

# Ασύρματα Οίκτυα με Χρήση Ορατού Φωτός

Ερρίκος Καλτσόπουλος  
Τμήμα Πληροφορικής Και Ηλεκτρονικών  
Συστημάτων Θεσσαλονίκη, Κεντρική  
Μακεδονία, Ελλάδα ekal638@gmail.com

**Abstract**—This document is a model and instructions for LATEX. This and the IEEEtran.cls file define the components of your paper [title, text, heads, etc.]. \*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.

**Index Terms**—Ασύρματα Οίκτυα με Χρήση Ορατού Φωτός, εφαρμογές, χαρακτηριστικά, προκλήσεις, πλεονεκτήματα, αρχιτεκτονική, λειτουργία, φυσικό επίπεδο, επίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσου

## I. Εισαγωγή

[1] Τα ασύρματα δίκτυα με τη χρήση ορατού φωτός (vlc) χρησιμοποιούν το ορατό φως σαν μέσο επικοινωνίας το οποίο καταλαμβάνει το φάσμα από 380nm έως 750nm το οποίο αντιστοιχεί σε φάσμα συχνοτήτων 430Thz έως 790Thz. Η λάμπες που χρησιμοποιούνται είναι λάμπες φθορισμού με ταχύτητα μετάδοσης 10kbit/s ή Led για 500mbit/s σε μικρές αποστάσεις. Το vlc παρέχει μεγάλο εύρος ζώνης σε σχέση με το RF\*. Επίσης για να λάβει σήματα ο δέκτης πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο δωμάτιο με τον πομπό αλλιώς δεν θα μπορεί να λάβει κανένα σήμα έξω από το δωμάτιο επομένως είναι και αρκετά ασφαλές. Ακόμη το vlc μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή φωτός πέρα από μέσο επικοινωνίας έτσι είναι και πιο οικονομικό σε σχέση με το RF. Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών φαίνεται πολλά υποσχόμενο.

\*Radio frequency (RF) Είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο κυμαίνεται από 3 kHz έως 300 GHz. Το οποίο χρησιμοποιείτε για σήματα επικοινωνίας η ραντάρ

Figure 1. VLC φάσμα συχνοτήτων.

## II. Ασύρματα Αίκτυα με Χρήση Ορατού Φωτός

### A. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά Αικτύων με τη χρήση ορατού φωτός

b7

- Περιορισμός σήματος: Η φύση του φωτός είναι ότι δεν μπορεί να περάσει από αδιαφανείς τοίχους. Αυτό διευκολύνει τον περιορισμό των σημάτων σε ένα δωμάτιο, το οποίο αυξάνει το επίπεδο ασφάλειας του δικτύου.
- Χωρίς οπτικό πεδίο: Επειδή τα συστήματα VLC χρησιμοποιούν το φως σαν μέσο μετάδοσης, κάθε εμπόδιο μπορεί να αποτρέψει την ικανότητά του να μεταδίδει δεδομένα. Αυτό σίγουρα δεν ισχύει, καθώς δεν εξαρτάται από την οπτική γωνία. Στην πραγματικότητα, μελέτες έχουν δείξει ότι μπορούν ακόμα να αποδώσουν σε δωμάτια που έχουν σοβαρά εμπόδια.
- Ασφαλές σε επικίνδυνα περιβάλλοντα: Το VLC μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική λύση για περιοχές όπου τα σήματα RF θεωρούνται ως επικίνδυνα. Εκτός από τη χρήση τεχνολογίας εκτός RF για την παράδοση δεδομένων, η πηγή φωτός που χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα εκπέμπει χαμηλές ενέργειες, διασφαλίζοντας την ασφαλή χρήση τους. Αυτά τα επικίνδυνα περιβάλλοντα περιλαμβάνουν νοσοκομεία, αεροπλάνα ή νάρκες.

### B. Προκλήσεις

b5 Το VLC είναι είναι πολλά υποσχόμενο μεσώ επικοινωνίας αλλά υπάρχουν κάποιες προκλήσεις που το απαρτίζουν:

- Ενσωμάτωση του VLC με την ήδη υπάρχουσα επικοινωνία πρότυπα όπως Wi-Fi κλπ.
- Το πρόβλημα της παρεμβολής σε πηγές φωτισμού περιβάλλοντος.
- Αναμένεται παρεμβολή μεταξύ των διαφόρων συσκευών που χρησιμοποιούν VLC γιατί στο μέλλον θα υπάρχει αύξηση του αριθμού των συσκευών VLC
- Περιορισμένο εύρος: Το γεγονός ότι το φως δεν μπορεί να διεισδύσει στους τοίχους μπορεί να είναι καλό πράγμα όσον αφορά την ασφάλεια, αλλά αυτό σημαίνει επίσης ότι το VLC έχει πολύ περιορισμένο εύρος. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να το χρησιμοποιήσετε αποτελεσματικά μόνο σε κλειστούς χώρους.

Σε εγκαταστάσεις, τα φώτα πρέπει να τοποθετούνται τακτικά σε δωμάτια και αίθουσες για την επέκταση του πεδίου του δικτύου VLC.

- Περιορισμένη συμβατότητα Αεδομένου ότι το VLC είναι μια νέα τεχνολογία, δεν είναι πολλές συσκευές συμβατές με αυτήν. Οι περισσότερες συσκευές που

χρησιμοποιούμε τώρα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν υλικό για δικτύωση Wi-Fi

οι προβολείς χρησιμοποιήθηκαν στο προτεινόμενο σύστημα επικοινωνίας.

### C. Πλεονεκτήματα

b8

- Η επικοινωνία VLC λειτουργεί όταν τόσο η πηγή όσο και ο δέκτης βρίσκονται στο LOS(οπτικό πεδίο) εντός του ίδιου δωματίου. Η επικοινωνία δεδομένων με βάση το VLC δεν μπορεί να υποκλαπεί από κάποιον από το άλλο δωμάτιο. Χς εκ τούτου, το VLC παρέχει ασφαλή επικοινωνία σε αντίθεση με την επικοινωνία RF.
- Η πηγή VLC χρησιμοποιείται τόσο για φωτισμό όσο και για επικοινωνία, έχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Επομένως το VLC είναι ένα σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Το VLC είναι επικοινωνία με βάση το φως. παρόλα αυτά δεν επηρεάζεται λόγω ακτινοβολιών από συστήματα RF.
- Δεν έχει κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων.
- Είναι εύκολο στην εγκατάσταση.

### III. Εφαρμογές

#### A. Εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα παραπάνω δίκτυα b1

1) *Li-Fi*: Το 2011 ο Γερμανός καθηγητής του πανεπιστημίου του ενδιβουργου Harald Haas επινόησε τον όρο Light Fidelity(Li-Fi).Το (Li-Fi) είναι ένα υψηλής ταχύτητας ορατό φως το οποίο είναι συνδεδεμένο αμφίδρομα ,χρησιμοποιείτε για ασύρματη επικοινωνία και είναι ανάλογο του Wi-Fi ,το οποίο χρησιμοποιεί ράδιο συχνότητες για την επικοινωνία.Το πρόβλημα με τα σήματα του wifi είναι ότι Παρεμβάλλουν με πιλοτικά σήματα εξοπλισμού πλοήγησης σε αεροσκάφη.Όποτε για να αποτραπεί κάτι τέτοιο όπως και σε ανάλογες περιπτώσεις τα Li-Fi φαίνεται να είναι μια καλή λύση.Το Li-Fi επίσης φαίνεται να παρέχει και υποστήριξη και στο Internet of Things (IoT).Οι ταχύτητες του Li-fi φτάνουν μέχρι τα 10Gbits/s η οποίες είναι 250 φορές περισσότερο από μια πολύ γρήγορη ευρυζωνική σύνδεση.

2) Όχημα προς όχημα επικοινωνία: Το VLC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία μεταξύ οχημάτων λόγω του ότι τα οχήματα έχουν ήδη φώτα μπρος και πίσω και υπάρχει η υποδομή.Οι εφαρμογές προτεραιότητας που υποδεικνύονται από το πρόγραμμα Επικοινωνιών Ασφάλειας Οχήματος περιλαμβάνουν προειδοποιητική προειδοποίηση σύγκρουσης μπροστά ,Ανίχνευση πριν από την σύγκρουση,Ηλεκτρονικά φώτα φρένων έκτακτης ανάγκης,Προειδοποίηση αλλαγής λωρίδας ,βοηθό αριστεράς στροφής, προειδοποίηση παραβίασης σήματος κυκλοφορίας και προειδοποίηση ταχύτητας.Όλες οι εφαρμογές πρέπει να είναι αξιόπιστες όταν πρέπει να παρέμβουν και να έχουν πολύ χαμηλό παράγοντα λάθους και λανθάνοντα χρόνο.Λόγω του ότι πρέπει να έχουν πολύ χαμηλό λανθάνοντα χρόνο στην επικοινωνία ασφάλειας του οχήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα επικοινωνίας ορατού φωτός υψηλής ταχύτητας όπως το Li-Fi.όπως φαίνεται στην Εικ. 2. Στο b4, ένα εξωτερικό σύστημα VLC που χρησιμοποιεί Controller Area Network (CAN) προτάθηκε και τα πίσω φώτα και

Figure 2. VLC για δίκτυο οχημάτων.

3) b6 Όχημα προς όχημα επικοινωνία: Έρευνες έχουν δείξει ότι πολλά από τα ατυχήματα που συμβαίνουν εί- ναι λόγω της αργής ανταπόκρισης των οδηγών .Στο ITS η επικοινωνία όχημα προς όχημα και υποδομής προς όχημα διασφαλίζει την ασφάλεια και την άνεση των ανθρώπων.Το ITS βασίζεται σε ασφαλή και αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και υποδομών όπως τα φανάρια και τις πινακίδες.Όλα τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με εμπρόσθια και πίσω φώτα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση πληροφοριών όπως είπαμε και παραπάνω

. Φωτεινοί σηματοδότες ή πινακίδες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανταλλαγή χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με το δρόμο, την κυκλοφορία και τις καιρικές συνθήκες.

Figure 3. Ένα έξυπνο σύστημα μεταφοράς που χρησιμοποιεί επικοινωνία ορατού φωτός .

4) Υποβρύχια επικοινωνία: Τα κύματα RF δεν μεταδίδονται καλά στο θαλασσινό νερό λόγω της καλής αγωγιμότητάς του. Επομένως, η επικοινωνία VLC μπορεί να χρησιμοποιείται σε υποβρύχια δίκτυα επικοινωνίας. Το Un Tethered Remote Operated Vehicle (UTROV) είναι μια άλλη εφαρμογή του VLC στην υποβρύχια επικοινωνία. Οι διάφορες εργασίες που μπορούν να εκτελεστούν χρησιμοποιώντας το UTROV περιλαμβάνουν τη συντήρηση των εξερευνητικών σκαφών. Το Σχ. 3 περιγράφει τη λειτουργία του UTROV. Το δεξί παράθυρο δείχνει την επικοινωνία του UTROV χρησιμοποιώντας το οπτικό κανάλι σε μια σταθερή υποδομή στον πυθμένα της θάλασσας. Στο κέντρο, η επικοινωνία επιτυγχάνεται με το UTROV χρησιμοποιώντας ένα οπτικό κανάλι με υποδομή ρελέ με πλοίο. Το αριστερότερο παράθυρο δείχνει την επικοινωνία του UTROV χρησιμοποιώντας χαμηλό εύρος ζώνης υποβρύχιες διαβιβάσεις.

Figure 4. Λειτουργία του Ultrov.

5) Νοσοκομεία: Στα νοσοκομεία, οι ευαίσθητες σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα περιοχές (όπως οι σαρωτές μαγνητικής τομογραφίας) είναι πιθανό να μεταβούν σε VLC επειδή δεν θα επηρεάσει τα ραδιοκύματα των άλλων μηχανών [17]. Στο [18], ένα ρομπότ που ονομάζεται HOSPI (φαίνεται στο Σχ. 4) προτάθηκε που χρησιμοποιήθηκε για μεταφορά σε νοσοκομεία. Οι βελτιώσεις του συστήματος ελέγχου στο HOSPI έγιναν χρησιμοποιώντας VLC εγκατεστημένο σε αισθητήρες κτιρίου και πλοήγησης του ρομπότ.

6) Πληροφορίες που εμφανίζουν πινακίδες: Οι πινακίδες κατασκευάζονται συχνά από μια σειρά LED που με τη σειρά τους διαμορφώνονται για να μεταφέρουν πληροφορίες σε αεροδρόμια, στάσεις λεωφορείων και άλλα μέρη όπου είναι απαραίτητη η μετάδοση δεδομένων. Στο [19], περιγράφηκε η πινακίδα που χρησιμοποιήθηκε για τη μετάδοση δεδομένων. Αυτός ο τύπος πινακίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενδείξεις σε διάφορες τοποθεσίες όπως αεροδρόμια, μουσεία και νοσοκομεία.

7) *Visible light ID system*: Το ορατό φως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σύστημα ταυτότητας σε διαφορετικά μέρη, όπως κτίρια και υπόγειοι σιδηρόδρομοι. Για παράδειγμα, αν στεκόμαστε στο δωμάτιο 12 σε ένα συγκεκριμένο κτίριο. Ένα σύστημα αναγνώρισης ορατού φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσδιορίζοντας τον αριθμό δωματίου και το κτίριό του. Παρομοίως, ένα σύστημα αναγνώρισης ορατού

Figure 5. HOSPI.

φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μετρό, νοσοκομεία και αεροδρόμια (Εικ. 7).

Figure 6. Πρωτότυπο που παρουσιάστηκε από την NEC και τη Matsushita Electric Works.

8) *A Sound communication system*: Τα κόκκινα, πράσινα και μπλε LED χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση μουσικών σημάτων.

Figure 7. Το VLC σε να σύστημα μουσικής.

9) *Wireless Local Area Networks (WLANs)*: Η επικοινωνία με ορατό φως με βάση LED μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση LAN. Στο Σχ. 7, προτείνεται ένα εξαιρετικά διπλής ταχύτητας πλήρες διπλό, LAN βασισμένο στην αρχιτεκτονική τοπολογίας αστεριών που χρησιμοποιεί επικοινωνία ορατού φωτός LED για να παρέχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 10Gb / s. Το σχηματικό διάγραμμα του LAN υψηλής ταχύτητας φαίνεται στο Σχ. 7. Ο λόγος για τη σχεδίαση του δικτύου χρησιμοποιώντας μια τοπολογία αστέρων είναι για παροχή υποστήριξης σε Πολλαπλούς χρήστες χρήστες. Η ίνα χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάθε λαμπτήρα απευθείας όπως φαίνεται στο Σχ. 7. Το υβριδικό πρωτόκολλο πρόσβασης είναι χρησιμοποιείται στο προτεινόμενο LAN, όπως Time Division Multiplexing (TDM) για αμφίδρομη μετάδοση VLC και Frequency Division Multiplexing (FDM) για μετάδοση uplink και downlink fiber. Τα αποτελέσματα του προτεινόμενου LAN έδειξαν την δυνατότητα του να προσφέρει πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε πολλαπλούς χρήστες.

σύνδεση LiFi μπορεί να μεταδώσει δεδομένα με ρυθμό 224 GB ανά δευτερόλεπτο. Σε αυτήν την ταχύτητα, μπορείτε να κατεβάσετε ένα βίντεο υψηλής ευκρίνειας σε δευτερόλεπτα!

- Αποδοτικότητα: Το LiFi έχει τη δυνατότητα να είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό και φθηνότερο λόγω της φύσης των λαμπτήρων LED που είναι ήδη αποδοτικοί από μόνοι τους. Η τεχνολογία LiFi τους δίνει έναν άλλο σκοπό, τη συνδεσιμότητα. Αυτό θα εξοικονομήσει κόστος σε σπίτια και χώρους εργασίας, διότι θα μπορούσε να γίνει χωρίς ηλεκτρονικές συσκευές, όπως δρομολογητές, μόντεμ, επαναλήπτες σήματος, ενισχυτές κυμάτων και κεραίες. Αυτές οι συσκευές πρέπει να είναι συνδεδεμένες στην τροφοδοσία 24/7 για να λειτουργούν. Το γεγονός ότι πολλές υποδομές πιθανότατα διαθέτουν ήδη φώτα LED, χρησιμοποιώντας το LiFi δεν θα ήταν επιπλέον κόστος.
- Ασφάλεια: Τα ραδιοκύματα μπορούν να παρακολουθούνται από άτομα εκτός του δικτύου σας, καθώς μπορούν να περάσουν από τοίχους που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των δεδομένων σας. Αλλά το φως σταματά από αδιαφανή αντικείμενα καθιστώντας το LiFi σημαντικά πιο ασφαλές από άλλες ασύρματες τεχνολογίες.
- Αισθησιμότητα: Με το LiFi, κάθε πηγή φωτός μπορεί να σας συνδέσει στο Αιαδίκτυο. Στο εγγύς μέλλον, όταν η τεχνολογία είναι ήδη διαθέσιμη στο ευρύ κοινό, τα φώτα του δρόμου, τα φώτα κτιρίων και ο φωτισμός μεταφοράς μπορούν να επικοινωνούν ασύρματα και να έχετε πρόσβαση στο Αιαδίκτυο όπου κι αν βρίσκεστε.

#### IV. Εφαρμογές

Α. αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του δικτύου στην εφαρ- μογή

b9

#### REFERENCES

- [1] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864816300335>
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Visible\\_light\\_communication](https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_light_communication)
- [3] [https://www.researchgate.net/publication/290825448\\_VLC\\_technology\\_for\\_indoor\\_LTE](https://www.researchgate.net/publication/290825448_VLC_technology_for_indoor_LTE)
- [4] D.-R. Kim, S.-H. Yang, H.-S Kim, Y.-H Son, S.-K Han, Outdoor visible light communication for inter-vehicle communication using controller area network, in: Proceedings of Fourth International Conference on the Communications and Electronics (ICCE), 2012, pp.31-34.
- [5] <https://lifi.co/lifi-pros-cons/>
- [6] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6427442/>
- [7] <https://lifi.co/visible-light-communication/>

Figure 8. Το VLC δίκτυο σε σχηματικό διάγραμμα.

B. Πλεονεκτήματα για μια συγκεκριμένη εφαρμογή

- Ταχύτητα: Τα κύματα φωτός είναι σε θέση να μεταφέρουν πολύ περισσότερες πληροφορίες από τα

ραδιοκύματα που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία Wi-Fi, καθώς το φάσμα ορατού φωτός είναι σχεδόν 10.000 φορές μεγαλύτερο από το φάσμα που καταλαμβάνουν τα ραδιοκύματα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η μετάδοση δεδομένων μέσω LiFi είναι 100 φορές

ταχύτερη από τη μετάδοση δεδομένων μέσω Wi-Fi. Η

- [8]<https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-VLC-Visible-Light-Communication.html>
- [9][https://www.researchgate.net/profile/Alif-Shah/publication/311707609 Novel Architecture for Future Li-Fi Wireless Technology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alif-Shah/publication/311707609_Novel_Architec_Fi_Wireless_Technology/links/5856352208ae81995eb4c4f0/Novel-Architecture-for-Future-Li-Fi-Wireless-Technology.pdf)