα και τον εξοπλισμό που είναι εγκατεστημένος σε αυτά. Η επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων βέβαια, επειδή αναπόφευκτα θα είναι πιο άμεση από αυτήν από την υποδομή, σε περιπτώσεις όπως η απότομη στάση κλπ, είναι και αυτή αναγκαία, γι' αυτό και ένα τέτοιο σύστημα θα είναι πλήρες μόνο αν συμπεριλαμβάνει όλες τις μορφές επικοινωνίας που έχουν παρουσιαστεί παραπάνω.

### 3.4 Αρχιτεκτονική Συστήματος ΕΞΕΧΩΝ

Ο κόμβος του ΕΞΕΧΩΝ αποτελείται από την πλατφόρμα NEC Linkbird MX-4 [NEC Userguide], από ένα σύνολο περιφερειακών αισθητήρων και από ένα σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS). Το Linkbird είναι μια σύγχρονη πλατφόρμα μελέτης συστημάτων για επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και σταθερών κόμβων και έχει χρησιμοποιηθεί σε σημαντικό αριθμό πρόσφατων ρεαλιστικών πειραμάτων. Περιλαμβάνει ένα 64-bit MIPS επεξεργαστή, module για 802.11p επικοινωνία και συνδεσιμότητα με USB, Ethernet, UART και CAN bus.

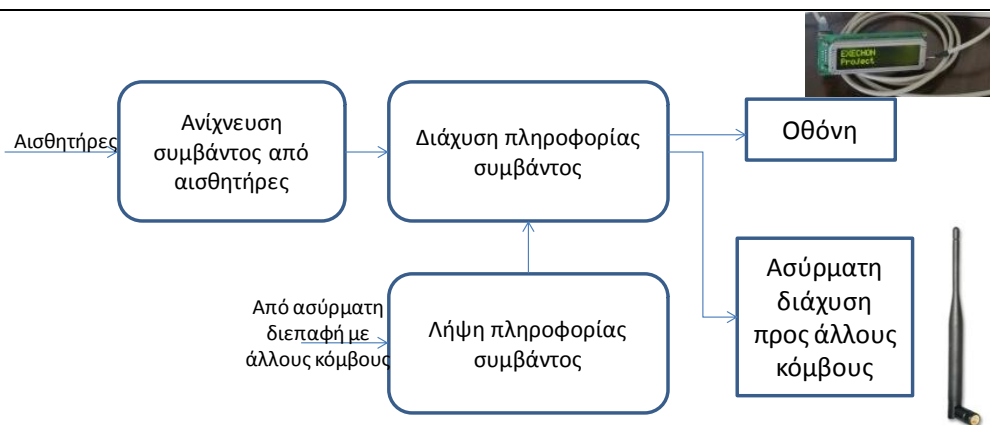
Οι ανάγκες που εξυπηρετεί η πλατφόρμα LinkBird στο έργο ΕΞΕΧΩΝ αφορούν στην ασύρματη επικοινωνία του συστήματος μέσω του 802.11p πρωτοκόλλου, το οποίο αποτελεί και το IEEE πρότυπο που προτείνεται για επικοινωνία οχημάτων, και στην παροχή ενός σύγχρονου μικροελεγκτή με σημαντική υπολογιστική ισχύ και ευρεία υποστήριξη σε λογισμικό. Το LinkBird αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο του συστήματος ΕΞΕΧΩΝ, τόσο για το σταθερό όσο και για τον κινητό κόμβο.

Το σύστημα ΕΞΕΧΩΝ των σταθερών κόμβων (που φαίνεται και στο Σχήμα 3) αποτελείται από ένα σύνολο αισθητήρων που μετρούν τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την κατάσταση του οδοστρώματος. Επίσης, στην περίπτωση που ο σταθερός κόμβος είναι τοποθετημένος σε διασταύρωση, ελέγχει και τον σχετικό σηματοδότη, εφαρμόζοντας τεχνικές δυναμικής διαμόρφωσης κίνησης των οχημάτων.



**Σχήμα 3:** Διασύνδεση Υποσυστημάτων στο Σταθερό Κόμβο

Το λογισμικό στον κινητό κόμβο οργανώνεται σε λογικές οντότητες όπως φαίνεται παρακάτω. Για την ανάπτυξη του λογισμικού θα χρησιμοποιηθεί το C/C++ API που υποστηρίζει το linkbird και η στοίβα πρωτοκόλλων C2X που προσφέρει, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4:

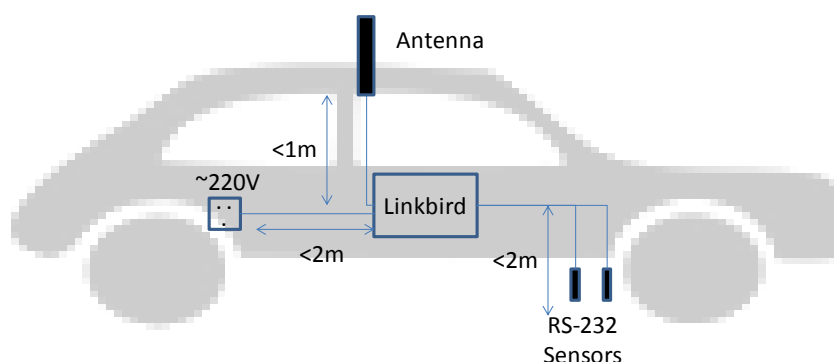


**Σχήμα 4:** οι λογικές οντότητες του λογισμικού στον κινητό κόμβο

#### 4. Πραγματοποίηση πιλοτικών δοκιμών ΕΞΕΧΩΝ για αυτοκινητόδρομους

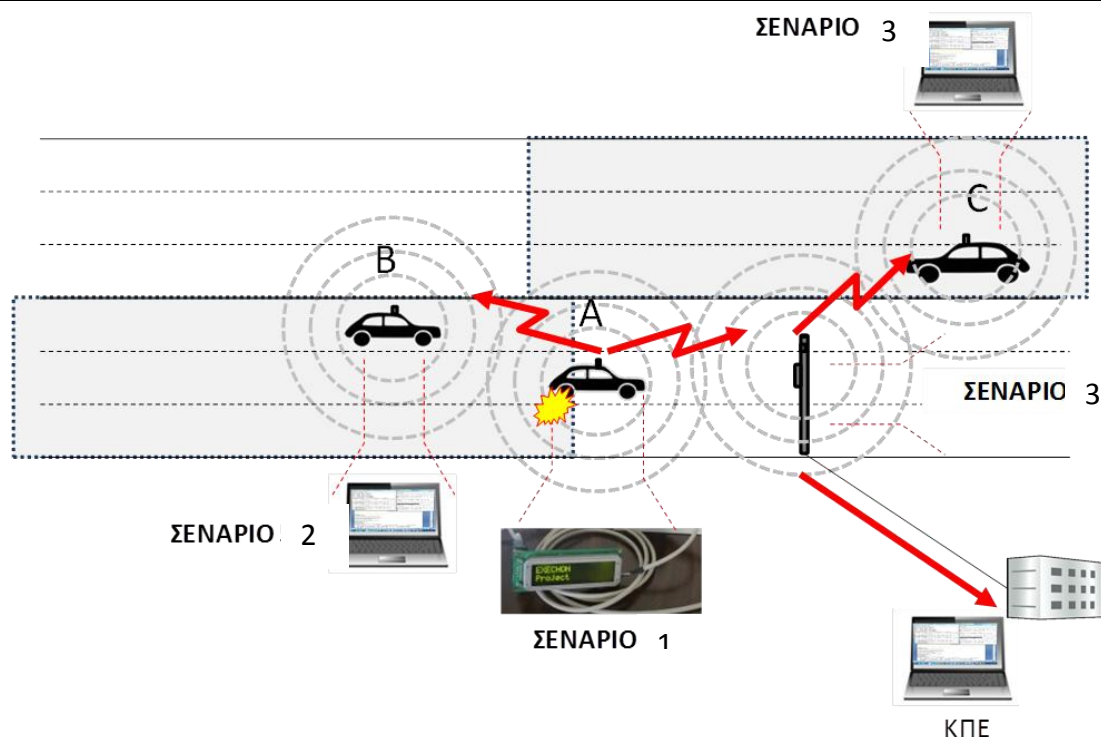
Για την πραγματοποίηση των δοκιμών αυτοκινητοδρόμου, η εγκατάσταση του συστήματος στα οχήματα (κινητοί κόμβοι) περιλάμβανε τον παρακάτω εξοπλισμό και ικανοποιούσε τις παρακάτω απαιτήσεις (όπως φαίνονται και στο Σχήμα 5:

- Τοποθέτηση linkbird στο εσωτερικό του οχήματος.
- Τοποθέτηση φορητού Η/Υ στο εσωτερικό και διασύνδεση με Linkbird για εκσφαλμάτωση/παρακολούθηση.
- Παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος 220V (μπαταρία+inverter) για την τροφοδοσία τουλάχιστον του linkbird. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν μετατροπείς τάσεως (διαθέσιμοι στο εμπόριο) που συνδέονται στην μπαταρία του αυτοκινήτου. Οι απαιτήσεις του linkbird σε τροφοδοσία είναι 12VDC @ 300mA (Typ.), 600mA (MAX) με το κατάλληλο βύσμα. Καλώδιο τροφοδοτικού <2μ.
- Τοποθέτηση/στερέωση κεραίας στο εξωτερικό (καλώδιο <1μ).
- Τοποθέτηση/στερέωση αισθητήρων σε κατάλληλο σημείο (στο εξωτερικό του οχήματος) για την καταγραφή των συνθηκών περιβάλλοντος. Καλώδιο μετατροπέα USB σε σειριακό RS232 <2μ.



**Σχήμα 5:** Κινητός κόμβος

Για τα ΣΕΝΑΡΙΑ 1-2-3, χρησιμοποιήθηκε ένα κοινό στήσιμο/πείραμα όπως περιγράφεται στο σχήμα 6. Σε όλα τα πειράματα τα οχήματα οδήγησαν τρεις οδηγοί.



**Σχήμα 6:** Διάταξη εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των σεναρίων 1, 2, 3

#### 4.1 Σενάριο 1

Για τη πραγματοποίηση των δοκιμών που αφορούσαν στο Σενάριο 1, απαραίτητες προϋποθέσεις ήταν η ορθή τοποθέτηση του αισθητήρα υγρασίας (σε σημείο όπου να μπορεί να ανιχνεύσει άμεσα το βρεγμένο οδόστρωμα) και το επαρκές βρέξιμο του οδοστρώματος. Για την πραγματοποίηση της δοκιμής, το όχημα πέρασε με πολύ μικρή και σταθερή ταχύτητα (ώστε να προλάβει ο ανιχνευτής να καταγράψει και να μεταδώσει τη διαφορά στα επίπεδα υγρασίας μεταξύ του στεγνού και του βρεγμένου οδοστρώματος) και σημειώθηκαν οι μεταβολές στις ενδείξεις τη οθόνης εντός του οχήματος.

#### 4.2 Σενάριο 2

Για τη δοκιμή του Σεναρίου 2, στόχος ήταν να διαπιστωθεί αν μπορεί να μεταφερθεί πληροφορία από κινητό κόμβο σε σταθερό και πάλι σε κινητό, ώστε να μπορεί να ενημερωθεί ένα όχημα για τη συμπεριφορά του προπορευόμενου, ακόμη και όταν είναι εκτός της εμβέλειας του προπορευόμενου. Το προπορευόμενο όχημα φρενάρισε απότομα και η υποδομή/ σταθερός κόμβος μετέφερε την πληροφορία αυτή σε όχημα που ακολουθούσε, ώστε ο οδηγός να είναι ενήμερος και άρτια προετοιμασμένος για τις επερχόμενες συνθήκες. Η πληροφορία εμφανίστηκε στην οθόνη του οχήματος που ακολουθούσε από remote πομπό.

#### 4.3 Σενάριο 3

Εφόσον ήταν δυνατό να περάσει πληροφορία σε όχημα που δεν προερχόταν κατευθείαν από τους αισθητήρες του οχήματος ή από το προπορευόμενο όχημα - φροντίσαμε να είναι εκτός εμβέλειας-, όποια remote πληροφορία εμφανίζεται στον οδηγό έχει προέλθει από τον σταθερό κόμβο. Αντίστοιχα, με τον τρόπο αυτό, ο σταθερός κόμβος μπορεί να μεταδίδει οποιοδήποτε μήνυμα είναι αναγκαίο για την ενημέρωση των οδηγών

## 5. Συμπεράσματα

Οι πειραματικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για τα σενάρια που αφορούν σε αυτοκινητόδρομο επιβεβαίωσαν ότι η πλατφόρμα και ο εξοπλισμός μπορούν να παρέχουν την πληροφόρηση που χρειάζεται, για την καλύτερη ετοιμότητα του οδηγού σε σχέση με την κατάσταση του οδοστρώματος και τις κυκλοφοριακές συνθήκες που πρόκειται να συναντήσει. Η διαπίστωση ότι ο εξοπλισμός αυτός, με όλους τους περιορισμούς εύρους, ταχύτητας μετάδοσης κλπ. που έχει, μαζί με το σχετικό λογισμικό της πλατφόρμας που δημιουργήθηκε, μπορούν να εκτελέσουν όλους τους τύπους μεταφοράς πληροφορίας (από αισθητήρα σε όχημα, από όχημα σε όχημα, από όχημα σε υποδομή και από υποδομή σε όχημα) είναι εξαιρετικά σημαντική, όχι μόνο για την απόδειξη ότι το ερευνητικό ολοκληρώθηκε με επιτυχία, αλλά και για τη σημασία που μια τέτοια πλατφόρμα, με πιο εξελιγμένους αισθητήρες κλπ θα μπορεί να έχει για την προστασία και την καλύτερη ενημέρωση των οδηγών και για τη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας στους αυτοκινητοδρόμους.

Οι μετρήσεις κάλυψαν όλες τις λειτουργικές απαιτήσεις και επαληθεύτηκε η ορθή λειτουργία της εφαρμογής. Όπως προέκυψε από τις πειραματικές μετρήσεις το κρίσιμο σημείο για την επίδοση της εφαρμογής είναι οι διαθέσιμοι επεξεργαστικοί πόροι της πλατφόρμας των κινητών κόμβων. Ο σχετικά περιορισμένων δυνατοτήτων μικροεπεξεργαστής των συσκευών Linkbird θέτει ένα άνω όριο στην δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών μηνυμάτων σε οριακές συνθήκες (μεγάλο πλήθος καταγεγραμμένων συμβάντων, μεγάλος ρυθμός διέλευσης γειτονικών κόμβων, μεγάλος όγκος πληροφορίας προς αναπαράσταση). Η εξέλιξη της τεχνολογίας μικροηλεκτρονικής όμως εξασφαλίζει πως οι επόμενες γενιές υλικού θα μπορούν να καλύψουν ακόμα και πιο αυξημένες απαιτήσεις αναπαράστασης μεγαλύτερου όγκου και πιο σύνθετης πληροφορίας, επιδόσεις οι οποίες εξαρτώνται και από τις τελικές επιλογές των περιφερειακών συσκευών για την υλοποίηση μιας προηγμένης διεπαφής με τον χρήστη.

## 6. Ευχαριστίες

Η παραπάνω εργασία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ΕΞΕΧΩΝ (Εξυπνο Σύστημα Επικοινωνίας Οχημάτων για βελτιωμένη ασφάλεια και αποδοτικότητα σε αστικά δίκτυα και αυτοκινητοδρόμους), που υλοποιήθηκε με Φορέα Συντονισμού την εταιρία λειτουργίας της Αττικής Οδού, Αττικές Διαδρομές Α.Ε., σε συνεργασία με την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία, τη Mobilemedia Α.Ε., (Εταιρία Ανάπτυξης Λογισμικού και Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου & Κινητής Τηλεφωνίας), το Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων Κρήτης και το ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδος (πρώην ΤΕΙ Χαλκίδας). Το έργο πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της Δράσης Εθνικής Εμβέλειας «Συνεργασία», υπό την αιγίδα του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς - ΕΣΠΑ 2007-2014.

## 5. Αναφορές-Βιβλιογραφία

1. C2C-CC (2007). "Car to Car Communication Consortium Manifesto: Overview of the C2C-CC System," Car to Car Communication Consortium, Tech. Rep. Version 1.1.
2. EU Commission (2013). EU Commission Staff Working Document: CELEX-52011SC0391.

3. ETSI (2009). ETSITR102638, Intelligent Transport System (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definition, ETSI Std. ETSI ITS Specification TR 102 638 version 1.1.1.
4. Georgios Karagiannis, Onur Altintas, Eylem Ekici, Geert Heijenk, Boangoat Jarupan, Kenneth Lin, and Timothy Weil. Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions.
5. ITS JPO (2008). "Vehicle safety applications," US DOT IntelliDrive(sm) Project - ITS Joint Program Office, Tech. Rep.
6. M. L. Sichitiu and M. Kihl (2008). "Inter-Vehicle Communication Systems: A Survey," IEEE Commun. Surveys Tutorials, vol. 10, no. 2, pp. 88-105.
7. NEC Laboratories, Network Division. Car2X Communication SDK 2 Userguide v2.2.1.
8. SAFESPOT (2008). D8.4.4, "Use cases, functional specifications and safety margin applications for the SAFESPOT Project," IST Safespot Project, Tech. Rep. Safespot IST-4-026963-IP deliverable D8.4.4, pp. 1-54.
9. World Bank Group (2013). Global Road Safety facility the World bank Group: Transport for Health The Global burden of disease from motorized road Transport.
10. [www.safespot-eu.org](http://www.safespot-eu.org)
11. [www.coopers-ip.eu](http://www.coopers-ip.eu)