



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εφαρμογή των πρωτοκόλλων KNX, DALI και EnOcean σε αυτοματισμούς κτιρίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Δημητράκης

Επιβλέπων: Παναγιώτης Α. Κονταξής Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων Καθηγητής: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εφαρμογή των πρωτοκόλλων KNX, DALI και EnOcean σε αυτοματισμούς κτιρίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Δημητράκης

Επιβλέπων: Παναγιώτης Α. Κονταξής Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων Καθηγητής: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την.....Σεπτεμβρίου 2017.

.....
Φραγκίσκος Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Κορρές
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Γκόνογ
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017

.....

Αναστάσιος Δημητράκης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αναστάσιος Δημητράκης, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα συστήματα αυτοματισμού. Γίνεται εισαγωγή σε τρία γνωστά πρότυπα συστημάτων αυτοματισμού, KNX, DALI και EnOcean και γίνεται σύγκριση των συστημάτων αυτοματισμού με τις συμβατικές εγκαταστάσεις. Για κάθε πρότυπο αναφέρονται οι συσκευές οι οποίες υπάρχουν διαθέσιμες για τις εγκαταστάσεις, η τεχνολογία τους και οι δυνατότητες τους. Αναλύονται οι μέθοδοι επικοινωνίας και οι τοπολογίες για κάθε πρότυπο και γίνεται σύγκριση μεταξύ αυτών. Γίνεται εισαγωγή στο προγραμματιστικό περιβάλλον του προτύπου KNX, το ETS, και περιγράφεται μια πραγματική εφαρμογή η οποία υλοποιήθηκε με αυτό. Εξετάζονται τα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και οι περιορισμοί μεταξύ των συστημάτων DALI και KNX. Εξετάζεται η συνεισφορά των συστημάτων αυτοματισμού στην εξοικονόμηση ενέργειας, με παράλληλο γνώμονα την καλή ποιότητα ισχύος. Τέλος γίνεται σύγκριση των μετρήσεων δύο κοινών αισθητήρων των συστημάτων DALI και KNX.

Abstract

In this thesis three building automation systems are examined. Three automation systems standards are introduced, KNX, DALI and EnOcean and automation systems are compared to the conventional installations. For each standard, the devices available for the installations, their technology, and capabilities are mentioned. The communication methods and topologies for each standard are analyzed and compared to each other. There is an introduction to the programming environment of the KNX standard, ETS, and a real application that has been implemented with it is described. Advantages, disadvantages and constraints between DALI and KNX systems are examined. The contribution of automation systems to energy savings while maintaining good power quality is later examined. Finally, a comparison between the two common sensors of the DALI and KNX systems is taking place.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2016-2017.

Ευχαριστούμε τις εταιρείες ABB, Μειδάνης Α.Ε. και OSRAM, καθώς, τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της OSRAM Ελλάς κ. Δημήτριο Ζαχαράκη, τον κ. Παναγιώτη Μπίμη και τον Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Τριαντάφυλλο Γεμιτζάκη για την προσφορά τους στον υλικό εξοπλισμό που ήταν απαραίτητος για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, κ. Φραγκίσκο Τοπαλή, για την ανάθεση της παρούσας εργασίας την πολύτιμη καθοδήγηση και στήριξη του κατά τη διάρκεια αυτής.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ τους συμμετέχοντες στην εξεταστική επιτροπή, κ. Γεώργιο Κορρέ και κ. Ιωάννη Γκόνο.

Εκφράζω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κ. Παναγιώτη Κονταξή, για τη συνεργασία του, την αμέριστη βοήθεια του και την υποστήριξη όλους αυτούς τους μήνες.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου για τη στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Περιεχόμενα	ix
Κεφάλαιο 1 - Συστήματα Αυτοματισμού	1
1.1 Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον	1
1.2 Πρότυπο KNX	3
1.3 Πρότυπο DALI	5
1.4 Πρότυπο EnOcean	8
1.5 Σύγκριση Συμβατικών Εγκαταστάσεων και Συστημάτων Αυτοματισμού	9
1.5.1 Διακόπτες On/Off, Αλερετούρ και Αλερετούρ με Μεσαίο	9
1.5.2 Σύνθετες Λειτουργίες Κατοικίας	14
Κεφάλαιο 2 – Συσκευές	17
2.1 Δομή και Τύποι Συσκευών KNX	17
2.2 Δομή και Τύποι Συσκευών DALI	19
2.3 Δομή και Τύποι Συσκευών EnOcean	20
Κεφάλαιο 3 - Μέθοδοι Επικοινωνίας και Τοπολογίες	23
3.1 Πρότυπο KNX	23
3.1.1 Twiced Pair (TP)	24
3.1.2 Powerline (PL)	29
3.1.3 Radio Frequency (RF)	31
3.1.4 Erthenet (IP)	35
3.1.5 Τοπολογίες	39
3.2 Πρότυπο DALI	46
3.3 Πρότυπο EnOcean	49
3.4 Σύγκριση KNX TP και DALI TP	51
Κεφάλαιο 4 - Engineering Tool Software (ETS)	53
4.1 Περιβάλλον Εργασίας	53
4.2 Εφαρμογή Εργαστηρίου Φωτοτεχνίας HMMY ΕΜΠ	60
Κεφάλαιο 5 - Συνεργασία DALI και KNX	69
5.1 Πλεονεκτήματα Συνεργασίας	69
5.2 Μειονεκτήματα και Περιορισμοί Συνεργασίας	71
5.4 Συμπεράσματα	76
Κεφάλαιο 6 - Εξοικονόμηση Ενέργειας και Ποιότητα Ισχύος	77
6.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας	77
6.2 Ποιότητα Ισχύος	78
6.3 Dimming Φωτιστικών	78

Κεφάλαιο 7 - Σύγκριση Κοινών Αισθητήρων DALI και KNX	83
7.1 Σύγκριση Αισθητήρων	83
Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα	87
Βιβλιογραφία	91
Παράρτημα Α - Συσκευές KNX , DALI και EnOcean	93
Παράρτημα Β - Όργανα Μέτρησης	111

Κεφάλαιο 1

Συστήματα Αυτοματισμού

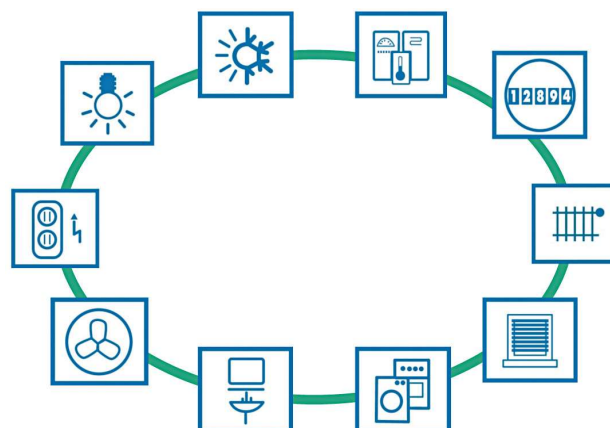
Τα συστήματα αυτοματισμού καθιστούν τις εγκαταστάσεις των κτιρίων περισσότερο οικονομικές, αποδοτικές, ασφαλέστερες, ευέλικτες, ενεργειακά αποδοτικές και φυσικά πιο άνετες και βολικές για τους χρήστες τους. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε τρία τέτοια πρότυπα από το σύνολο αυτών που υπάρχουν και μια γενικότερη σύγκριση τους με τις κλασσικές ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις [1].

1.1 Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον

Ο άνθρωπος ζει διαφορετικά από ότι ζούσε μερικές δεκαετίες πριν. Παίρνουμε λεφτά από ταμειακές μηχανές, αγοράζουμε αγαθά και υπηρεσίες από το διαδίκτυο, κάνουμε τηλεφωνήματα από το κινητό μας σε όλον τον κόσμο και η αποστολή ενός mail στον πιο απομακρυσμένο προορισμό δεν διαρκεί περισσότερο από πέντε λεπτά. Καθοδηγούμαστε στα αυτοκίνητα μας από δορυφορικά συστήματα, κλείνουμε και ξεκλειδώνουμε τις πόρτες χωρίς κλειδιά και από απόσταση. Τα εσωτερικά φώτα ανάβουν όταν μπαίνουμε μέσα στο δωμάτιο. Έχουν υπάρξει πρωτοποριακές εξελίξεις στους τομείς της επικοινωνίας, ψυχαγωγίας και της τεχνολογίας των αυτοκινήτων. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στα κτίρια δεν αναπτύχθηκε με τον ίδιο τρόπο σε αυτήν την περίοδο. Ανοίγουμε ακόμα τις πόρτες με συμβατικά κλειδιά. Αν δεν προλάβουμε να βρούμε εγκαίρως τους διακόπτες τότε ο χρονοδιακόπτης της σκάλας σβήνει τα φώτα. Η θέρμανση ενώ μπορεί να διατηρεί αυτόματα ένα σπίτι σε σταθερή και ευχάριστη θερμοκρασία δεν μπορεί να παρατηρεί αν αφήσαμε κάποιο παράθυρο ανοιχτό. Πριν φύγουμε για Σαββατοκύριακο είναι καλό να μειώνουμε τη θερμοκρασία στις δεξαμενές ζεστού νερού, να κλείνουμε όλες τις ηλεκτρικές συσκευές σε αναμονή κτλ, κάτι που κανείς δεν το κάνει, τουλάχιστον αξιόπιστα, καθώς απαιτείται πολύς χρόνος.

Τα κτίρια πρέπει να είναι ευέλικτα και ικανά να φιλοξενούν δικτυακές υπηρεσίες. Από τεχνική άποψη, όλα αυτά είναι ήδη πλήρως εφικτά. Το κλειδί για την κατασκευή ενός "έξυπνου" κτιρίου είναι να το εξοπλίσει κανείς με δικτυωμένους αισθητήρες και συσκευές εξόδων. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει αυτό:

- *Συμβατικές Μέθοδοι*: Η άμεσα προφανής λύση είναι η χρήση μιας τοπολογίας αστέρα, δηλαδή η διάταξη κατά την οποία κάθε κύκλωμα εξόδου συνδέεται με το δικό του καλώδιο σε μια κεντρική πλακέτα όπου οι λογικές σχέσεις δημιουργούνται από επαφές, διακόπτες και PLC. Αυτό λειτουργεί καλά για μικρές κατοικίες. Όσο αυξάνεται το μέγεθος της κατοικίας τόσο θα αυξάνεται η εργασία για τις καλωδιώσεις και το μέγεθος των πινάκων διανομής. Σε αυτήν την τοπολογία η προσθήκη ή επέκταση του συστήματος απαιτεί πολύ χρόνο και από άποψη εγκατάστασης και προγραμματισμού.
- *Τεχνολογίες bus*: Πολύ καλύτερη λύση είναι να συνδεθούν όλοι οι αισθητήρες και οι συσκευές εξόδου στο κτίριο σε ένα “καλώδιο δεδομένων” και να τους επιτρέπεται να μοιράζονται πληροφορίες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Παρακάτω δίνονται παραδείγματα αισθητήρων bus: Διακόπτες φωτισμού, ρυθμιστές φωτισμού, αισθητήρες κίνησης, παρουσίας, επαφές κουφωμάτων, κουμπιά κουδουνιών, μετρητές νερού, φυσικού αερίου, ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, αισθητήρες υπερέντασης, αισθητήρες θερμότητας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, αισθητήρες θερμότητας σε κυκλώματα ζεστού νερού, αισθητήρες φωτεινότητας για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, αισθητήρες ανέμου, μηνύματα κατάστασης και σφαλμάτων λευκών συσκευών, αισθητήρες διαρροής, μετρητές στάθμης, ραδιοφωνικοί δέκτες, δέκτες remote control, κτλ. Παραδείγματα συσκευών εξόδων: Ρελέ On/Off διάφορων φορτίων, ρυθμιστές φωτεινότητας, ένδειξη θερμοκρασίας, μηχανισμοί για τέντες, περσίδες, κουρτίνες και κουφώματα, κυκλοφορητές νερού, συναγερμοί, οθόνες πληροφοριών και ενδεικτικές λυχνίες, ρευματοδότες με ρελέ για διακοπή αναμονής, συστήματα κλιματισμού, εξαερισμού, έλεγχος λευκών συσκευών, τηλεφωνικά συστήματα, ηλεκτρικές κλειδαριές, κτλ.



Σχήμα 1.1: Ένα σύστημα bus είναι ένα σύστημα αισθητήρων και συσκευών εξόδων ενωμένων μεταξύ τους με ένα "καλώδιο bus" [1].

Με την πρώτη ματιά τα συστήματα αυτά είναι ακριβότερα από τις συμβατικές εγκαταστάσεις. Αυτό που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι τα οφέλη που προσφέρει ένα τέτοιο σύστημα σε όλη τη διάρκεια της ζωής του. Μερικά επιχειρήματα ανάλογα και με τον τύπο του κτιρίου είναι τα εξής:

- Σε περίπτωση που ο πελάτης επιθυμεί πλήθος από διαφορετικές λειτουργίες, τότε ένα σύστημα bus είναι φθηνότερο και ευκολότερο από την ισοδύναμη συμβατική εγκατάσταση καθώς θα είναι λιγότερο περίπλοκο.
- Συνεχής εξοικονόμηση ενέργειας και άρα λιγότερα λειτουργικά έξοδα.
- Μεγαλύτερη άνεση και ευκολία.
- Ευκολότερη λειτουργία για τα άτομα με ειδικές ανάγκες.
- Ευέλικτες εγκαταστάσεις.
- Ασφάλεια (προσομοίωση παρουσίας, συναγερμός διάρρηξης, συναγερμός κρίσιμων λειτουργιών, κουμπιά πανικού, κτλ).

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αλλάζουν. Οι πελάτες θα πρέπει να αποδεχτούν τα οφέλη μιας εγκατάστασης bus που είναι ανθεκτική στο μέλλον, προκειμένου να λάβουν τεκμηριωμένη απόφαση σχετικά με το εάν η αρχική υψηλότερη επένδυση δικαιολογείται από τη μακροπρόθεσμη μείωση των λειτουργικών εξόδων. Ήδη τα νέα εμπορικά, σχολεία, χώροι εκδηλώσεων, γραφεία, ξενοδοχεία, χειρουργεία, δικηγορικά γραφεία και χώροι παραγωγής επιλέγουν να εξοπλιστούν με εγκαταστάσεις bus. Σε αυτά τα κτίρια η τεχνολογία bus κοστίζει συχνά λιγότερο από μια συμβατική ηλεκτρική εγκατάσταση ακόμα και από το στάδιο της καλωδίωσης [1].

1.2 Πρότυπο KNX

Μια από τις τεχνολογίες bus στην αγορά είναι το σύστημα KNX, ένα πρότυπο που υποστηρίζεται από πολλούς διαφορετικούς κατασκευαστές. Αυτό συμβαίνει επειδή:

- Όλες οι ισχυρές εταιρείες στον τομέα των κτιριακών εγκαταστάσεων υποστηρίζουν την τεχνολογία αυτή.
- Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε ειδικά για την κάλυψη κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Είναι καθιερωμένο πρότυπο με ένα τεράστιο φάσμα λειτουργιών.
- Υπάρχουν χιλιάδες ομάδες προϊόντων με πιστοποίηση KNX που καλύπτουν κάθε πιθανό πεδίο εφαρμογής.
- Όλα τα προϊόντα ελέγχονται από ανεξάρτητα εργαστήρια δοκιμών.
- Προϊόντα διαφορετικών κατασκευαστών είναι πλήρως συμβατά μεταξύ τους.

- Το κοινό λογισμικό του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε προϊόν KNX.
- Υποστηρίζει όλα τα μέσα επικοινωνίας (TP, PL, RF, IP).
- Είναι τυποποιημένο στην Ευρώπη (CENELEC EN 50090, CEN 13321-1/2), διεθνώς (ISO/ IEC 14543-3), Κίνα (GB/T 20965) και ΗΠΑ (ANSI/ASHRAE 135).
- Περισσότερα από 350 μέλη σε 37 χώρες κατασκευάζουν προϊόντα σύμφωνα με το πρότυπο αυτό.

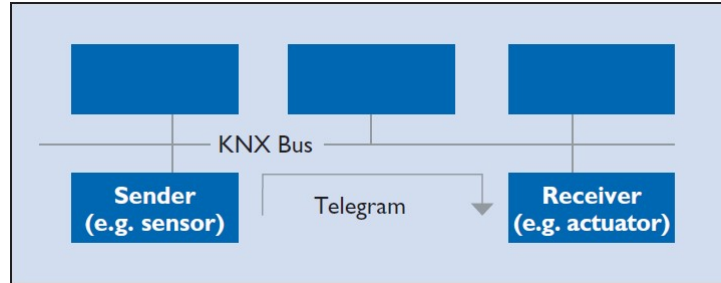


Σχήμα 1.2: Λογότυπο συστήματος KNX [1].

Το σύστημα αυτοματισμού κτιρίων KNX ήταν αρχικά γνωστό ως European Installation Bus (EIB) και αναπτύχθηκε από την EIB Association (EIBA). Το 1999 συγχωνεύτηκαν η EIBA, η Batibus Club International (BCI, Γαλλία) και η European Home Systems Association (EHSA, Ολλανδία), υιοθετήθηκε το όνομα KNX και ιδρύθηκε η ένωση KNX με έδρα τις Βρυξέλλες. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις σύγχρονες συσκευές KNX είναι συμβατή με του συστήματος της EIB.

Το σύστημα KNX είναι ένα σύστημα bus για τον έλεγχο κτιρίων. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι συσκευές ενός συστήματος KNX χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο μετάδοσης και είναι σε θέση να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω ενός κοινού δικτύου bus. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος KNX είναι η αποκεντρωμένη δομή του. Δεν υπάρχει ανάγκη για κεντρική μονάδα ελέγχου, επειδή η "νοημοσύνη" του συστήματος υπάρχει σε όλες τις συσκευές του. Κάθε συσκευή έχει δικό της μικροεπεξεργαστή. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της αποκεντρωμένης δομής του KNX είναι ότι, εάν αποτύχει μια συσκευή, οι άλλες συνεχίζουν να λειτουργούν. Μόνο εκείνες οι εφαρμογές που εξαρτώνται από την αποτυχημένη συσκευή θα διακοπούν. Γενικά, σε ένα σύστημα KNX, οι συσκευές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: συσκευές συστήματος (τροφοδοτικό, θύρα προγραμματισμού κλπ.), αισθητήρες και συσκευές εξόδων. Οι αισθητήρες είναι συσκευές που ανιχνεύουν συμβάντα στο κτίριο (π.χ. κάποιος που πατάει ένα κουμπί, κάποιον που κινείται, μια θερμοκρασία που πέφτει πάνω ή κάτω από μια καθορισμένη τιμή κλπ.), Τα μετατρέπει σε τηλεγραφήματα (πακέτα δεδομένων) και τα στέλνει κατά μήκος του δικτύου bus.

Οι συσκευές που λαμβάνουν τηλεγραφήματα και μετατρέπουν τις εντολές που είναι ενσωματωμένες σε αυτές είναι γνωστές ως συσκευές εξόδων. Οι αισθητήρες στέλνουν εντολές, ενώ οι συσκευές εξόδων τις λαμβάνουν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3.



Σχήμα 1.3: Αποστολή τηλεγραφήματος από έναν αισθητήρα σε μια συσκευή εξόδου [1].

Χάρη στην αποκεντρωμένη δομή τους, τα συστήματα KNX μπορούν να τροποποιηθούν και να επεκταθούν. Η μικρότερη δυνατή εφαρμογή KNX είναι ένα σύστημα που συνδέει δύο συσκευές bus (εκτός των συσκευών συστήματος), έναν αισθητήρα και μια συσκευή εξόδου. Αυτό το βασικό σύστημα μπορεί αργότερα να αναβαθμιστεί με όσες συσκευές είναι απαραίτητες για την εκτέλεση των επιθυμητών εργασιών ελέγχου. Θεωρητικά, ένα σύστημα KNX μπορεί να αποτελείται από περισσότερες από 50.000 συσκευές. Κατά την επέκταση ενός συστήματος KNX είναι απαραίτητο να τηρείται μια συγκεκριμένη τοπολογία.

Διάφορα μέσα επικοινωνίας (και συνεπώς μέθοδοι μετάδοσης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών σε ένα σύστημα KNX:

- *KNX Twisted Pair (KNX TP)*: επικοινωνία μέσω καλωδίου δεδομένων συνεστραμμένου ζεύγους (καλώδιο bus).
- *KNX Powerline (KNX PL)*: χρησιμοποιεί το υπάρχον δίκτυο 230/400V.
- *KNX Radio Frequency (KNX RF)*: επικοινωνία μέσω ραδιοσημάτων.
- *KNX IP*: επικοινωνία μέσω Ethernet [1].

1.3 Πρότυπο DALI

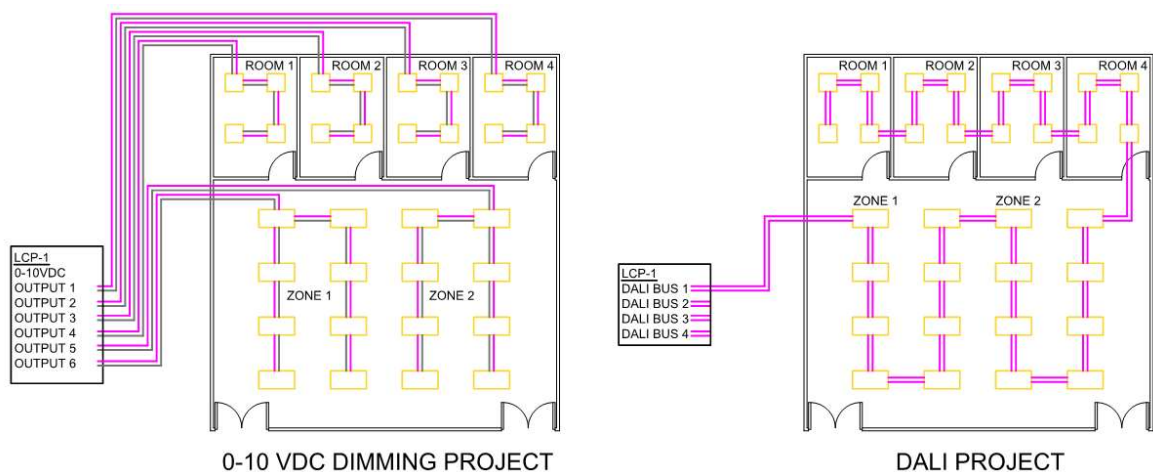
Οι απαιτήσεις στη σύγχρονη τεχνολογία φωτισμού είναι πολλές. Σε παλαιότερες εποχές υπήρχε μόνο ένας στόχος, να παρέχεται φως για οπτικές εργασίες. Σήμερα η ευκολία, η λειτουργικότητα και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι χαρακτηριστικά, τα οποία πρέπει να προστεθούν ως στόχοι. Η παραδοσιακή ηλεκτρική εγκατάσταση που βασίζεται στην απλή

καλωδίωση των διακοπών φώτος, των ρυθμιστών και των καταναλώσεων είναι ανεπαρκής για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις αυτές. Οι έλεγχοι με αναλογικές διεπαφές, όπως ο έλεγχος 1-10V, δεν παρέχουν ούτε την ευελιξία ούτε την ικανότητα ελέγχου των μεμονωμένων φωτιστικών σε ένα σύστημα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα συστήματα bus έχουν αναπτυχθεί. Η διαφορά των δύο αυτών συστημάτων φαίνεται στο Σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.4: Λογότυπο συστήματος DALI [2].

Αυτές οι απαιτήσεις έχουν θέσει τη βιομηχανία φωτισμού να καθορίσει ένα νέο πρότυπο για την ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους στοιχείων ενός συστήματος φωτισμού, το πρότυπο DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Ο στόχος ήταν ένα σύστημα με χαμηλού κόστους στοιχεία, το οποίο να είναι εύκολο να χειριστεί. Δημιουργείται ένα βελτιστοποιημένο σύνολο εντολών, οι οποίες περιορίζονται στις λογικές λειτουργίες ενός συστήματος ελέγχου φωτισμού. Η ιδέα του DALI αντιπροσωπεύει μια έξυπνη, λειτουργική διαχείριση φωτισμού που είναι εύκολη στην εφαρμογή και οικονομικά αποδοτική.



Σχήμα 1. 5: Έλεγχος φωτισμού με συστήματα χωρίς γραμμή bus και με γραμμής bus [3].

Πρόκειται για ένα διεθνές πρότυπο που εγγυάται την δυνατότητα ανταλλαγής των ρυθμιζμένων ballasts και τροφοδοτικών από διαφορετικούς κατασκευαστές. Αυτό δίνει στους σχεδιαστές, τους κατασκευαστές φωτιστικών, τους εγκαταστάτες και τους τελικούς χρήστες την ασφάλεια εφοδιασμού από πολλές πηγές. Το πρότυπο DALI είναι ο ιδανικός, απλοποιημένος, ψηφιακός τρόπος επικοινωνίας προσαρμοσμένος στις ανάγκες της σημερινής τεχνολογίας φωτισμού.

Η επικοινωνία και η εγκατάσταση έχουν απλοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Όλα τα ευφυή στοιχεία επικοινωνούν σε ένα τοπικό σύστημα με έναν τρόπο που είναι απλός και χωρίς παρεμβολές. Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για την καλωδίωση των καλωδίων δεδομένων και δεν υπάρχει ανάγκη να εγκατασταθούν τερματικά στα καλώδια για να προστατευθούν από τις ανακλάσεις. Το DALI έχει σχεδιαστεί με κοινή προσπάθεια από όλους τους κορυφαίους κατασκευαστές με την ιδέα να προσφέρεται ένα πρότυπο στην αγορά φωτισμού που να ανταποκρίνεται σε όλες τις απαιτήσεις. Όλοι οι κατασκευαστές εξαρτημάτων φωτισμού είναι πλέον σε θέση να λύσουν σύνθετα ζητούμενα φωτισμού με έναν απλό και άνετο τρόπο.

Οι χρήστες έχουν τις ακόλουθες επιλογές κατά την εγκατάσταση των συσκευών DALI στο σύστημα φωτισμού τους:

- Απλή καλωδίωση γραμμών ελέγχου.
- Απλός σχηματισμός και έλεγχος μεμονωμένων μονάδων ή ομάδων.
- Ταυτόχρονος έλεγχος όλων των μονάδων ανά πάσα στιγμή και λειτουργία.
- Απουσία παρεμβολών λόγω της απλής δομής δεδομένων.
- Μηνύματα κατάστασης ελέγχου συσκευής.
- Αυτόματη αναζήτηση συσκευών ελέγχου και αναγνώριση τύπου μονάδας.
- Αποθήκευση λειτουργικών ανοχών λαμπτήρων.
- Ρύθμιση της ταχύτητας dimming.
- Επιλογές φωτισμού έκτακτης ανάγκης.
- Απουσία εξωτερικών ρελέ για την τάση δικτύου (εσωτερικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα).
- Χαμηλότερο κόστος και περισσότερες λειτουργίες συγκριτικά με τα συστήματα 1-10V[2].

Το DALI έχει οριστεί για ένα μέγιστο αριθμό 64 μονάδων (μεμονωμένες διευθύνσεις), το πολύ 16 ομάδες (διευθύνσεις ομάδας) και το πολύ 16 σκηνές (τιμές φωτισμού σκηνής). Το DALI κλείνει το χάσμα μεταξύ των συμβατικών συστημάτων 1-10V και των σύνθετων συστημάτων ελέγχου φωτισμού[2].

Υπό την στέγη της Γερμανικής Κεντρικής Ένωσης Βιομηχανίας Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Προϊόντων ιδρύθηκε η ομάδα DALI για να θεσπίσει αυτό το νέο πρότυπο στην αγορά. Πολλοί κορυφαίοι κατασκευαστές συσκευών ελέγχου εντάχθηκαν στην ομάδα για να αναπτύξουν και να εμπορευθούν τα προϊόντα τους σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις [2].

1.4 Πρότυπο EnOcean

Η τεχνολογία EnOcean αποτελεί μια λύση για έξυπνα και πράσινα κτίρια με συσκευές που επικοινωνούν ασύρματα, χωρίς την ύπαρξη καλωδίων ή μπαταριών. Είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας για battery-less διακόπτες και αισθητήρες. Προσφέρει μια πλήρως ευέλικτη εγκατάσταση με άνεση και ασφάλεια, εύκολα επεκτάσιμη οποιαδήποτε στιγμή. Μια επιλογή που εξοικονομεί λεφτά και χρόνο εγκατάστασης. Τα καλώδια σε μια εγκατάσταση είναι ακριβά και δεν προσφέρουν ευελιξία ενώ οι ασύρματες λύσεις με μπαταρίες έχουν πολλά προβλήματα καθώς οι μπαταρίες προκαλούν μόλυνση στο περιβάλλον και χρειάζονται συνεχώς αντικατάσταση ή επαναφόρτιση. Μια εγκατάσταση με EnOcean προσπερνά αυτά τα προβλήματα, μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα σε κάθε είδος εγκατάστασης, για απλές και σύνθετες εφαρμογές. Μια αρκετά οικονομική λύση που υποστηρίζεται από πολλούς διαφορετικούς κατασκευαστές παγκοσμίως.



Σχήμα 1.6: Λογότυπο συστήματος EnOcean [4].

Οι συσκευές με τεχνολογία EnOcean τροφοδοτούνται από μετατροπείς ενέργειας, αυτή είναι η βάση για ένα δίκτυο από ασύρματα προϊόντα που λειτουργούν για δεκαετίες χωρίς καμιά απαίτηση για συντήρηση. Η ενέργεια που χρειάζονται οι συσκευές για τη λειτουργία τους αντλείται από το περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα από την ενέργεια που κρύβεται στις μηχανικές κινήσεις, το φως και τις θερμοκρασιακές διαφορές. Τα ενεργειακά αυτά ποσά είναι αρκετά για την αποτελεσματική αποστολή των δεδομένων μέσα σε ένα τυπικό κτίριο. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τον έλεγχο φωτισμού, ηλεκτρικών ρολών, θερμοκρασίας, κτλ.

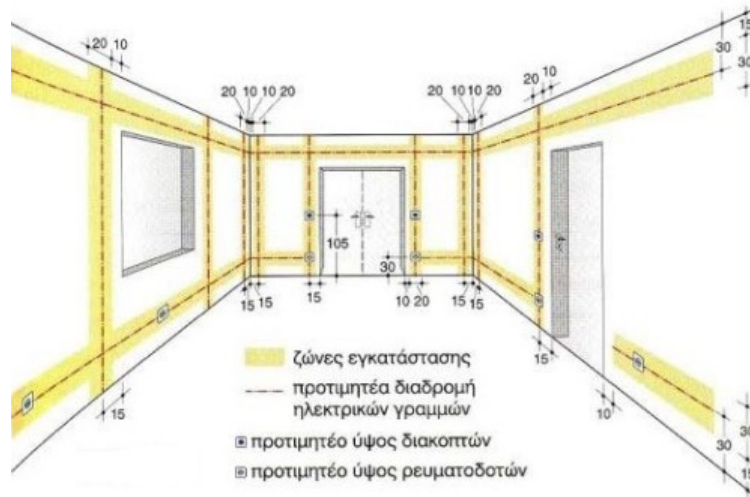
Οι κατηγορίες των προϊόντων χωρίζονται σε φωτισμό, θερμοκρασία, ποιότητα αέρα, μαγνητικές επαφές, ασφάλεια και smart metering. Περισσότερα από 350 μέλη κατασκευάζουν προϊόντα σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, καθιστώντας το μια ασφαλή επιλογή [4].

1.5 Σύγκριση Συμβατικών Εγκαταστάσεων και Συστημάτων Αυτοματισμού

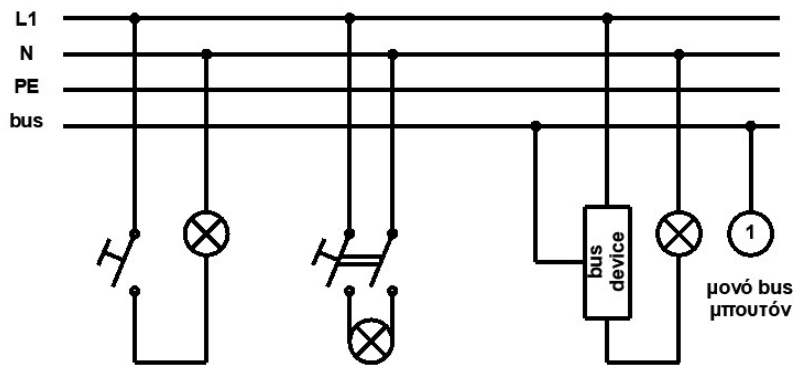
Για τη σύγκριση μεταξύ των συμβατικών εγκαταστάσεων και των συστημάτων αυτοματισμού θα χρησιμοποιηθούν ως παραδείγματα τρία απλά συστήματα φωτισμού. Σε ένα σύστημα αυξάνεται η πολυπλοκότητα και το κόστος της όταν πρέπει να ενεργοποιείται και να απενεργοποιείται ένα φωτιστικό από περισσότερα του ενός σημείου. Για περισσότερο σύνθετες λειτουργίες, όπως εφαρμογές που εξαρτώνται από το χρόνο λειτουργίας, την ώρα, τον φυσικό φωτισμό, την ανθρώπινη παρουσία, την ανίχνευση κίνησης, καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, κεντρικές λειτουργίες, κλπ, η εγκατάσταση γίνεται αρκετά περίπλοκη με τη χρήση των βασικών κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται στις συμβατικές εγκαταστάσεις. Απαιτούνται ειδικές συσκευές, όπως διακόπτες χρονισμού κλιμακοστασίου ή ρελέ. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αξίζει πάντα να εξεταστεί η χρήση ενός συστήματος αυτοματισμού ως προς το κόστος, τον χρόνο εγκατάστασης, την ευελιξία ή ακόμα και τη δυνατότητα υλοποίησης, καθώς τα κυκλώματα των συμβατικών εγκαταστάσεων μπορεί να μην καλύπτουν όλες τις επιθυμητές λειτουργίες [5].

1.5.1 Διακόπτες On/Off, Αλερετούρ και Αλερετούρ και Μεσαίος

Για την εφαρμογή ενός διακόπτη On/Off φωτιστικού από ένα σημείο απαιτείται ένας μονοπολικός ή ένας διπολικός διακόπτης. Για τον μονοπολικό διακόπτη θα χρειαστεί ο αγωγός της φάσης του φωτιστικού να μεταφερθεί από την οριζόντια ζώνη εγκατάστασης των καλωδίων μέχρι τον διακόπτη και από εκεί επιστρέφοντας στην ζώνη εγκατάστασης στο φωτιστικό, ενώ ο αγωγός του ουδετέρου από τη ζώνη εγκατάστασης απευθείας στο φωτιστικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.8. Οι ζώνες εγκατάστασης φαίνονται στο Σχήμα 1.7. Αν ο διακόπτης είναι διπολικός ο αγωγός της φάσης και του ουδετέρου ακολουθούν



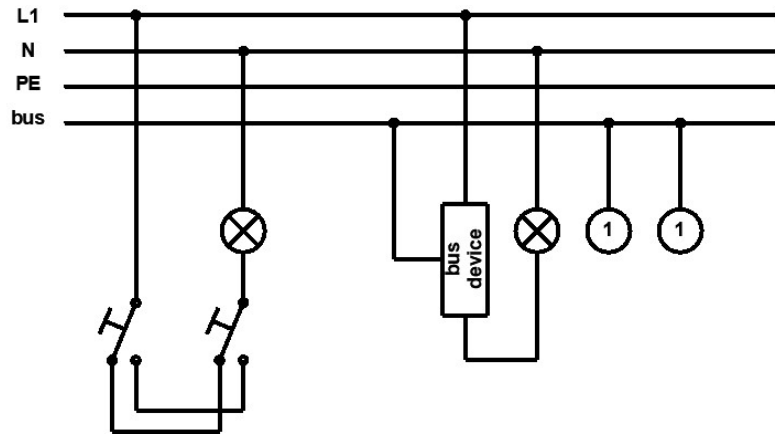
Σχήμα 1.7: Ζώνες εγκατάστασης γραμμών και κουτιών κατά DIN 18015[6].



Σχήμα 1.8: Μονοπολικοί και διπολικοί διακόπτες on/off.

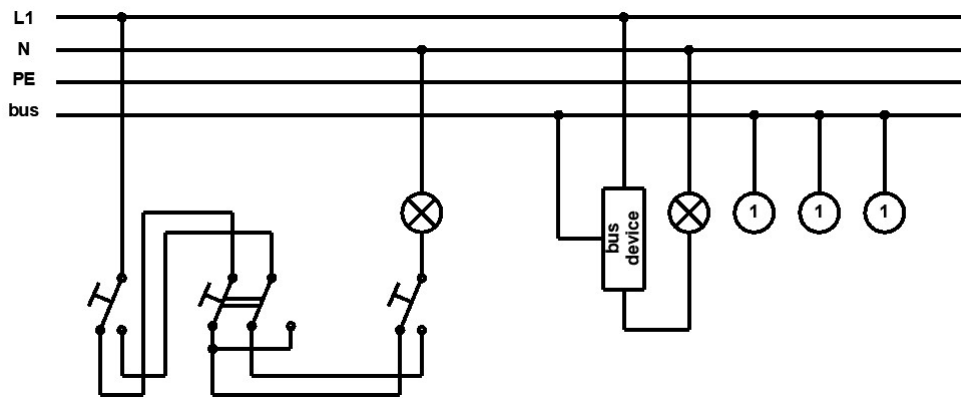
την ίδια διαδρομή. Στην περίπτωση ενός συστήματος bus, οι αγωγοί φάσης και ουδέτερου μπορούν να μεταφερθούν από τον πίνακα διανομής με τον συντομότερο δυνατό τρόπο μέχρι το φωτιστικό. Ενδιάμεσα τους ή εντός του πίνακα διανομής τοποθετείται η συσκευή bus που ελέγχει το φωτιστικό και συνδέεται στο καλώδιο bus από τη ζώνη εγκαταστάσεις ή κάποια άλλη κοντινή συσκευή bus στην εγκατάσταση ή τον πίνακα διανομής.

Για την εφαρμογή των αλερετούρ διακοπών, ο αγωγός της φάσης από την οριζόντια ζώνη εγκατάστασης κατεβαίνει στον πρώτο διακόπτη, από αυτόν επιστρέφει στη ζώνη εγκατάστασης και κατεβαίνει στον επόμενο διακόπτη και από αυτόν μέσω της ζώνης εγκατάστασης στο φωτιστικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.9. Στην περίπτωση του συστήματος bus, το κύκλωμα είναι ίδιο με πριν με τη διαφορά της προσθήκης ενός ακόμα μπουτόν χειρισμού.



Σχήμα 1.9: Διακόπτες αλερετούρ.

Για την εφαρμογή των αλερετούρ και μεσαίου ο αγωγός φάσης κατεβαίνει από την οριζόντια ζώνη εγκατάστασης στον πρώτο διακόπτη, από τον διακόπτη αυτόν μέσω της εγκατάστασης κατευθύνεται και κατεβαίνει στον μεσαίο διακόπτη, με τον ίδιο τρόπο φτάνει στον τελευταίο διακόπτη και από αυτόν μέσω της εγκατάστασης στο φωτιστικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.10. Στην περίπτωση του συστήματος bus, το κύκλωμα είναι ίδιο με πριν με τη διαφορά της προσθήκης ενός ακόμα μπουτόν χειρισμού.



Σχήμα 1.10: Διακόπτες αλερετούρ και μεσαίου.

Με τη συμβατική εγκατάσταση, χρησιμοποιούνται πολλά περιττά μέτρα καλωδίων ισχύος για τον έλεγχο των φορτίων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η παραπάνω χρήση χαλκού ή οποιουδήποτε άλλου υλικού χρησιμοποιηθεί και η επιπρόσθετη πτώση τάσης, η οποία σε μεγάλα φορτία ή μεγάλες αποστάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της διατομής των αγωγών αυξάνοντας το κόστος εγκατάστασης. Τα πρόσθετα μέτρα για έναν απλό διακόπτη μπορεί να μην είναι πολλά, στην περίπτωση όμως των αλερετούρ και αλερετούρ με μεσαίο, αυτά είναι πολλαπλάσια του πρώτου.

Ένα ακόμα μειονέκτημα των συμβατικών εγκαταστάσεων είναι ότι η τάση διαχείρισης που μεταφέρεται στον διακόπτη είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο και δημιουργούνται πρόσθετες ενώσεις μεταξύ των αγωγών ισχύος, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών τοπικά ή σπινθήρες με αποτέλεσμα τη φθορά του εξοπλισμού, δημιουργία πυρκαγιάς, ανθρώπινου τραυματισμού, κτλ. Στο παράδειγμα του ενός διακόπτη, οι ενώσεις των καλωδίων ισχύος στον διακόπτη είναι ίδιες σε αριθμό με τις ενώσεις στη συσκευή bus, ανάλογα και με την αντιμετώπιση του ουδέτερου αγωγού στον διακόπτη και τη συσκευή bus, στα επόμενα δύο όμως παραδείγματα ο αριθμός είναι πολλαπλάσιος του πρώτου ενώ για το σύστημα bus παραμένει σταθερός.

Στην περίπτωση ενός συστήματος bus, αντί καλώδια ισχύος χρησιμοποιείται καλώδιο bus το οποίο χρησιμοποιεί λιγότερη ποσότητα χαλκού και υπάρχει αρκετή ανοχή από το σύστημα bus στην πτώση τάσης για την ορθή λειτουργία του για μερικά εκατοντάδες μέτρα. Επίσης μπορεί να μην χρειαστούν επιπλέον καλώδια για κάθε πρόσθετο μπουτόν χειρισμού καθώς μπορούν δύο ή περισσότερες κοντινές συσκευές bus να συνδεθούν μεταξύ τους. Η τάση διαχείρισης αποτελεί μια ασφαλή τιμή για τον άνθρωπο, ακόμα και για χρήση σε χώρους όπως το λουτρό, καθώς δεν υπερβαίνει την τιμή των $30V_{DC}$. Και τέλος οι ενώσεις του καλωδίου bus είναι αξιόπιστες και δεν απαιτούν τακτικό έλεγχο και συντήρηση.

Στην περίπτωση των αλερετούρ και μεσαίου γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι αν το κύκλωμα αυτό θέλουμε να προκύψει ως επέκταση κάποιου από τα προηγούμενα τότε η εργασία θα είναι πολύπλοκη, με αρκετές πιθανές δομικές παρεμβάσεις και διακοπή της παροχής της εγκατάστασης. Με ένα σύστημα bus η εργασία γίνεται αρκετά πιο εύκολη, μπορεί να προκύψει από προγραμματισμό μιας ήδη εγκατεστημένης συσκευής εκ νέου ή τον προγραμματισμό μιας καινούργιας συσκευής η οποία μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς νέα καλώδια και δομικές παρεμβάσεις αν εγκατασταθεί κοντά σε υπάρχουσες συσκευές ή αν έχουν προβλεφθεί αναμονές για μελλοντικές επεκτάσεις στην αρχική εγκατάσταση ή ακόμα και αν γίνει η επιλογή ασύρματων λύσεων επικοινωνίας. Επιπλέον η διακοπή της παροχής της εγκατάστασης δεν είναι απαραίτητη, χρειάζεται μόνο η διακοπή παροχής του συστήματος bus, το σύστημα bus σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί να διατηρήσει την κατάσταση των φορτίων, διατηρώντας την λειτουργικότητα του χώρου σε οποιαδήποτε εργασία συντήρησης ή επέκτασης κατά τη διάρκεια της και καθιστώντας την εργασία του εγκαταστάτη ευκολότερη.

Ένα τελευταίο θέμα, είναι η σύγκριση μεταξύ των καταναλώσεων πάνω στους πρόσθετους αγωγούς ισχύος για τη διαχείριση του φορτίου και στο σύστημα bus. Για τα εξής δεδομένα: αγωγό με υλικό χαλκό με ειδική αντίσταση $1.72 \cdot 10^{-8} \Omega m$, μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας $50^{\circ}C$, μήκος αγωγού από ζώνη εγκατάστασης έως τον διακόπτη και πίσω 3m, για αλερετούρ και μεσαίο 9m αγνοώντας τα τυχόν περιττά οριζόντια μέτρα που θα προκύψουν και διατομή αγωγού $1.5mm^2$ και για φορτίο 12 φωτιστικά LED 27W και ΣΙ 0.95, προκύπτει ότι το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό 1.483A και υπάρχει πτώση τάσης 0.342V, άρα η κατανάλωση ισχύος είναι περίπου 0.5W, όταν σε ένα σύστημα bus μόνο η απώλειες ενός τυπικού τροφοδοτικού είναι περίπου 2W. Για ένα τυπικό φορτίο φαίνεται ότι το σύστημα bus έχει πολλαπλάσια κατανάλωση, όμως αυτό μπορεί να αντιστραφεί για μεγαλύτερα φορτία και μεγαλύτερες αποστάσεις, επιπλέον, οι απώλειες αυτές είναι κατά πολύ μικρότερες από τις καταναλώσεις των φορτίων, τα οποία όταν διαχειρίζονται με κριτήρια την άνεση του χρήστη, την επέκταση ζωής του εξοπλισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας τότε το κέρδος από τη μείωση των λειτουργικών εξόδων που προκύπτει αντισταθμίζει τις προηγούμενες.

1.5.2 Σύνθετες Λειτουργίες

Όταν οι λειτουργίες μιας εγκατάστασης γίνονται περισσότερο σύνθετες τότε η επιλογή ενός συστήματος bus γίνεται η μοναδική επιλογή. Στον Πίνακα 1.1 περιγράφονται κάποιες ειδικές απαιτήσεις μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης για μια μονοκατοικία και γίνεται διάκριση αυτών ως προς τη δυνατότητα υλοποίησης με συμβατική εγκατάσταση ή σύστημα bus.

Πίνακας 1.1: Ειδικές απαιτήσεις οικιακής ηλεκτρικής εγκατάστασης και διάκριση αυτών ως προς την υλοποίηση τους με συμβατικές εγκαταστάσεις και συστήματα bus [7].

Μορφή Εγκατάστασης	Συμβατική	Bus
Ασφάλεια		
Διαχείριση εξωτερικού φωτισμού από κάθε χώρο	Όχι	Ναι
Διαχείριση εσωτερικού φωτισμού με ένα κουμπί	Όχι	Ναι
Φεύγοντας να θέτονται εκτός καταναλώσεις/ρευματοδότες	Πολύπλοκο	Ναι
Έλεγχος συσκευών από κάθε όροφο	Πολύπλοκο	Ναι
Ενημέρωση εγκαταστάσεις τηλεφωνικά ή διαδικτυακά	Μερική Κάλυψη	Ναι
Προσομοίωση παρουσίας τηλεφωνικά ή διαδικτυακά	Όχι	Ναι
Αυτόματος έλεγχος κάποιων εξωτερικών φωτιστικών	Μερική Κάλυψη	Ναι
Άνεση		
Έλεγχος θέρμανσης ανά όροφο	Όχι	Ναι
Σενάρια φωτισμού	Όχι	Ναι
Έλεγχος εξώπορτας από κάθε όροφο	Ναι	Ναι
Ένδειξης προσανατολισμού στους διακόπτες	Ναι	Ναι
Ενδείξεις καταναλώσεων που δεν είναι άμεσα ορατές	Πολύπλοκο	Ναι
Έλεγχος φωτισμού με τηλεχειριστήριο	Πολύπλοκο	Ναι
Ευελιξία		
Εύκολες αλλαγές και προσθήκες συσκευών	Μερική κάλυψη	Ναι
Προβλέψεις για μελλοντικές λειτουργίες	Μερική κάλυψη	Ναι
Εμφάνιση		
Λίγα κουμπιά	Όχι	Ναι
Ομαδοποιημένη εμφάνιση	Ναι	Ναι
Δυνατότητα αναγραφής στα πλήκτρα	Μερική κάλυψη	Ναι
Συμπεριφορά		
Συμπεριφορά σε περίπτωση διακοπής και επαναφοράς τάσης	Όχι	Ναι
Εύκολες και γρήγορες επεμβάσεις σε βλάβες	Ναι	Ναι
Ανεξαρτησία από έναν προμηθευτή	Ναι	Ναι
Χρήση		
Πολλές εντολές και ενδείξεις σε διαφορετικά σημεία	Μερική κάλυψη	Ναι
Πρόσθετα		
Απλή εγκατάσταση	Όχι	Ναι
Χρήση εγκατάστασης μέσω υπολογιστή	Όχι	Ναι

Η επιλογή της κλασσικής εγκατάστασης δεν επιτρέπει την υλοποίηση όλων των απαιτήσεων αποτελεσματικά έως και καθόλου. Σε κτιριακούς τομείς εκτός των κατοικιών αυτές οι ειδικές απαιτήσεις παύουν να είναι ειδικές με αποτέλεσμα ο εγκαταστάτης να το γνωρίζει εξ' αρχής ότι η εγκατάσταση αυτή θα πρέπει να υλοποιηθεί με συστήματα bus.

Κεφάλαιο 2

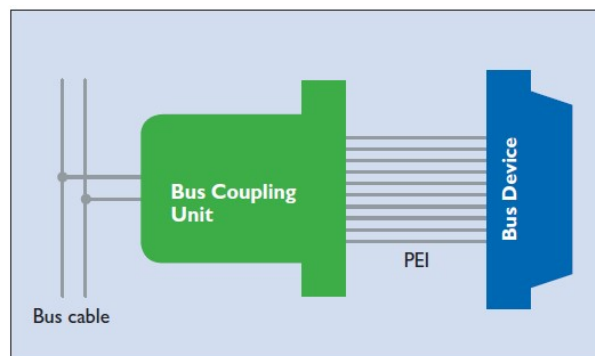
Συσκευές

Οι συσκευές για διαφορετικά πρότυπα επικοινωνίας δεν είναι πάντα ίδιας αρχιτεκτονικής. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν στο γεγονός ότι κάθε πρότυπο έχει τη δικιά του ξεχωριστή γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών του. Γίνεται χρήση διαφορετικών μέσων μετάδοσης, λαμβάνονται και αποστέλλονται σήματα διάφορων μορφών, το μέγεθος των πακέτων πληροφορίας διαφέρει, οι τοπολογίες των συσκευών διαφέρουν, κτλ. Συνεπώς κάθε πρότυπο απαιτεί συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για κάθε συσκευή της, ώστε οι λειτουργίες της να πραγματοποιούνται χωρίς προβλήματα.

2.1 Δομή και Τύποι Συσκευών KNX

Στα συστήματα KNX υπάρχουν δύο είδη συσκευών, οι συσκευές συστήματος και συσκευές εισόδων/εξόδων. Οι συσκευές συστήματος μπορεί να είναι τροφοδοτικά, ζεύκτες, θύρες προγραμματισμού, κτλ ενώ οι συσκευές εισόδων/εξόδων αισθητήρες, ρελέ επαφής, κτλ.

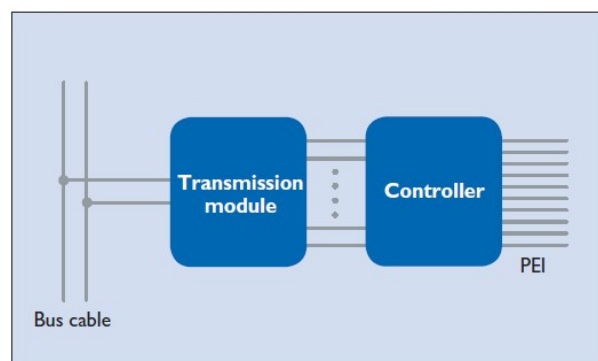
Όλες οι τυποποιημένες συσκευές bus αποτελούνται από δύο μέρη, τη μονάδα ζεύξης bus (BCU: Bus Coupling Unit) και την μονάδα εφαρμογής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Αν αυτά τα δύο εξαρτήματα είναι διαχωρίσιμα, συνδέονται μέσω μιας τυποποιημένης φυσικής εξωτερικής διασύνδεσης (PEI: Physical External Interface) με 10 ή 12 ακίδες. Αν μια συσκευή συναρμολογείται στο εργοστάσιο, όπως συμβαίνει με τις ενσωματωμένες συσκευές και τις περισσότερες συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για τοποθέτηση στη ράγα DIN, δεν θα είναι δυνατή η πρόσβαση στο PEI.



Σχήμα 2.1: Στοιχεία μιας συσκευής bus [1].

Για BCU που είναι μόνιμα ενσωματωμένες σε συσκευές, οι κατασκευαστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε μια έτοιμη μονάδα διασύνδεσης bus (BIM : Bus Interface Module) είτε ένα chipset KNX. Σε αυτούς τους τύπους συσκευών, όπου η BCU είναι ξεχωριστή συσκευή συνδεδεμένη με την τελική συσκευή μέσω του PEI, η BCU θα είναι ορατή. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών σχεδίων (με ενσωματωμένη πλακέτα, ράγες DIN και πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων για ενσωμάτωση σε κυκλώματα), αλλά όλες οι BCU είναι ουσιαστικά παρόμοιες σε δομή, αποτελούμενες από δύο λειτουργικές μονάδες: τον ελεγκτή μονάδας ζεύξης bus και τη μονάδα μετάδοσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2. Η μονάδα μετάδοσης προσδιορίζει το μέσο επικοινωνίας που θα χρησιμοποιήσει η BCU. Οι πιο συνηθισμένες BCU είναι αυτές με μονάδες μετάδοσης για το KNX TP (Twisted Pair) και για το KNX PL (Powerline). Και οι δύο τύποι μονάδας μετάδοσης περιέχουν επίσης τροφοδοτικό για τον ελεγκτή της BCU και παράγουν επαναφέρουν και αποθηκεύουν παλμούς για τον μικροελεγκτή. Ο ελεγκτής της BCU είναι ουσιαστικά ένας μικροελεγκτής, ένα chip που ενσωματώνει έναν μικροεπεξεργαστή και διάφορες μνήμες και περιφερειακές εισόδους και εξόδους. Ο μικροεπεξεργαστής θα ορίζεται από κάποιο πρότυπο για παράδειγμα NEC, ATmega ή Texas Instruments με τις ακόλουθες μνήμες:

- *RAM*: η μικρότερη μνήμη. Οι μεταβλητές παράμετροι που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία της συσκευής αποθηκεύονται εδώ.
- *EEPROM ή μνήμη flash*: τα δεδομένα (π.χ. παράμετροι, φυσικές διευθύνσεις και διευθύνσεις ομάδας) που εισάγει ο χρήστης στο λογισμικό της εφαρμογής αποθηκεύονται στη μνήμη αυτή.
- *ROM*: Το λογισμικό συστήματος για τη BCU αποθηκεύεται στη μνήμη αυτή κατά την παραγωγή του chip.



Σχήμα 2.2: Στοιχεία μονάδας ζεύξης bus [1].

Οι συσκευές συστήματος KNX είναι συσκευές που εκτελούν κυρίως ειδικές λειτουργίες και μπορούν να διαχωριστούν στις παρακάτω:

- *Τροφοδοτικά TP KNX*: τα τροφοδοτικά TP KNX τροφοδοτούν τις γραμμές KNX TP με την απαραίτητη τάση και παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των συσκευών.
- *KNX TP USB interfaces*: για τον προγραμματισμό του συστήματος KNX TP από υπολογιστή.
- *KNX TP line/area couplers*: αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των γραμμών και περιοχών KNX TP. Μπορούν επίσης να δρουν ως line repeaters.
- *KNX PL band-stop filters*: εμποδίζουν τα τηλεγραφήματα ισχύος να αποχωρούν από το επιθυμητό εύρος διάδοσης. Είναι συσκευές ενιαίας φάσης, ώστε να είναι προσαρμοσμένες σε όλες τις φάσεις.
- *KNX PL phase couplers*: σε ένα δίκτυο τριών φάσεων θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα σήματα KNX PL φθάνουν και στις τρεις φάσεις. Εάν αυτό δεν πραγματοποιείται αυτόματα η συσκευή αυτή μπορεί να βοηθήσει με την παροχή χωρητικής σύζευξης μεταξύ των τριών φάσεων του δικτύου 230 V.
- *KNX PL system couplers*: μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επαναλήπτες για σήματα δεδομένων στο δίκτυο 230 V. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως συζεύκτες γραμμής για τη σύζευξη πολλών γραμμών KNX PL ή ως συζεύκτες μέσων για τη σύνδεση συστημάτων KNX PL με συστήματα KNX TP.
- *KNX RF Media Couplers*: χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των εγκαταστάσεων KNX RF με τις εγκαταστάσεις KNX TP.
- *KNXnet/IP routers*: υποστηρίζουν τα πρωτόκολλα KNX IP routing και KNX IP tunneling και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γραμμές σύνδεσης και περιοχές. Οι δρομολογητές KNXnet/IP μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως θύρα προγραμματισμού.
- *KNXnet/IP interfaces*: χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό συστημάτων KNX από την πλευρά Ethernet [1].

2.2 Δομή και Τύποι Συσκευών DALI

Για το πρότυπο DALI δεν γίνεται αναφορά σε προδιαγραφές ή συστάσεις σχετικά με τον τρόπο υλοποίησης του σχεδιασμού κυκλωμάτων. Ανάλογα με την εφαρμογή, ο φωτισμός μπορεί να ελεγχθεί με αναλογικές ή ψηφιακές μονάδες εντός μιας συσκευής DALI. Το

πρότυπο DALI ορίζει τη μεταβλητή Actual Level ως ένα byte στη μνήμη RAM που αντιπροσωπεύει την τρέχουσα στάθμη εξόδου στη συσκευή ελέγχου. Επίσης, ορίζει μια λογαριθμική σχέση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων από 1 έως 254 (2^8 bits). Το 1 αντιπροσωπεύει το 0,1% του φωτισμού και το 254 αντιπροσωπεύει το 100% του φωτισμού. Και τέλος ορίζει ένα "φυσικό ελάχιστο επίπεδο". Το τροφοδοτικό ενός συστήματος DALI χρειάζεται να έχει γρήγορο χρόνο απόκρισης και αποτελεσματικό περιορισμό ρεύματος [8].

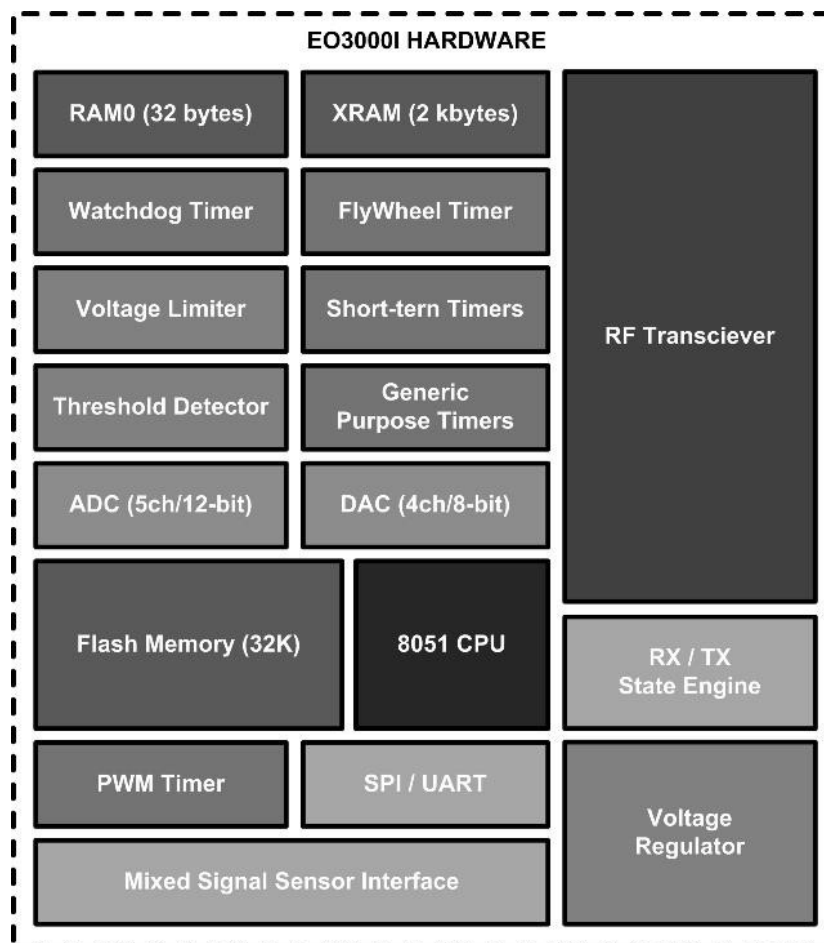
Το πρότυπο DALI αποτελεί μια ημιαμφίδρομη ψηφιακή επικοινωνία που περιλαμβάνεται από forward και backward frames. Τα forward frames αποτελούνται από ένα bit έναρξης, ένα byte διευθύνσεων, ένα byte δεδομένων και δύο stop bits. Τα backward frames (η απόκριση μετά την παραλαβή μιας ερώτησης ή εντολής μνήμης στο εμπρόσθιο πλαίσιο) αποτελείται από ένα bit έναρξης, ένα byte δεδομένων και δύο stop bits. Το πρότυπο DALI χρησιμοποιεί κωδικοποίηση Manchester. Στην τηλεπικοινωνία και την αποθήκευση δεδομένων, η κωδικοποίηση του Manchester (επίσης γνωστή ως Phase Encoding ή PE) είναι ένας κώδικας γραμμής στον οποίο η κωδικοποίηση κάθε δυαδικού ψηφίου δεδομένων είναι είτε χαμηλή είτε υψηλή, ή υψηλή και μετά χαμηλή ίσου χρόνου. Ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας είναι 1200bit/s. Ο χρόνος ενός bit είναι 833,33μs. Η κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση κατά Manchester γίνεται μέσω ενός CPU. Οι ορισμοί χρονισμού bit βασίζονται στην επιλογή της συχνότητας CPU. Το πρότυπο DALI ορίζει 15 διαφορετικούς χρόνους και ρυθμούς που ρυθμίζουν τον χρόνο που χρειάζεται για παράδειγμα ένα LED για να αλλάξει από την τρέχουσα στάθμη ισχύος στο επιθυμητό επίπεδο ισχύος [8-10].

Το πρότυπο ορίζει τους ακόλουθους τύπους συσκευών, λαμπτήρες φθορισμού (τύπος 0), αυτόνομος φωτισμός ασφαλείας (τύπος 1), λαμπτήρες εκκένωσης (εξαιρουμένων των λαμπτήρων φθορισμού) (τύπος 2), λαμπτήρες αλογόνου χαμηλής τάσης (τύπος 3), ελεγκτές τάσης τροφοδοσίας για λαμπτήρες πυρακτώσεως (τύπος 4), μετατροπείς από ψηφιακό σήμα σε συνεχή τάση (συσκευή 5), μονάδες LED (τύπος 6), Switching μονάδες (τύπος 7), μονάδες ελέγχου χρώματος (τύπος 8) και μελλοντικές μονάδες (τύποι 9-255) [2,11].

2.3 Δομή και Τύποι Συσκευών EnOcean

Η πλατφόρμα Dolphin είναι ένας πομποδέκτης System-on-Chip (SoC), ο οποίος παρέχει μια αμφίδρομη Ultra Low Power (ULP) λύση για διάφορες εφαρμογές. Περιλαμβάνει έναν πομποδέκτη RF που προσφέρει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 125kbit/s με τη χρήση ενός μικροελεγκτή 8051. Το SoC υποστηρίζεται περαιτέρω με διάφορα τμήματα διαχείρισης ισχύος ULP. Μια τυπική δομή υλικού της πλατφόρμας Dolphin είναι η δομή του υλι-

κού EO3000I, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3 και αναλύεται συνοπτικά παρακάτω.



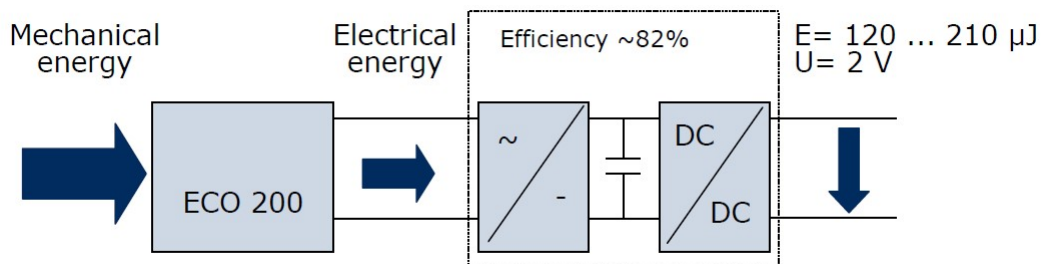
Σχήμα 2.3: Η πλατφόρμα υλικού EnOcean Dolphin EO3000I που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη και το σχεδιασμό πολλών προϊόντων [12].

Η μονάδα ULP αποτελείται από δύο μέρη, έναν Voltage limiter για τον περιορισμό της τάσης τροφοδοσίας του συστήματος και έναν Watchdog ως ανιχνευτή κατωφλίου On/Off. Στο υλικό EO3000I υπάρχουν επίσης Timers όπου με τη χρήση ενός εσωτερικού ταλαντωτή γίνεται ο χρονισμός της μονάδας ULP. Η μονάδα RF αποτελείται από τον Transceiver και state Engine. Τα προϊόντα EnOcean χρησιμοποιούν συχνότητες 315MHz, 868MHz για την Ευρώπη, 902MHz για την Βόρεια Αμερική και Καναδά και 928MHz για την Ιαπωνία και ως εκ τούτου μπορούν να διαμορφωθούν. Γίνεται χρήση ενός επεξεργαστή 8051 μαζί με έναν πομποδέκτη, συνοδεύεται επίσης από χρονόμετρα συστήματος, μνήμη και σειριακή διασύνδεση. Η μονάδα αισθητήρα μικτού σήματος μπορεί να υποστηρίξει έως και 10 διαμορφωμένες γραμμές εισόδων/εξόδων [12].

Προσφέρεται η επιλογή δύο τύπων εφαρμογών, Line-powered και Self-powered συσκευών. Η κατηγορία Self-powered είναι αυτή που ξεχωρίζει από προϊόντα άλλων προτύπων. Για τον σκοπό αυτόν έχουν αναπτυχθεί τρεις διαφορετικές μονάδες συλλογής ενέργειας. Η μονάδα ενέργειας ECO 200, ένας μετατροπέας ενέργειας γραμμικής μηχανικής κίνησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4α και Σχήμα 2.5. Η ενέργεια εξόδου σε κάθε πίεση του ελατηρίου επαρκεί για τη μετάδοση τριών τηλεγραφημάτων. Πιθανές εφαρμογές είναι οι διακόπτες και αισθητήρες στους τομείς των κτιριακών και των βιομηχανικών αυτοματισμών. Τα εσωτερικά ηλιακά κύτταρα ECS 300 και ECS 310 είναι μονάδες που εκμεταλλεύονται την ενέργεια από το φως. Το μικρότερο ECS 300 προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές μονοκατευθυντικών αισθητήρων. Το ECS 310 είναι σχεδιασμένο για χρήση σε αμφίδρομες εφαρμογές, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4β. Όπου υπάρχει φως, ακόμη και σε μια χαμηλή στάθμη των 200 lux ή και λιγότερο, τα μικροσκοπικά ηλιακά κύτταρα μπορούν να συγκεντρώσουν ενέργεια για ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων χωρίς μπαταρία. Τέλος, η μονάδα ECT 310 η οποία είναι ένας μετατροπέας DC/DC εξαιρετικής χαμηλής τάσης σε χαμηλό κόστος για την τροφοδοσία ασύρματων μονάδων EnOcean από την θερμική ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4γ. Μια διαφορά θερμοκρασίας 2°C παρέχει αρκετή ενέργεια για τη λειτουργία ηλεκτρονικών συσκευών. Η ισχύς εξόδου της κυμαίνεται από μερικά μW έως mW όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.8 [12-13].



Σχήμα 2.4: (α) Η ενεργειακή μονάδα ECO 200, (β) το εσωτερικό ηλιακό κύτταρο ECS 3x0 και (γ) η ενεργειακή μονάδα ECT 310 [13].



Σχήμα 2.5: Μετατροπή μηχανικής σε ηλεκτρικής ενέργειας με τη μονάδα ECO 200 [13].

Κεφάλαιο 3

Μέθοδοι Επικοινωνίας και Τοπολογίες

Τα συστήματα bus οφείλουν να είναι εύκολα στην εγκατάστασή τους, να επεκτείνονται εύκολα και γενικά η εργασία με αυτά σε οποιαδήποτε φάση της εγκατάστασης να είναι εύκολη, σύντομη και οικονομική. Η μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων μέσων επικοινωνίας για ένα πρότυπο σημαίνει ότι ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις, το πρότυπο αυτό θα μπορεί να τις ικανοποιήσει εύκολα, γρήγορα και οικονομικά, όπως για παράδειγμα, την επέκταση ή συντήρηση συστημάτων bus ακόμη και στα πιο λαβυρινθώδη κτίρια.

3.1 Πρότυπο KNX

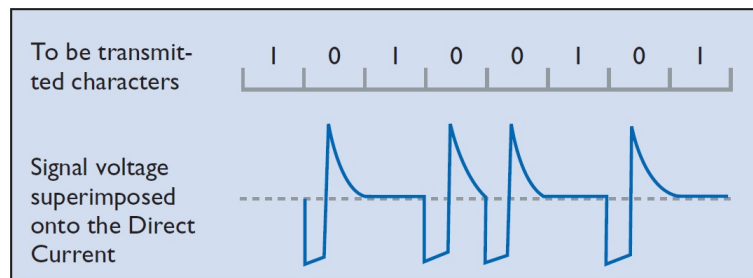
Το σύστημα KNX χρησιμοποιεί τέσσερα διαφορετικά μέσα επικοινωνίας για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών του, αυτά είναι το KNX Twisted Pair (KNX TP), KNX Powerline (KNX PL), KNX Radio Frequency (KNX RF) και KNX IP. Το KNX είναι το μοναδικό σύστημα bus που προσφέρει τόσο μεγάλη ποικιλία μέσων επικοινωνίας. Εύκολα συνεργάζονται μεταξύ τους με αρκετές επιλογές ως προς τις τοπολογίες τους, προσδίδοντας έτσι μια πληθώρα επιλογών κατά την εγκατάσταση. Παρά τα διάφορα διαθέσιμα μέσα επικοινωνίας, το KNX αποτελεί ένα ενιαίο σύστημα bus. Τα συστήματα KNX μπορούν να σχεδιαστούν και να τεθούν σε λειτουργία με ένα μόνο λογισμικό. Οι συσκευές bus διαφέρουν μόνο ως προς τον τύπο σύνδεσης που χρησιμοποιούν. Αυτό δεν επηρεάζει τον τρόπο επικοινωνίας των συσκευών μεταξύ τους (οι ίδιες διευθύνσεις ομάδας ισχύουν σε όλο το σύστημα, τα εξαρτήματα από διαφορετικούς κατασκευαστές είναι συμβατά μεταξύ τους κτλ). Ωστόσο, τα διάφορα μέσα ενημέρωσης διαφέρουν σημαντικά στους χρόνους μεταφοράς δεδομένων, τη μορφή τους κτλ. Για παράδειγμα, στην κανονική κυκλοφορία δεδομένων, ένα σύστημα KNX TP μπορεί να στείλει έως πενήντα τηλεγραφήματα ανά δευτερόλεπτο. Ενώ ένα σύστημα KNX PL, προσφέρει ρυθμό δεδομένων έξι τηλεγραφήματα ανά δευτερόλεπτο, με μεγαλύτερη δομή τηλεγραφημάτων και διαφορετική μέθοδο πρόσβασης αυτών [1].

3.1.1 Twiced Pair (TP)

Η εγκατάσταση ενός συστήματος KNX TP αποτελείται από ένα ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων (καλώδιο bus) το οποίο είναι το πιο κοινό μέσο επικοινωνίας για το σύστημα KNX. Όλες οι συσκευές του συστήματος είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους με τη χρήση του καλωδίου αυτού σε σειριακές δομές, αστέρα, δέντρου και συνδυασμούς αυτών, η σύνδεση σε σχήμα δακτυλίου απαγορεύεται. Η συνύπαρξη τους με τα καλώδια ισχύος είναι εφικτή και δεν χρειάζεται χρήση τερματικών.

Το καλώδιο bus εξυπηρετεί όλες τις συσκευές του συστήματος για την τροφοδοσία τους και τη μεταφορά δεδομένων. Η ονομαστική τάση του συστήματος είναι 24V ενώ η τάση που προσφέρεται από τα τροφοδοτικά είναι 30V. Όλες οι συσκευές λειτουργούν χωρίς κανένα σφάλμα στο εύρος τάσης μεταξύ 21 και 30V προσφέροντας έτσι μια εμβέλεια των 9V για την πτώση τάσης στα καλώδια και τις αντιστάσεις επαφής. Στις συσκευές η DC τάση τροφοδοσίας και AC τάση μεταφοράς δεδομένων διαχωρίζονται. Η τάση τροφοδοσίας δημιουργείται από έναν πυκνωτή. Τα δεδομένα διαχωρίζονται με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή, ενώ με τη χρήση του ιδίου, τα εξερχόμενα δεδομένα υπερθέτονται πάνω στην τάση τροφοδοσίας.

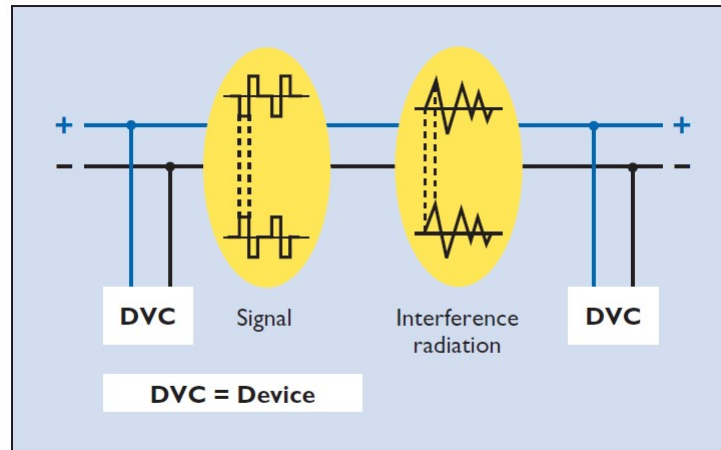
Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων είναι 9600bps και ταξιδεύουν σειριακά, ένα byte τη φορά με ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων. Όταν μεταδίδεται ένα λογικό μηδέν η τάση πέφτει και σε λιγότερο από 104μs αυξάνεται ξανά ξεπερνώντας την αρχική τάση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, αυτό οφείλεται κυρίως στην επαγωγική επίδραση του στραγγαλιστικού πηνίου (choke). Η μετάδοση των λογικών ένα αντιστοιχεί στην κατάσταση αναμονής του bus.



Σχήμα 3.1: Μορφή σήματος στο σύστημα KNX TP [1].

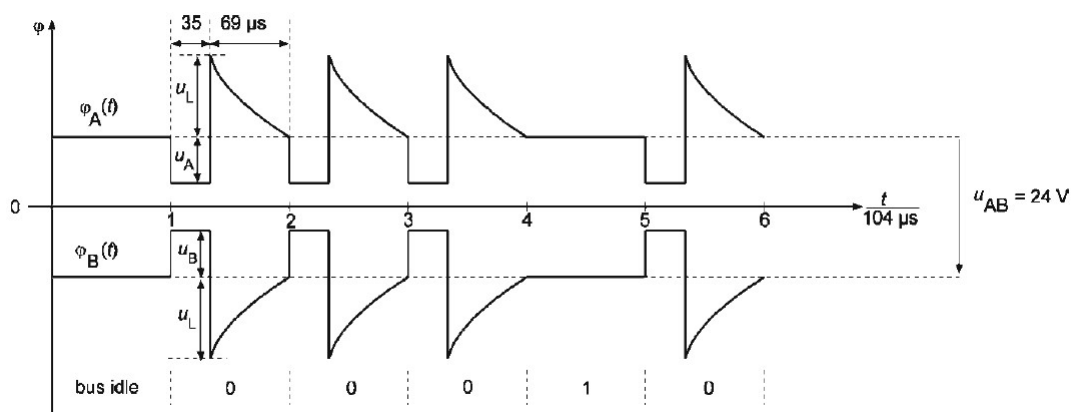
Ένα χαρακτηριστικό της επικοινωνίας KNX με TP είναι ότι τα σήματα είναι συμμετρικά συζευγμένα στο καλώδιο bus καθώς το καλώδιο δεδομένων δεν έχει κάποιο σταθερό σημείο αναφοράς ως προς γη. Αυτού του είδους η επικοινωνία είναι γνωστή ως συμμετρική

μη γειωμένη μετάδοση. Με αυτόν τον τρόπο, ο δέκτης μιας συσκευής βλέποντας τη διαφορά τάσης μεταξύ των δύο αγωγών αυξάνει σημαντικά την προστασία από παρεμβολές χωρίς καμιά προσθήκη επιπλέον hardware καθώς οι παρεμβολές είναι κοινές στους δύο αγωγούς και μη συμμετρικές, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2 [1].

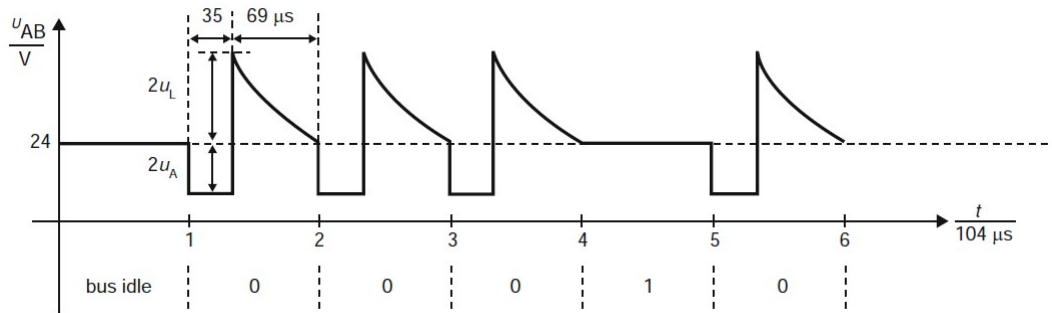


Σχήμα 3.2: Συμμετρική μεταφορά δεδομένων [1].

Ο πομπός των συσκευών δημιουργεί μια AC τάση αντίστοιχη του λογικού μηδέν στέλνοντας ένα κύμα μικρότερο της μισής περιόδου το οποίο μειώνει την τάση στους δύο αγωγούς περίπου 5V. Μετά από αυτή τη περίοδο ο πομπός ακυρώνει αυτή την πτώση τάσης. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, το καλώδιο bus, μετασχηματιστές και οι πυκνωτές φόρτισης όλων των συσκευών και φυσικά το choke του τροφοδοτικού δημιουργούν ένα θετικό αντισταθμιστικό παλμό γνωστό ως αντήχαιο. Ισχύουν τα εξής : $|u_A, u_B| = [0.25, 5]V$, $u_L = 1.7 \cdot u_A \leq 5V$ και $\varphi_A - \varphi_B = u_{AB}$, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3 και Σχήμα 3.4 [1,5].



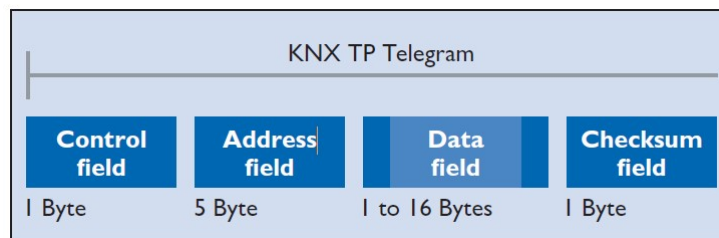
Σχήμα 3.3: Πιθανές καμπύλες στις γραμμές A και B με το σύστημα KNX TP [5].



Σχήμα 3.4: Καμπύλη τάσης με το σύστημα KNX TP [5].

Όλες οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών του συστήματος είναι υπό την μορφή τηλεγραφημάτων. Ένα τηλεγράφημα αποτελείται από μια ακολουθία χαρακτήρων, κάθε χαρακτήρας είναι ένα byte και αποτελείται από 8 bit. Αρκετοί χαρακτήρες συνδυάζονται ο ένας με τον άλλον για να σχηματίσουν ένα πεδίο. Το μικρότερο πλαίσιο δεδομένων αποτελείται από 9 bytes (για παράδειγμα εντολές on/off) και το μεγαλύτερο από 23 bytes. Τα τηλεγραφήματα KNX TP αποτελούνται από τέσσερα πεδία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5, τα οποία είναι:

- *To Control field*: το οποίο ορίζει την προτεραιότητα του τηλεγραφήματος και το αν η μετάδοση ή όχι του τηλεγραφήματος επαναλήφθηκε, εάν ο δέκτης δεν απάντησε.
- *To Address field*: το οποίο διευκρινίζει την ατομική διεύθυνση του αποστολέα (Source address, 2 bytes), τη διεύθυνση προορισμού η οποία μπορεί να είναι ατομική διεύθυνση ή διεύθυνση ομάδας του δέκτη (Destination address, 2 bytes + 1 bit) και τα πεδία Routing counter, 3 bits και Length, 4 bits.
- *To Data field*: το οποίο μπορεί να είναι μέχρι 16 bytes και περιέχει την ωφέλιμη πληροφορία του τηλεγραφήματος.
- *To Checksum field*: το οποίο χρησιμοποιείται για ελέγχους ακεραιότητας.



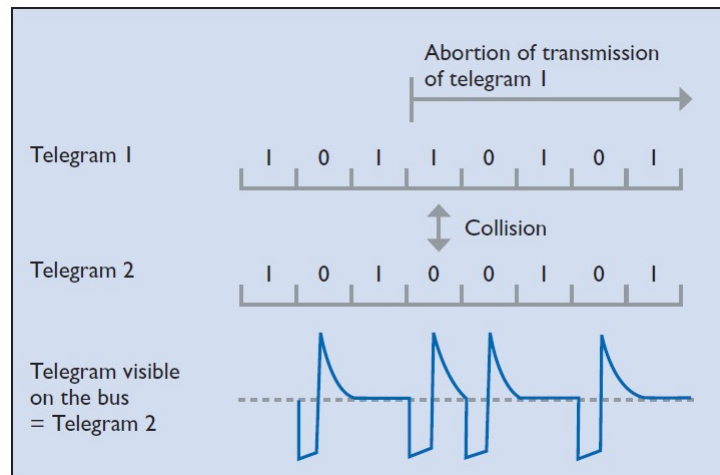
Σχήμα 3.5: Δομή τηλεγραφήματος στο σύστημα KNX TP [1].

Το πεδίο Checksum είναι ένα μικρού μεγέθους δεδομένο το οποίο αντλείται από ένα μπλοκ ψηφιακών δεδομένων με σκοπό την ανίχνευση σφαλμάτων τα οποία παρουσιάστηκαν κατά την μεταφορά ή αποθήκευση των δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για να επαληθεύσουν την ακεραιότητα των δεδομένων αλλά όχι την αυθεντικότητά τους.

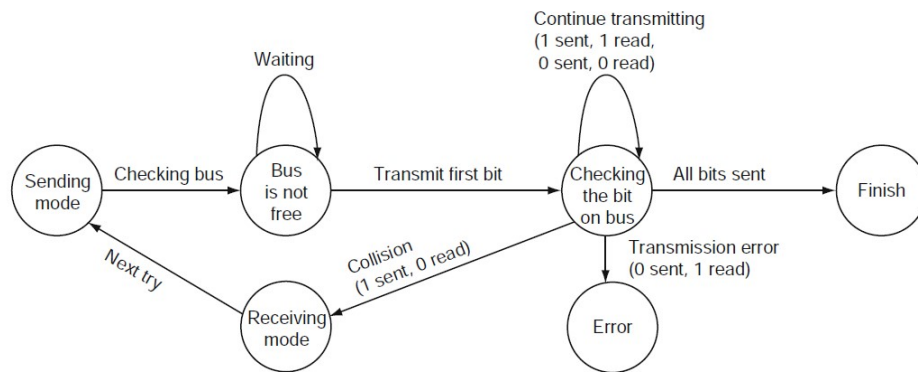
Όλες οι συσκευές που ανήκουν στη ατομική διεύθυνση ή ομάδα προορισμού ενός τηλεγραφήματος επιβεβαιώνουν ταυτόχρονα ότι έχουν λάβει το πλαίσιο δεδομένων με την επιστροφή ενός πλαισίου επιβεβαίωσης μήκους ενός byte. Επίσης λέγεται και πλαίσιο άθροισης επειδή περιλαμβάνει τα πλαίσια επιβεβαίωσης από όλους τους σχετικούς δέκτες. Σε περίπτωση που ένας δέκτης βρίσκεται σε άλλη γραμμή, αναλαμβάνει η συσκευή coupler να επιβεβαιώσει για αυτήν.

Αν μια συσκευή θέλει να στείλει ένα πλαίσιο δεδομένων πρέπει πρώτα να ελέγξει ότι δεν μεταφέρεται κάποιο άλλο πλαίσιο και άρα ο δίαυλος δεδομένων είναι ελεύθερος. Αν για μια περίοδο των 50 bits δεν μεταφέρεται κάποιο δεδομένο τότε ο δίαυλος ορίζεται ως ελεύθερος και ισοδυναμεί με 50 λογικά ένα, κατά τα οποία η διαφορά τάσης μεταξύ των δύο αγωγών είναι 24VDC [1].

Η πρόσβαση στο KNX bus γίνεται όπως και σε διάφορα άλλα συστήματα, τυχαία. Ένα τηλεγράφημα μπορεί να μεταδοθεί μόνο αν δεν μεταδίδεται κάποιο άλλο τηλεγράφημα την ίδια στιγμή. Για την αποφυγή συγκρούσεων κατά την διάρκεια μετάδοσης οι προτεραιότητες των διάφορων συσκευών αποστολής ρυθμίζονται από τη μέθοδο CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance). Κάθε συσκευή μετάδοσης ακούει σε κάθε bit δεδομένων μεταφοράς δεδομένων κατά μήκος του bus. Αν δύο συσκευές στέλνουν ένα τηλεγράφημα ταυτόχρονα, τότε αναπόφευκτα (και το αργότερο κατά τη στιγμή της μετάδοσης της διεύθυνσης του αποστολέα στο πεδίο διεύθυνσης) ένας αποστολέας θα μεταδώσει λογικό μηδέν ενώ ένας άλλος θέλει να μεταδώσει λογικό ένα. Η συσκευή που στέλνει λογικό ένα «ακούει» ότι ένα λογικό μηδέν μεταδίδεται κατά μήκος του bus και ανιχνεύει τη σύγκρουση και είναι υποχρεωμένη να διακόψει τα δικά της δεδομένα μετάδοσης και να δώσει προτεραιότητα στην άλλη μετάδοση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6. Μετά τη λήψη της μετάδοσης προτεραιότητας, η αποτυχημένη μετάδοση δεδομένων ξαναρχίζει. Το επίπεδο προτεραιότητας μπορεί να οριστεί στο πεδίο ελέγχου και αυτό επιτρέπεται από τον σχεδιαστή του συστήματος καθορίζοντας ποια τηλεγραφήματα έχουν δικαίωμα διέλευσης σε περίπτωση σύγκρουσης. Αν δύο τηλεγραφήματα έχουν το ίδιο επίπεδο προτεραιότητας τότε το τηλεγράφημα που επιτρέπεται να περάσει πρώτο ορίζεται από τη φυσική του διεύθυνση σύμφωνα με τον κανόνα ότι το λογικό μηδέν έχει προτεραιότητα σε σχέση με το λογικό ένα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται και γραφικά στο Σχήμα 3.7 [1, 5].



Σχήμα 3.6: Αποφυγή σύγκρουσης στο σύστημα KNX TP [1].



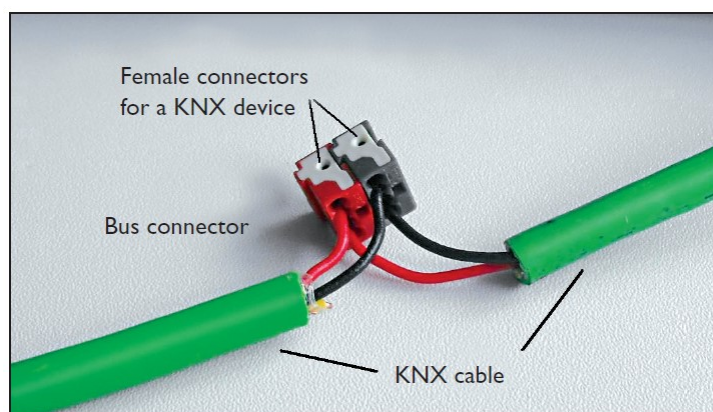
Σχήμα 3.7: Διάγραμμα κατάστασης για το πρωτόκολλο CSMA/CA [5].

Στο πεδίο ελέγχου περιέχονται δύο bits (P0 και P1) προτεραιότητας και ένα bit επανάληψης (R). Το bit P0 είναι το πιο σημαντικό καθώς στέλνεται πρώτο. Αν ένας αποστολέας λάβει ένα αρνητικό πλαίσιο επιβεβαίωσης τότε επαναλαμβάνει την αποστολή αλλάζοντας το bit επανάληψης από λογικό ένα σε μηδέν. Με αυτόν τον τρόπο τα πλαίσια που επαναλαμβάνονται έχουν προτεραιότητα σε σχέση με άλλα πλαίσια της ίδιας προτεραιότητας που στέλνονται για πρώτη φορά. Ορίζονται δύο τάξεις πρόσβασης, η τάξη 1 έχει προτεραιότητα σε σχέση με την τάξη 2. Η τάξη 1 περιέχει τα πλαίσια συστήματος, συναγερμού και με επιλεγμένο το bit επανάληψης και η τάξη 2 τα πλαίσια υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1. Η πρώτη τάξη πρέπει να αναμένει 50 bits ελεύθερου bus για πρόσβαση ενώ η δεύτερη 53 bits. Τα πλαίσια επιβεβαίωσης αναμένουν 13 bits μετά τη λήψη των δεδομένων.

Πίνακας 3.1: Bits προτεραιοτήτων [5].

Bit D3 (P1)	Bit D2 (P0)	Προτεραιότητα
0	0	Συστήματος
1	0	Συναγερμού
0	1	Υψηλή
1	1	Χαμηλή

Οι συσκευές bus συνδέονται με το καλώδιο δεδομένων μέσω τερματικών bus τα οποία μπορούν να φιλοξενήσουν μέχρι τέσσερα καλώδια KNX, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.8. Με τα τερματικά αυτά είναι δυνατόν να αποσυνδεθούν συσκευές από το bus δίχως να διακοπεί και να σταματήσει η επικοινωνία μεταξύ των άλλων συσκευών. Αυτό είναι ένα βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων KNX [1].



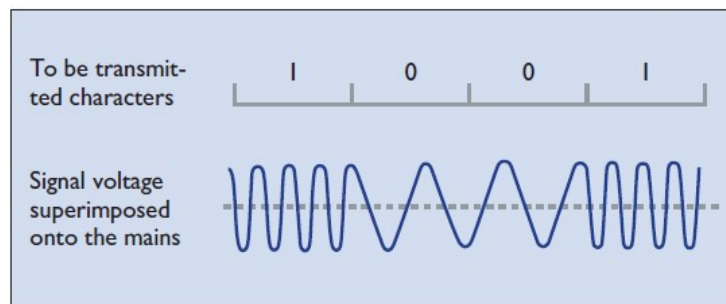
Σχήμα 3.8: Ακροδέκτης bus με καλώδια εισόδου και εξόδου [1].

3.1.2 Powerline (PL)

Η χρήση των υφιστάμενων καλωδίων ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κτίριο ως μέσο επικοινωνίας του συστήματος KNX είναι ένας αποδοτικός τρόπος για τον εκ των υστέρων εξοπλισμό ενός κτιρίου με το σύστημα KNX. Στη μέθοδο KNX Powerline (KNX PL) δεν υπάρχει ανάγκη να τοποθετηθεί ένα ειδικό καλώδιο bus καθώς τα ήδη εγκατεστημένα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος (μία από τις τρεις φάσεις ή και οι τρεις και ο ουδέτερος αγωγός) καθίστανται τα μέσα επικοινωνίας με υπέρθεση των σημάτων δεδομένων στην τάση του δικτύου. Στο σύστημα KNX PL, οι συσκευές bus συνδέονται απευθείας στην εγκατάσταση των 230 V.

Δεν χρειάζονται επιπλέον τροφοδοτικά για το σύστημα KNX PL. Η ισχύς των συσκευών bus προέρχεται από την εγκατάσταση των 230 V. Γίνεται χρήση των συσκευών phase couplers για να εξασφαλιστεί η επικοινωνία δεδομένων και στις τρεις φάσεις και band-stop φίλτρα για να εμποδιστεί η μετάδοση σημάτων δεδομένων από το κτίριο προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Εναλλακτικά, αντί για phase couplers, μπορεί να πραγματοποιηθεί διασύνδεση με άλλα συστήματα επικοινωνίας.

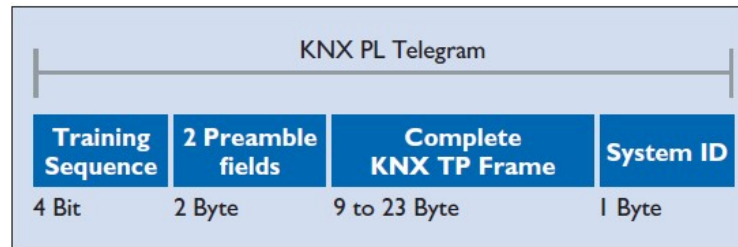
Στο σύστημα KNX PL ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων είναι 1200bps. Ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 105.6kHz που αποστέλλεται από έναν πομπό αντιστοιχεί στο λογικό μηδέν, ενώ το λογικό ένα αντιπροσωπεύεται από τη συχνότητα των 115.2kHz. Τα σήματα υπερτίθενται στην τάση του δικτύου. Χάρη στις συγκριτικές τεχνικές και μια έξυπνη διορθωτική διαδικασία, τα λαμβανόμενα σήματα μπορούν να αξιολογηθούν ακόμη και όταν υπάρχουν παρεμβολές. Η κεντρική συχνότητα των δύο σημάτων είναι 110kHz, για αυτό το σύστημα KNX PL είναι επίσης γνωστό ως PL110 και φαίνεται στο Σχήμα 3.9. Η ισχύς μετάδοσης των σημάτων είναι συχνά ίση με το επίπεδο θορύβου στα σημερινά ηλεκτρικά δίκτυα. Ως εκ τούτου, μπορούν να αξιολογηθούν μόνο με ειδικές μεθόδους ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, στις οποίες η ισχύς μετάδοσης και η ευαισθησία της λήψης των συσκευών bus προσαρμόζονται συνεχώς στις συνθήκες του δικτύου.



Σχήμα 3.9: Μορφή σήματος στο σύστημα KNX PL [1].

Τα τηλεγραφήματα KNX PL είναι βασικά εκτεταμένα τηλεγραφήματα. Τα τηλεγραφήματα KNX PL έχουν τέσσερα πεδία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10, τα οποία είναι:

- *Το πεδίο Training:* συγχρονίζεται και ρυθμίζει τα επίπεδα αποστολών και δεκτών.
- *Τα πεδία Preamble:* δείχνουν την έναρξη της μετάδοσης, ελέγχουν την πρόσβαση στον bus και είναι απαραίτητα για την αποτροπή συγκρούσεων μεταξύ τηλεγράφων.
- *Το τρίτο πεδίο:* περιέχει το αντίστοιχο τηλεγράφημα KNX TP.
- *Το πεδίο ID:* του συστήματος περιέχει ένα ID για τη διατήρηση των σημάτων διαφορετικών συστημάτων KNX PL ξεχωριστά, έτσι ώστε μόνο οι συσκευές που χρησιμοποιούν το ίδιο ID συστήματος να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους.



Σχήμα 3.10: Δομή τηλεγραφήματος στο σύστημα KNX PL [1].

Όπως το KNX TP και το KNX PL απαιτεί τη χρήση μιας μεθόδου πρόσβασης για την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ των τηλεγράφων. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο καθυστερώντας την αποστολή τηλεγραφημάτων μέσω των συσκευών bus. Η προεπιλεγμένη κατάσταση όλων των συσκευών bus είναι η λειτουργία λήψη και μόνο εάν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, είναι σε θέση να μεταβούν στη λειτουργία αποστολής. Εάν μια συσκευή ανιχνεύσει τη συμβολοσειρά bit ενός προοιμίου, αυτό υποδηλώνει ότι ο bus είναι κατειλημμένος από άλλη συσκευή. Γίνεται διαφοροποίηση μεταξύ των δύο καταστάσεων, του κατειλημμένου bus και του μπλοκαρισμένου bus. Εάν μια συσκευή δέχεται σήμα κατειλημμένου bus, η μετάδοση του τηλεγραφήματος της αναβάλλεται για αργότερα, με μια τυχαία επιλογή μεταξύ επτά πιθανών. Αυτό μειώνει σημαντικά την πιθανότητα συγκρούσεων τηλεγραφημάτων [1].

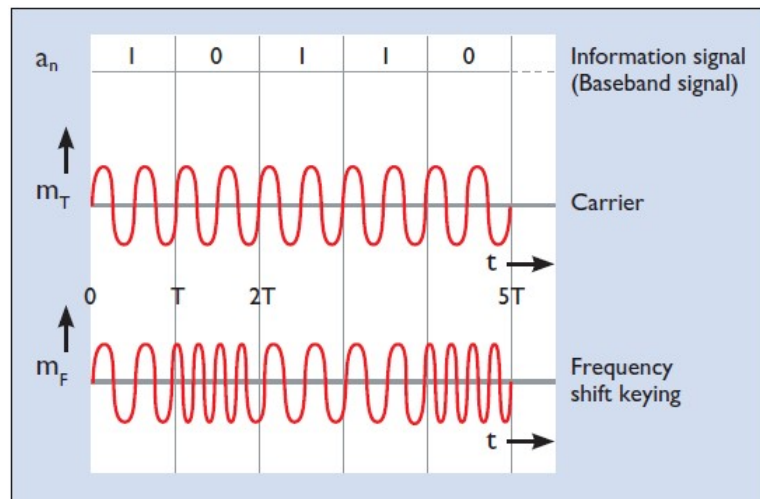
3.1.3 Radio Frequency (RF)

Τα ραδιοσήματα είναι μια κατάλληλη επιλογή επικοινωνίας KNX στις περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατό να τοποθετηθούν νέα καλώδια στο κτίριο (για παράδειγμα, για αισθητήρες σε περιοχές που δεν υπάρχει πρόσβαση). Το KNX RF είναι επίσης ιδιαίτερα κατάλληλο για την επέκταση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων KNX TP. Θεωρητικά, το KNX RF θα μπορούσε να επιτρέψει την ασύρματη διαχείριση όλων των τεχνολογιών ενός κτιρίου, αλλά αυτό θα παραμείνει η εξαίρεση παρά ο κανόνας.

Για να είναι δυνατή η τοποθέτηση ασύρματων αισθητήρων όπου δεν υπάρχει πρόσβαση σε παροχή ρεύματος, γίνεται γενικά χρήση μπαταριών. Αυτό είναι εφικτό μόνο εάν οι συσκευές αυτές δεν χρειάζεται να βρίσκονται σε μόνιμη κατάσταση ετοιμότητας. Για αυτόν τον σκοπό, ένα μοντέλο μονοκατευθυντικής συσκευής έχει οριστεί στο KNX το οποίο στέλνει τηλεγραφήματα μόνο όταν χρειάζεται και δεν περιέχει δέκτη. Συσκευές εξόδου, από την άλλη πλευρά, πρέπει να είναι σε θέση να λαμβάνουν ανά πάσα στιγμή τηλεγραφήματα, έτσι πρέπει να είναι αμφίδρομες. Ως εκ τούτου, οι συσκευές εξόδου RF λαμβάνουν την ισχύ τους από τα δίκτυα των 230 V. Στο KNX όλοι οι δέκτες πρέπει επίσης να μπο-

ρούν να μεταδίδουν.

Η τεχνολογία ραδιοσημάτων λειτουργεί διαμορφώνοντας ένα κύμα φορέα με τις πληροφορίες που πρέπει να αποσταλούν. Αυτό μπορεί να είναι ένα μέσω διαμόρφωσης είτε του πλάτους (διαμόρφωση πλάτους), της συχνότητας (διαμόρφωση συχνότητας), της φάσης (διαμόρφωση φάσης), ή ενός συνδυασμού αυτών. Το διαμορφωμένο σήμα αποστέλλεται στους δέκτες που στη συνέχεια το αποδιαμορφώνουν, δηλαδή ανακτούν τις πληροφορίες από το σήμα αυτό. Το KNX RF χρησιμοποιεί διαμόρφωση συχνότητας. Οι λογικές καταστάσεις μηδέν και ένα παράγονται τροποποιώντας ελαφρώς τη συχνότητα του φέροντος κύματος, γνωστή και ως κεντρική συχνότητα. Η μορφή των σημάτων του συστήματος αυτού φαίνεται στο Σχήμα 3.11.



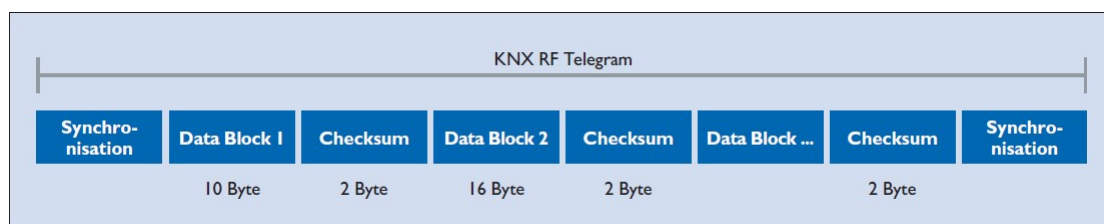
Σχήμα 3.11: Διαμόρφωση συχνότητας και μορφή σήματος στο σύστημα KNX RF [1].

Η επιλογή της σωστής κεντρικής συχνότητας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της απόδοσης μετάδοσης. Υπάρχουν δύο εκδόσεις KNX RF : KNX RF Ready και KNX RF Multi. Στο KNX Ready η κεντρική συχνότητα είναι 868.3 MHz και είναι διαθέσιμο μόνο ένα κανάλι επικοινωνίας. Ωστόσο, η ραδιοεπικοινωνία στην οποία είναι διαθέσιμο μόνο ένα κανάλι είναι ευάλωτη σε παρεμβολές από άλλα ασύρματα συστήματα στην ίδια ή παρακείμενη ζώνη που χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους πρόσβασης στο μέσο επικοινωνίας. Το KNX RF Multi ξεπερνά αυτές τις παρεμβολές επιτρέποντας σε συσκευές να μεταπηδήσουν από ένα κατειλημμένο κανάλι (για παράδειγμα το κανάλι F1, το οποίο είναι ίδιο με το κανάλι που χρησιμοποιεί το KNX RF Ready) σε διαφορετικό κανάλι, με επιλογές δύο άλλα γρήγορα κανάλια (F2 και F3) ή δύο άλλα αργά κανάλια (S1 και S2). Τα γρήγορα κανάλια προορίζονται για εφαρμογές που λειτουργούν από ανθρώπους, για παράδειγμα φώτα, περσίδες, κτλ, ενώ τα αργά κανάλια είναι για συσκευές που δεν χρειάζεται να είναι μόνιμα σε λειτουργία λήψης, για παράδειγμα συστήματα ελέγ-

χου HVAC. Τα γρήγορα κανάλια έχουν ρυθμό δεδομένων 16.384kbps, ενώ τα αργά κανάλια μόνο τα μισά αυτών.

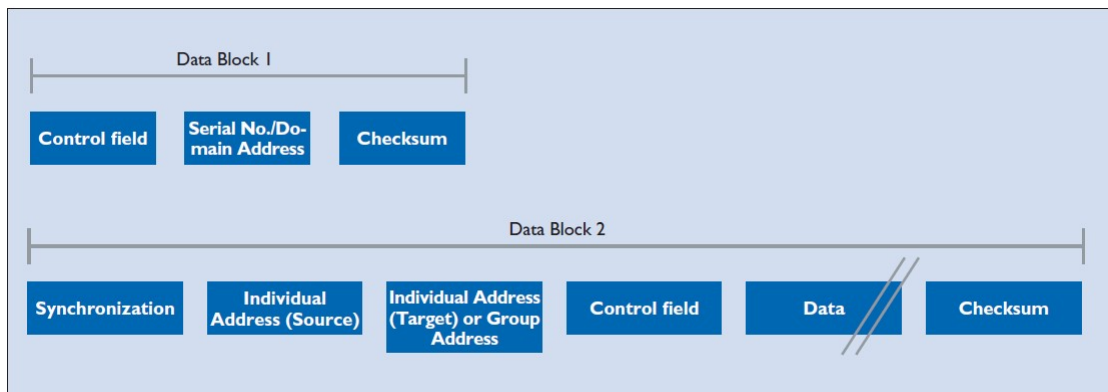
Παρόλο που οι συσκευές είναι πάντοτε σε θέση να στέλνουν τηλεγραφήματα, μεταβαίνουν σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας για να μειώσουν την κατανάλωσή τους κατά 80% για τα γρήγορα κανάλια και μέχρι 99% για τα αργά κανάλια και «ξυπνούν» μόνο περιοδικά για να λαμβάνουν τηλεγραφήματα. Για να διασφαλιστεί η συμβατότητα μεταξύ συσκευών ενός και πολλαπλών καναλιών, αναπτύχθηκε ένα σχήμα συμβατότητας, σύμφωνα με το οποίο οι νέες αναπτυσσόμενες συσκευές ενός καναλιού πρέπει να χρησιμοποιούν μεγαλύτερα προοίμια. Πρέπει να είναι δυνατή η υποβάθμιση των συσκευών πολλαπλών καναλιών σε συσκευές ενός καναλιού. Το KNX RF Multi κάνει δυνατόν τον έλεγχο ότι ένα τηλεγράφημα έχει ληφθεί σωστά. Μπορεί να ληφθεί γρήγορη και άμεση επιβεβαίωση λήψης (Fast IACK) από έως και 64 μεμονωμένους δέκτες. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, οι αναμεταδότες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση τηλεγραφημάτων σε απομακρυσμένες τοποθεσίες εγκατάστασης. Οι Media Couplers μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση συστημάτων KNX RF με συστήματα KNX TP.

Όπως συμβαίνει με όλα τα μέσα επικοινωνίας KNX, στο KNX RF τα χρήσιμα δεδομένα στέλνονται μέσω τηλεγραφημάτων πολλαπλής διανομής. Αυτό σημαίνει ότι ένα τηλεγράφημα μπορεί να ληφθεί ταυτόχρονα από πολλές συσκευές bus. Τα τηλεγραφήματα KNX RF αποτελούνται από πολλά μπλοκ δεδομένων που διαχωρίζονται από τα πεδία checksum (CRC), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.12. Τα μπλοκ δεδομένων περιέχουν το πραγματικό



Σχήμα 3.12: Δομή τηλεγραφήματος στο σύστημα KNX RF [1].

ωφέλιμο φορτίο δεδομένων καθώς και πληροφορίες για το συγκεκριμένο bus για σκοπούς διευθυνσιοδότησης. Το πρώτο μπλοκ δεδομένων αποτελείται από τρία πεδία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.13, τα οποία είναι: το πρώτο, το πεδίο Control, περιέχει πληροφορίες σχετικά με το μήκος του τηλεγραφήματος, την ποιότητα μετάδοσης (απόδοση λήψης), την κατάσταση μπαταρίας των συσκευών KNX RF που λειτουργούν με μπαταρία και αν η συσκευή είναι μονής κατεύθυνσης, ενώ το δεύτερο πεδίο περιέχει είτε τον σειριακό αριθμό KNX είτε τη διεύθυνση τομέα. Ο σειριακός αριθμός εκχωρείται από τον κατασκευαστή και δεν μπορεί να αλλάξει ενώ η διεύθυνση τομέα εκχωρείται στο λογισμικό του KNX και



Σχήμα 3.13: Μπλοκ δεδομένων σε ένα τηλεγράφημα συστήματος KNX RF [1].

χρησιμεύει για τη διατήρηση των γειτονικών συστημάτων RF χωριστά το ένα από το άλλο. Το τρίτο πεδίο, το πεδίο checksum, επιτρέπει στον δέκτη να προσδιορίσει εάν ένα τηλεγράφημα έχει αποσταλεί χωρίς σφάλμα. Εκτός από τα πεδία ελέγχου και τα bytes ελέγχου (checksum), το δεύτερο μπλοκ δεδομένων αποτελείται από πεδία που περιέχουν την ατομική διεύθυνση προέλευσης (φυσική διεύθυνση), τη διεύθυνση προορισμού και το ωφέλιμο φορτίο δεδομένων. Το ωφέλιμο φορτίο δεδομένων είναι η πραγματική πληροφορία που πρόκειται να σταλεί. Ανάλογα με το μήκος του ωφέλιμου φορτίου δεδομένων, ένα τηλεγράφημα KNX μπορεί επίσης να περιέχει και άλλα μπλοκ δεδομένων.

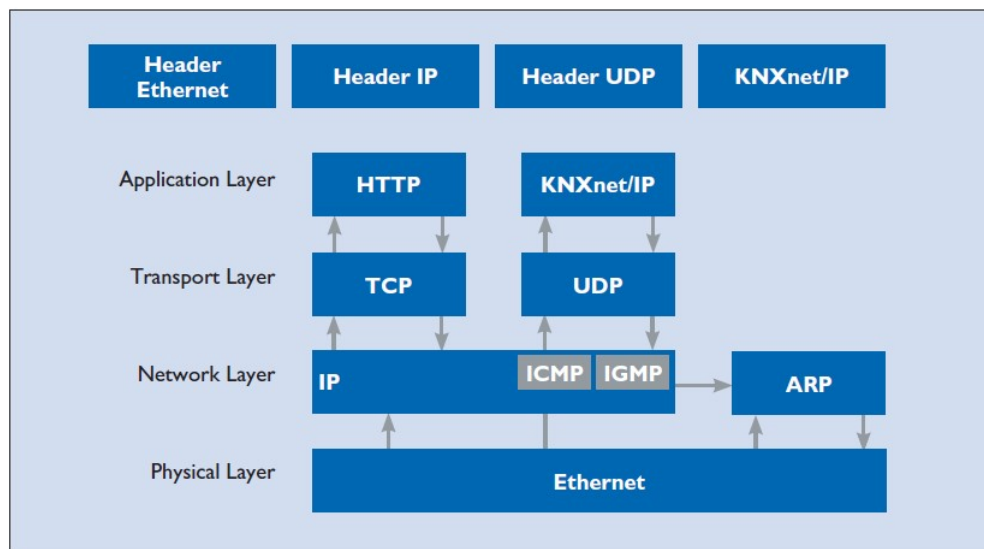
Οι μονοκατευθυντικές συσκευές στέλνουν μόνο τα τηλεγραφήματα όταν είναι απαραίτητο. Λόγω του πολύ μικρού κύκλου λειτουργίας (duty cycle), με τιμή 1%, είναι σχεδόν αδύνατο να συγκρουστούν τα τηλεγραφήματα, ακόμη και σε KNX RF Ready. Οι αμφίδρομες συσκευές ελέγχουν πριν στείλουν ένα τηλεγράφημα εάν το ενδιαφερόμενο κανάλι είναι ελεύθερο. Εάν το κανάλι είναι κατειλημμένο, η συσκευή περιμένει μέχρι να είναι ελεύθερη πάλι πριν στείλει το τηλεγράφημα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο KNX RF Multi ο αποστολέας μπορεί να ζητήσει επιβεβαίωση παραλαβής του τηλεγραφήματος.

Τα εξαρτήματα του συστήματος KNX RF μπορούν να τοποθετηθούν ως flush-mounted, επιφανειακά ή built-in. Οι συσκευές που είναι τοποθετημένες κατά flush-mounted είναι κυρίως πλαίσια πάνω στα οποία λειτουργούν κουμπιά για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των φωτιστικών ή για τη λειτουργία των μηχανισμών κίνησης των περσίδων κτλ. Διάφοροι αισθητήρες, συσκευές εξόδων και μονάδες συνδυασμού διατίθενται ως επιφανειακές/built-in συσκευές κατάλληλες για τοποθέτηση, κόλληση ή ενσωμάτωση σε οποιαδήποτε επιθυμητή θέση και σε οποιαδήποτε επιφάνεια [1].

3.1.4 Ethernet (IP)

Το Ethernet είναι ένα ανοιχτό (ανεξάρτητο από τον κατασκευαστή), υψηλής απόδοσης, τοπικό και ευρύ δίκτυο συμβατό με το διεθνές πρότυπο IEEE 802.3 (Ethernet). Το Ethernet χρησιμοποιείται για τοπικά δίκτυα, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το διαδίκτυο. Σε όλον τον κόσμο υπάρχει μια με-γάλη ποικιλία διαφορετικών δομών δικτύου. Το πρότυπο Ethernet ορίζει κάποιες περιοχές, για παράδειγμα, τι μορφή λαμβάνουν τα σήματα στο καλώδιο, ποια καλώδια χρησιμοποιούνται, διαμορφώσεις ακροδεκτών καλωδίων, πώς οι διάφορες συσκευές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα κοινό σύστημα, πώς αντιπροσωπεύονται οι χαρακτήρες που αποστέλλονται, τι μέθοδοι αντιγράφων ασφαλείας δεδομένων χρησιμοποιούνται, κτλ. Για την αποστολή δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών, αυτοί οι ορισμοί γενικά δεν επαρκούν. Πρέπει να καθοριστούν πολλές άλλες λεπτομέρειες σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μεγάλα δίκτυα όπως το διαδίκτυο. Απαιτούνται πρωτόκολλα προκειμένου οι υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους στο δίκτυο. Το TCP/IP, μια ομάδα πρωτοκόλλων ή κανόνων (οικογένεια πρωτοκόλλων) που εισήχθη το 1984, χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως. Παρόλο που συνήθως συζητείται στη μορφή TCP/IP, το TCP (Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς) και το IP (Internet Protocol) είναι στην πραγματικότητα δύο ξεχωριστά πρωτόκολλα. Αυστηρά μιλώντας, το TCP/IP περιλαμβάνει επίσης ένα τρίτο εξίσου σημαντικό πρωτόκολλο, το UDP (User Datagram Protocol). Το πρωτόκολλο βάσης, IP, χρησιμεύει για να διασφαλιστεί ότι τα πακέτα δεδομένων αποστέλλονται από τη μία συσκευή στην άλλη και ότι ακολουθούν τις βέλτιστες διαδρομές. Αυτό έγινε εφικτό από τις αποκαλούμενες διευθύνσεις IP. Το πρωτόκολλο TCP βασίζεται στο πρωτόκολλο IP και χρησιμοποιείται για μεγάλο αριθμό κοινών εφαρμογών δικτύου, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, περιήγηση στο διαδίκτυο, κτλ. Το πρωτόκολλο TCP δημιουργεί μια μόνιμη σύνδεση που ελέγχεται για λάθη και διασφαλίζει ότι όλα τα πακέτα δεδομένων αποστέλλονται με τη σωστή σειρά και ανασυγκροτούνται με επιτυχία από τον δέκτη. Το πρωτόκολλο UDP χρησιμοποιείται για εφαρμογές (όπως ροή ήχου και βίντεο) στις οποίες είναι αποδεκτό τα πακέτα δεδομένων να χάνονται περιστασιακά. Η σύνδεση δεν ελέγχεται για σφάλματα και η παράδοση των πακέτων δεδομένων είναι ανεξέλεγκτη. Το UDP είναι σημαντικά πιο πτωχό αλλά ταχύτερο από το TCP. Σε εφαρμογές όπως η μετάδοση ομιλίας και βίντεο, θα ήταν επίσης αντιπαραγωγικό να ξανασταθεί για παράδειγμα ένα δευτερόλεπτο αργότερα το πακέτο που χάθηκε. Το πρωτόκολλο UDP χρησιμοποιείται συχνά στον αυτοματισμό των κτιρίων.

Η σύνδεση του συστήματος KNX με το Ethernet έχει κάποια πλεονεκτήματα, όπως, ότι η υπάρχουσα υποδομή δικτύου στο κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω των κύριων και των backbone γραμμών KNX καθιστώντας την εγκατάσταση ταχύτερη, οικονομικότερη και περισσότερο βολική, τα κτίρια μπορούν να παρακολουθούνται και να ελέγχονται μέσω Ethernet από οπουδήποτε στον κόσμο, οι εγκαταστάσεις πελατών KNX μπορούν να αναλυθούν και να προγραμματιστούν εξ αποστάσεως μέσω του διαδικτύου από τον σχεδιαστή του συστήματος KNX, κτλ. Το σύστημα KNX χρησιμοποιεί δύο μεθόδους επικοινωνίας Ethernet, τη tunneling και routing και οι δύο χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP. Η tunneling χρησιμοποιείται για πρόσβαση στον bus από ένα τοπικό δίκτυο ή το διαδίκτυο για σκοπούς όπως προγραμματισμός της εγκατάστασης KNX, ενώ η routing χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή τηλεγραφημάτων μέσω ενός δικτύου Ethernet, όπως τη ζεύξη δύο συστημάτων KNX TP μέσω Ethernet. Τα πρωτόκολλα KNX για αυτές τις δύο μεθόδους επικοινωνίας ονομάζονται KNXnet/IP tunneling και KNXnet/IP routing. Η επικοινωνία IP στο KNX μπορεί να εξηγηθεί χρησιμοποιώντας το μοντέλο αναφοράς OSI. Η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω του application layer (το οποίο παράγει το τηλεγράφημα KNXnet/IP), το transport layer (UDP), το network layer (IP) και το Ethernet, το physical layer, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.14.



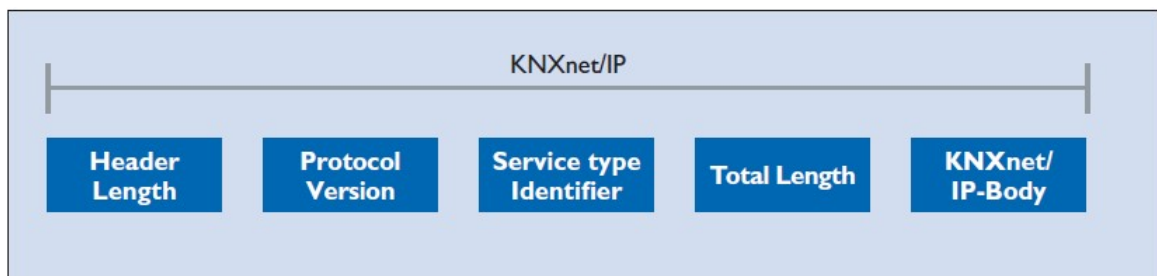
Σχήμα 3.14: Το σύστημα KNXnet / IP στο μοντέλο αναφοράς OSI [1].

Το τηλεγράφημα KNXnet/IP περιέχει επιπλέον πληροφορίες σε σχέση με του KNX TP, όπως φαίνεται Σχήμα 3.15 και αποτελείται από τα πεδία:

- *Header Length:* το μήκος κεφαλίδας είναι πάντα το ίδιο. Ωστόσο, αυτές οι πληροφορίες εξακολουθούν να αποστέλλονται, επειδή το μήκος κεφαλίδας μπορεί να αλλάξει σε μια μεταγενέστερη έκδοση του πρωτοκόλλου. Ο σκοπός της κεφαλίδας είναι να προσδιορί-

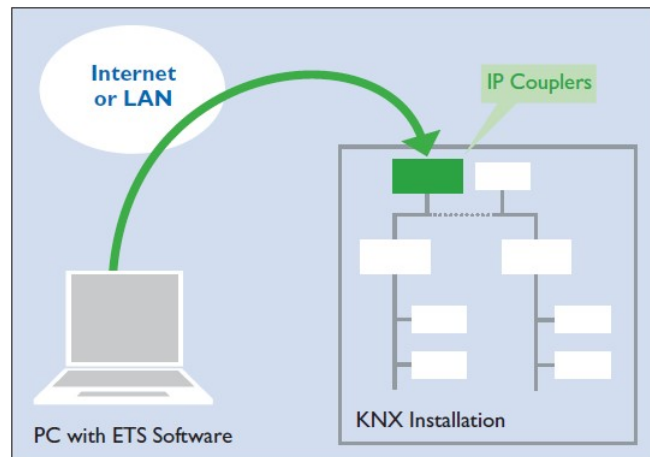
σει την αρχή του τηλεγραφήματος.

- *Protocol Version*: αυτό υποδεικνύει ποια έκδοση του πρωτοκόλλου KNXnet/IP ισχύει.
- *KNXnet/IP Service Type Identifier*: ο αναγνωριστικός τύπος υπηρεσίας KNXnet/IP υποδεικνύει τη δράση που πρόκειται να εκτελεστεί.
- *Total Length*: το πεδίο αυτό υποδεικνύει το συνολικό μήκος του τηλεγραφήματος KNXnet/IP.
- *KNXnet/IP-Body*: Αυτό το πεδίο περιέχει την ωφέλιμη πληροφορία.

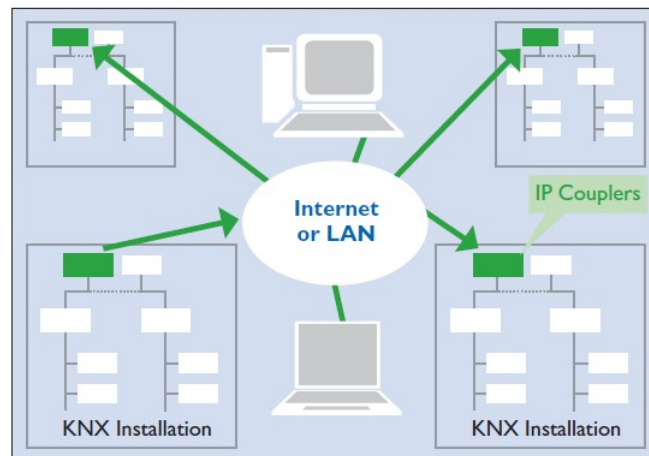


Σχήμα 3.15: Δομή τηλεγραφήματος στο σύστημα KNXnet / IP [1].

Η tunneling είναι χρήσιμη για τον προγραμματισμό συσκευών μέσω Ethernet, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.16. Από το λογισμικό του KNX μπορούμε να προγραμματίσουμε ένα σύνολο συσκευών με αυτόν τον τρόπο. Η routing απαιτείται για την ταυτόχρονη, χωρίς σύνδεση μετάδοση τηλεγραφημάτων KNX σε διάφορους συμμετέχοντες μέσω ενός δρομολογητή KNXnet/IP, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.17. Αυτό είναι ισοδύναμο με την ομαδική επικοινωνία όπως στο KNX TP. Η routing χρησιμοποιείται για παράδειγμα στη σύζευξη καλωδίων TP. Ένας δρομολογητής KNXnet/IP router που λειτουργεί ως ζεύκτης γραμμής για καλώδιο TP KNX στέλνει ένα τηλεγράφημα στην πλευρά IP, μόνο αν η αντίστοιχη διεύθυνση ομάδας εμφανίζεται στον πίνακα φίλτρων του KNXnet/IP router. Όλοι οι άλλοι KNXnet/IP routers που λειτουργούν ως line couplers για άλλες γραμμές KNX TP θα μεταδίδουν ένα τηλεγράφημα από την πλευρά IP στη γραμμή KNX TP τους, μόνο αν η σχετική διεύθυνση ομάδας εμφανίζεται στους πίνακες φίλτρων των KNXnet/IP routers.



Σχήμα 3.16: Παράδειγμα του KNXnet/IP tunneling, προγραμματισμός συσκευών bus μέσω Ethernet [1].



Σχήμα 3.17: Παράδειγμα του KNXnet/IP routing: πρόσβαση σε πολλές εγκαταστάσεις KNX μέσω Ethernet [1].

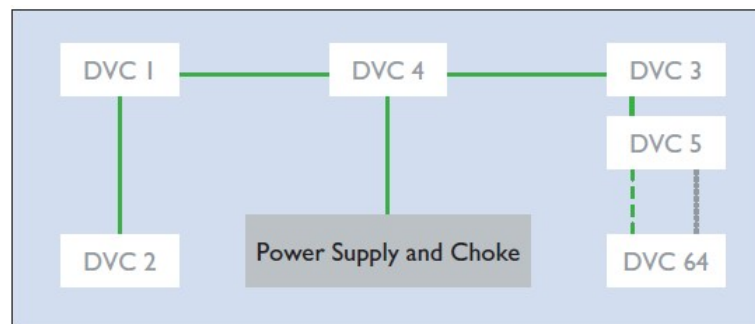
Καθώς η επικοινωνία μέσω IP και Ethernet αυξάνεται σημαντικά, είναι λογικό να ρωτήσουμε αν η δημοτικότητα του Ethernet θα καλύψει εκείνη του σημερινού πιο δημοφιλούς καθιερωμένου μέσου του συστήματος KNX, το KNX TP. Η απάντηση είναι όχι. Οι κύριοι λόγοι για αυτό είναι, πρώτον, το σημαντικό κόστος καλωδίωσης, επειδή κάθε τερματικό θα χρειαζόταν δικό του καλώδιο δικτύου. Δεύτερον, οι δικτυακές μονάδες KNX DIN σε έναν πίνακα μέσω Ethernet θα ήταν πολύ χρονοβόρες λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού απαιτούμενων διακοπών δικτύου. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας τους σημαίνει επιπλέον ότι δεν είναι ενεργειακά αποδοτικές. Το IP δεν δημιουργεί πρόβλημα, εάν λόγω της λειτουργίας του μια συσκευή KNX έχει μια σύνδεση δικτύου ούτως ή άλλως. Μέσω της ενσωμάτωσης του λογισμικού συστήματος KNX, οποιαδήποτε συσκευή με σύνδεση δικτύου

μπορεί να μετατραπεί σε συσκευή KNX χωρίς πρόσθετο κόστος υλικού. Έτσι, ενώ οι ιεραρχικές τοπολογίες θα συνεχίσουν σαφώς να επικρατούν, το Ethernet θα καθίσταται όλο και περισσότερο καθιερωμένο ως «σπονδυλική στήλη» του συστήματος με υψηλή απόδοση και ως μέσο σύνδεσης των πολύπλοκων συσκευών KNX IP [1].

3.1.5 Τοπολογίες

Τα διάφορα συστήματα KNX μπορούν να συνδεθούν όπως ο καθένας επιθυμεί και μπορούν να αποτελούνται από διάφορα υποσυστήματα KNX που βασίζονται σε διαφορετικά μέσα επικοινωνίας (TP, PL, RF, IP). Για να διασφαλιστεί η μετάδοση τηλεγραφήματος χωρίς προβλήματα μεταξύ των διαφόρων συσκευών bus, τα συστήματα KNX πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες τοπολογίες.

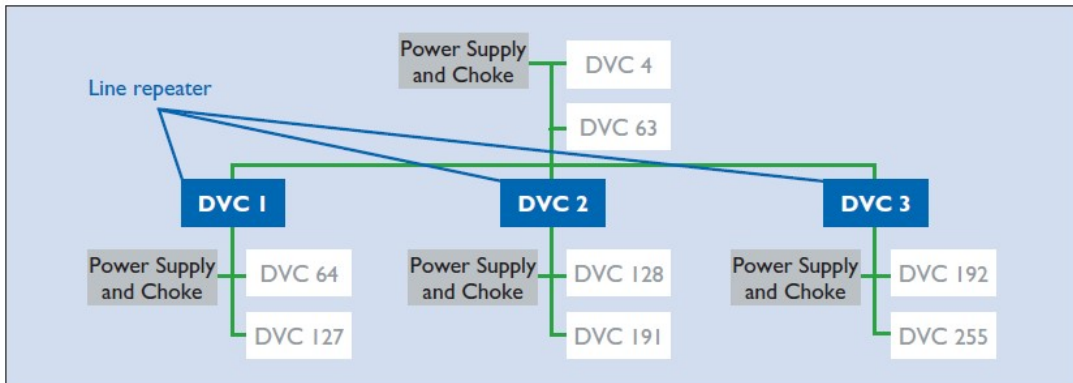
Η βασική μονάδα μιας εγκατάστασης KNX TP είναι μια γραμμή. Μια γραμμή περιλαμβάνει ένα τροφοδοτικό KNX και συνήθως όχι περισσότερες από 64 άλλες συσκευές bus, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.18. Το τροφοδοτικό και καλώδιο bus εκτελούν δύο λειτο-



Σχήμα 3.18: Γραμμή συστήματος TP KNX [1].

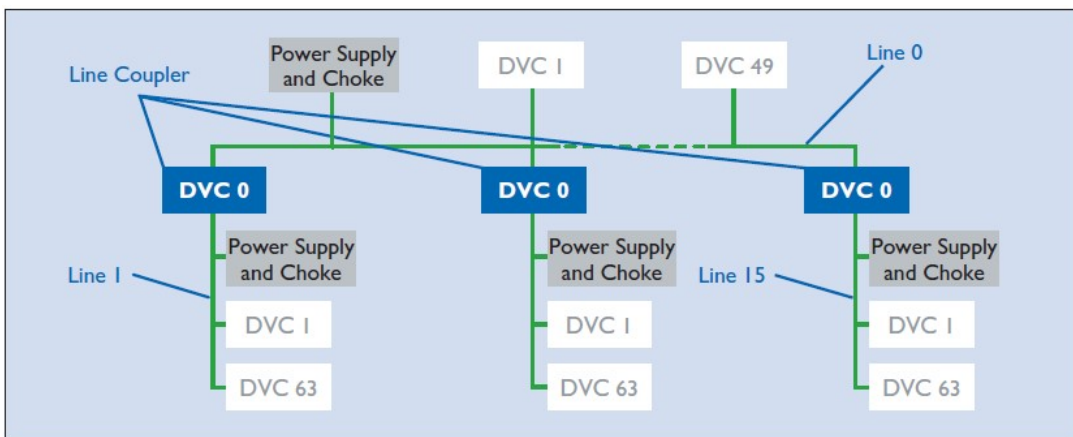
υργίες: παρέχουν στις συσκευές bus την ενέργεια που χρειάζονται και επιτρέπουν την ανταλλαγή πληροφοριών, δηλαδή την αποστολή τηλεγραφημάτων, μεταξύ αυτών των συσκευών. Το καλώδιο bus μπορεί να τοποθετηθεί όπως ο καθένας επιθυμεί και μπορούν να προστεθούν κλάδοι σε οποιοδήποτε σημείο. Η προκύπτουσα τοπολογία είναι μια ελεύθερη δομή δέντρου, η οποία επιτρέπει μεγάλη ευελιξία όσον αφορά τη διάταξη. Οι Line Repeaters μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επέκταση μιας γραμμής εάν χρειάζονται περισσότερες από 64 συσκευές. Τα τμήματα που προστίθενται με αυτόν τον τρόπο είναι γνωστά ως τμήματα γραμμής. Ένα τμήμα γραμμής αποτελείται από έναν Line Repeater, από ένα τροφοδοτικό, και όχι περισσότερες από 63 άλλες συσκευές bus καθώς οι αναμεταδότες γραμμών καταμετρώνται ως συσκευές bus στη γραμμή. Δεν μπορούν να λειτουρ-

γούν παράλληλα σε μια γραμμή περισσότεροι από τρεις αναμεταδότες, άρα ο μέγιστος αριθμός συσκευών bus είναι 255, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.19.



Σχήμα 3.19: Μέγιστο μήκος μιας γραμμής στο σύστημα KNX TP [1].

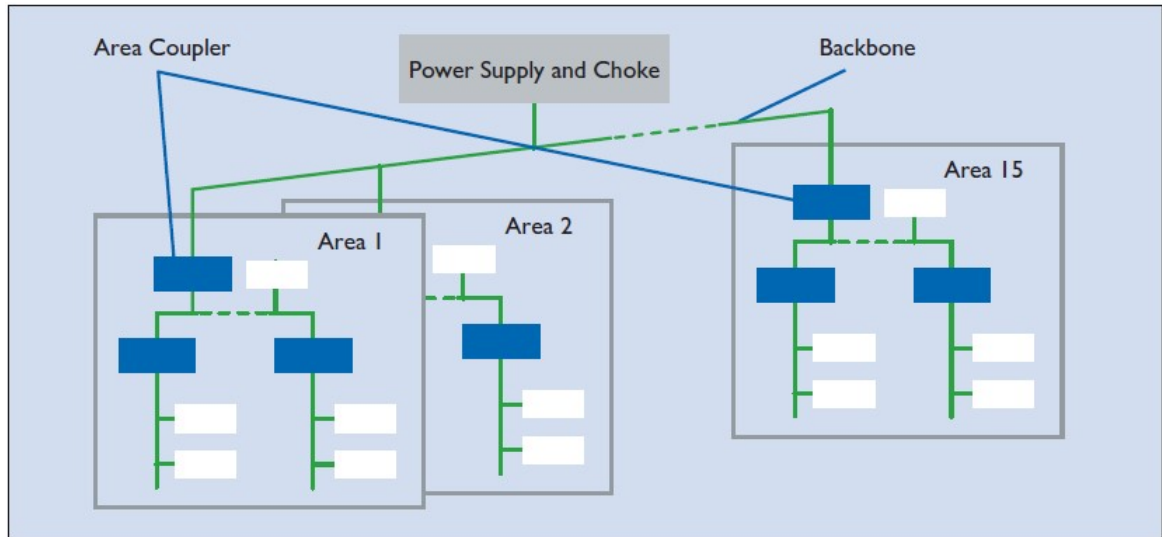
Ένας άλλος τρόπος επέκτασης της εγκατάστασης είναι η δημιουργία νέων γραμμών με τη χρήση Line Couplers. Στην πράξη Line Couplers μοιάζουν με τους Line Repeaters, όμως αντί να επεκτείνουν μια γραμμή στο μέγιστο της δημιουργούν νέες γραμμές, όπως φαίνεται γραφικά στο Σχήμα 3.20. Αυτό καθιστά το σύστημα πιο εύχρηστο και μειώνει τον



Σχήμα 3.20: Μια «περιοχή» στο σύστημα KNX TP, μέχρι 15 γραμμές μπορούν να συνδεθούν μέσω μιας κύριας γραμμής [1].

αριθμό των τηλεγραφημάτων που ταξιδεύουν κατά μήκος κάθε γραμμής (αξιοποιώντας τη λειτουργία φίλτρου των Line Couplers). Ένας Line Coupler δεν θα στείλει ένα τηλεγράφημα σε μια γραμμή για την οποία δεν προορίζεται. Μέχρι και 15 γραμμές μπορούν να λειτουργούν μέσω Line Couplers σε μια γραμμή (την κύρια γραμμή) για να σχηματίσουν μια περιοχή. Η κύρια γραμμή μπορεί επίσης να φιλοξενήσει μέχρι και 64 συσκευές. Οι αναμεταδότες γραμμών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κύρια γραμμή. Οι Line Couplers

στην κύρια γραμμή υπολογίζονται ως συσκευές bus. Κάθε γραμμή χρειάζεται το δικό της τροφοδοτικό. Μπορούν να προστεθούν έως και 15 περιοχές σε μια γραμμή περιοχής μέσω Area Couplers, για να σχηματίσουν ένα πλήρες σύστημα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.21.



Σχήμα 3.21: Μπορούν να συνδεθούν μέχρι και 15 περιοχές μέσω area couplers στο σύστημα KNX TP [1].

Όπως και η κύρια γραμμή, η γραμμή περιοχής μπορεί να φιλοξενήσει έως και 64 συσκευές bus (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι Line Repeaters). Οι Line Couplers στη γραμμή περιοχής υπολογίζονται ως συσκευές bus. Στην πράξη, η σύζευξη περιοχής εκτελείται χρησιμοποιώντας Line Couplers παραμετροποιημένους ως Area Couplers. Η γραμμή περιοχής ονομάζεται επίσης backbone, επομένως χρειάζεται και το δικό της τροφοδοτικό. Ο διαχωρισμός του συστήματος σε γραμμές και περιοχές έχει τα ακόλουθα σημαντικά οφέλη, πιο αξιόπιστη λειτουργία χάρη στον γαλβανικό διαχωρισμό και οι γραμμές και οι περιοχές έχουν όλα τα δικά τους τροφοδοτικά. Το σύστημα στο σύνολό του συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη και αν απομονωθούν μεμονωμένα τροφοδοτικά και η τοπική κίνηση δεδομένων σε γραμμή ή περιοχή δεν επηρεάζει την ταχύτητα δεδομένων σε άλλες γραμμές και περιοχές.

Για λόγους σχηματισμού σήματος και λόγω της μέγιστης επιτρεπόμενης καθυστέρησης διάδοσης, οι αποστάσεις στα τμήματα γραμμών περιορίζονται ως εξής, η απόσταση από το τροφοδοτικό έως τη συσκευή είναι 350m το μέγιστο, η απόσταση μεταξύ οποιωνδήποτε δύο συσκευών σε μια γραμμή είναι 700m το μέγιστο, το συνολικό μήκος ενός τμήματος γραμμής είναι 1.000m το μέγιστο και η απόσταση μεταξύ δύο τροφοδοτικών σε μια γραμμή προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

Για κάθε συσκευή σε ένα σύστημα KNX έχει εκχωρηθεί ένας μοναδικός, σαφής αριθμός, η ατομική του διεύθυνση. Αυτός αποτελείται από τρεις αριθμούς που χωρίζονται από τελείες. Οι αριθμοί εξαρτώνται από τη θέση της συσκευής bus στην τοπολογία. Ο πρώτος αριθμός δηλώνει τον αριθμό της περιοχής, ο δεύτερος αριθμός δηλώνει τον αριθμό της γραμμής και ο τρίτος αριθμός είναι ένας αριθμός που υποδεικνύει τη θέση της συσκευής στη γραμμή. Απαιτούνται φυσικές διευθύνσεις για τον σαφή εντοπισμό των συσκευών, καθώς και για τον προγραμματισμό τους. Ένα ιδιαίτερο σημείο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι, όταν αποδίδονται φυσικές διευθύνσεις, οι Area/Line Couplers πρέπει πάντα να έχουν τον αριθμό 0 ως διαδοχικό αριθμό τους. Για παραδείγματα, η φυσική διεύθυνση 1.1.0 σημαίνει ότι η συσκευή είναι Line Coupler που συνδέει την πρώτη γραμμή με την κύρια γραμμή στην πρώτη περιοχή. Η φυσική διεύθυνση 2.3.20 αναφέρεται στη συσκευή bus 20 στην τρίτη γραμμή της δεύτερης περιοχής.

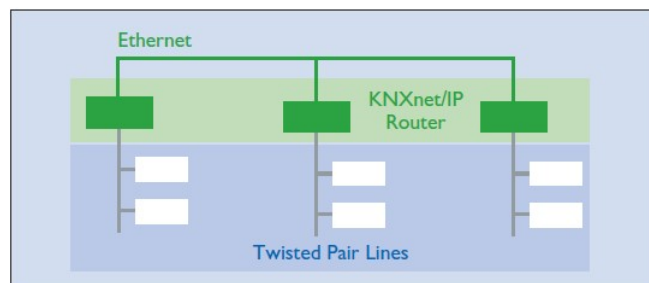
Η τοπολογία στο KNX PL είναι παρόμοια με αυτή της KNX TP και αποτελείται από γραμμές και περιοχές. Η βασική μονάδα μιας εγκατάστασης είναι μια γραμμή που περιέχει το πολύ 255 συσκευές. Μια περιοχή δημιουργείται με τη σύνδεση 15 γραμμών KNX PL χρησιμοποιώντας το KNX TP. Στην KNX PL ο μέγιστος αριθμός περιοχών είναι οκτώ. Αντί Line Couplers, χρησιμοποιούνται System Couplers KNX PL. Οι επιμέρους γραμμές KNX PL πρέπει να διαχωριστούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας band-stop φίλτρα. Οι System Couplers, όπως και όλοι οι άλλοι couplers, έχουν λειτουργίες φίλτρων, οι οποίες καθιστούν δυνατή τη μείωση του αριθμού των τηλεγραφημάτων στα διάφορα υποσυστήματα. Επειδή ο αριθμός των τηλεγράφων σε μια εγκατάσταση KNX PL είναι σημαντικά μικρότερος από ό, τι στο KNX TP, χρησιμοποιώντας το KNX PL είναι απαραίτητο να παρθούν μέτρα για την αποφυγή συμφόρησης στο σύστημα bus.

Οι System Couplers (όπως οι Area και Line Couplers) έχουν εκχωρηθεί στον αριθμό 0. Σε όλες τις άλλες συσκευές PL έχει εκχωρηθεί μια ατομική διεύθυνση που αντιστοιχεί στη θέση τους στην τοπολογία. Για παραδείγματα, η ατομική διεύθυνση 1.5.0 σημαίνει ότι η συσκευή είναι ένας System Coupler που συνδέει την πέμπτη γραμμή PL με την κύρια γραμμή TP στην πρώτη περιοχή. Η ατομική διεύθυνση 2.3.20 αναφέρεται στη Συσκευή bus PL με διαδοχικό αριθμό 20 στην τρίτη γραμμή της δεύτερης περιοχής.

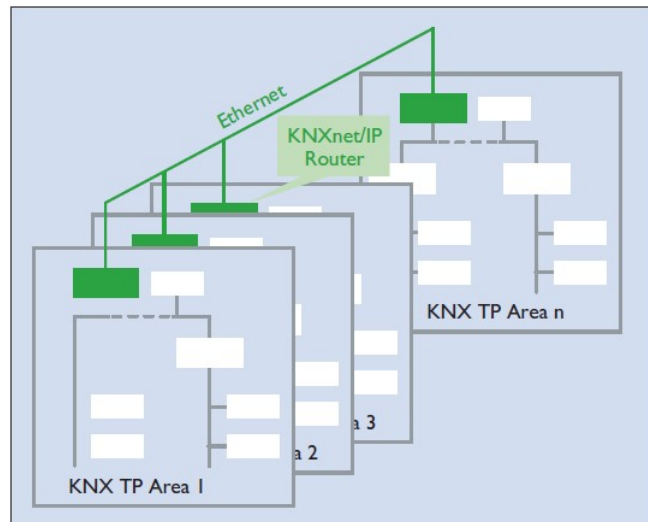
Οι συσκευές σε μια εγκατάσταση KNX RF δεν χρειάζεται να διευθετηθούν ιεραρχικά και μπορούν να εγκατασταθούν σχεδόν οπουδήποτε. Υπό την προϋπόθεση ότι βρίσκονται εντός εμβέλειας μεταξύ τους, οποιοσδήποτε αισθητήρας μπορεί να επικοινωνεί με οποιαδήποτε συσκευή εξόδου. Δεν είναι δυνατόν να περιοριστεί γεωγραφικά η περιοχή των ραδιοφωνικών σημάτων, δηλαδή τα τηλεγραφήματα KNX RF μπορούν να ληφθούν από συσκευές άλλων, κοντινών εγκαταστάσεων KNX RF. Επομένως, πρέπει να διασφαλιστεί

ότι οι γειτονικές εγκαταστάσεις δεν μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα τηλεγραφήματα που αποστέλλονται από τους πομπούς KNX RF περιλαμβάνουν πάντα τον σειριακό αριθμό/διεύθυνση τομέα της συσκευής ως μοναδικό αναγνωριστικό. Μόνο οι δέκτες που είναι συνδεδεμένοι με τον πομπό είναι σε θέση να επεξεργάζονται τα τηλεγραφήματα που αποστέλλονται από αυτόν. Ένα σύστημα KNX μπορεί να είναι καθαρά ασύρματο δίκτυο ή μπορεί να συνδυάζεται με άλλο μέσο επικοινωνίας όπως το KNX TP. Οι Media Couplers χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτόν. Οι Media Couplers εκχωρούνται με φυσικές διευθύνσεις που αντιστοιχούν στη θέση τους στην τοπολογία του συστήματος. Για Παράδειγμα, η φυσική διεύθυνση 2.3.20 σημαίνει ότι ο Media Coupler έχει αριθμό συσκευής 20 και βρίσκεται στην τρίτη γραμμή της δεύτερης περιοχής.

Το KNX IP μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση των κύριων γραμμών και γραμμών περιοχής. Αυτό απαιτεί τη χρήση KNXnet/IP routers. Στους KNXnet/IP routers υπάρχει θύρα Ethernet και σύνδεση KNX TP. Οι routers διαβιβάζουν KNX τηλεγραφήματα σε άλλους KNXnet/IP routers χρησιμοποιώντας τη μέθοδο routing. Η διαθεσιμότητα του Ethernet ως περαιτέρω μέσου επικοινωνίας αυξάνει περαιτέρω την ευελιξία των τοπολογιών του συστήματος KNX. Οι KNXnet/IP routers μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ως Line Couplers, όπως στο Σχήμα 3.22, όσο και ως Area Couplers, όπως το Σχήμα 3.23.



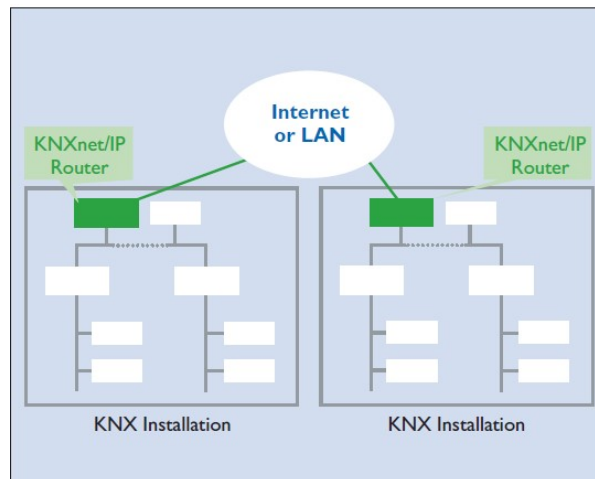
Σχήμα 3.22: Σύνδεση των γραμμών του συστήματος TP KNX με KNXnet/IP routers [1].



Σχήμα 3.23: Σύνδεση των περιοχών του συστήματος TP KNX με KNXnet/IP routers [1].

Όπως όλοι οι σύνδεσμοι, οι KNXnet/ IP routers είναι επίσης σε θέση να φιλτράρουν τηλεγραφήματα. Οι KNXnet/IP routers καθιστούν επίσης δυνατό τον προγραμματισμό συσκευών σε διαφορετικές γραμμές. Ορισμένοι κατασκευαστές KNXnet/IP routers υποστηρίζουν επιπλέον το φιλτράρισμα των τηλεγραφημάτων με τις μεμονωμένες διευθύνσεις, για να αποτρέπεται ο προγραμματισμός σε διαφορετικές γραμμές ή περιοχές, εάν είναι επιθυμητό. Κατά τη λειτουργία, οι KNXnet/IP routers επικοινωνούν μεταξύ τους και με τις άλλες συσκευές KNX στο σύστημα μέσω Ethernet, χρησιμοποιώντας τη routing ως μέθοδο επικοινωνίας.

Οι περισσότεροι KNXnet/IP routers υποστηρίζουν επίσης τη μέθοδο tunneling, δηλαδή μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως θύρες προγραμματισμού IP για το λογισμικό KNX. Οι KNXnet/IP routers μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιηθούν για να συνδέσουν ολόκληρα ξεχωριστά συστήματα μεταξύ τους μέσω Ethernet, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.24. Αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο εάν για παράδειγμα δύο κτίρια είναι εξοπλισμένα με σύστημα KNX TP και οι δύο αυτές εγκαταστάσεις πρέπει να συνδυαστούν σε ένα ενιαίο σύστημα. Εάν υπάρχει ήδη σύνδεση Ethernet μεταξύ των δύο κτιρίων (κάτι που συμβαίνει συχνά σε εμπορικά και θεσμικά κτίρια), τότε δεν υπάρχει ανάγκη για δημιουργία νέας καλωδιακής σύνδεσης μεταξύ τους. Το KNX IP μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δικτύωση συσκευών KNX. Το λογισμικό είναι διαθέσιμο για επικοινωνία με τα συστήματα KNX μέσω KNXnet/IP.

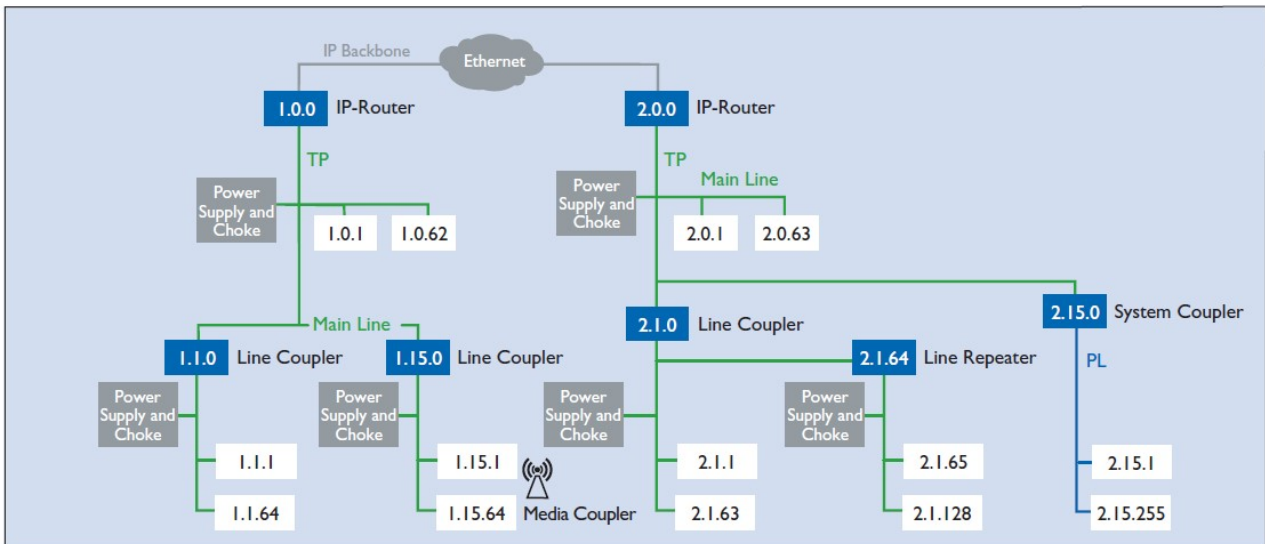


Σχήμα 3.24: Σύζευξη δύο συστημάτων KNX σε ξεχωριστές θέσεις με KNXnet/IP routers [1].

Οι εγκαταστάσεις Ethernet συνδέονται με καλώδια δικτύου. Διατίθενται διάφοροι τύποι καλωδίου δικτύου, ο καθένας με διαφορετική μέθοδο θωράκισης των καλωδίων. Γενικά δεν επιτρέπεται τα καλώδια αυτά να είναι μεγαλύτερα από περίπου 100 μέτρα. Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, χρειάζονται ειδικά στοιχεία δικτύου για να ενώσουν μεμονωμένα τμήματα δικτύου. Στα οικιακά κτίρια το μήκος του καλωδίου δεν είναι συνήθως πρόβλημα. Όπως ήδη αναφέρθηκε, στα εμπορικά και θεσμικά κτίρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί η υπάρχουσα υποδομή δικτύου.

Οι KNXnet/IP routers παίρνουν τον διαδοχικό αριθμό 0 (όπως οι Area και Line Couplers). Οι KNX IP interfaces (tunneling) μπορούν να δοθούν σε οποιοδήποτε διαδοχικό αριθμό. Για παράδειγμα η ατομική Διεύθυνση 1.5.0 σημαίνει ότι η συσκευή είναι KNXnet/IP router που λειτουργεί ως line coupler και συνδέει την πέμπτη γραμμή με την κύρια γραμμή στην πρώτη περιοχή. Η ατομική διεύθυνση 2.3.20 αναφέρεται στη θύρα προγραμματισμού KNX IP με αριθμό 20 στην τρίτη γραμμή της δεύτερης περιοχής.

Όλες οι τοπολογίες για τα διάφορα μέσα επικοινωνίας (TP, PL, RF και IP) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό μεταξύ τους εάν είναι επιθυμητό. Δίνεται ένα παράδειγμα στο Σχήμα 3.25. [1]

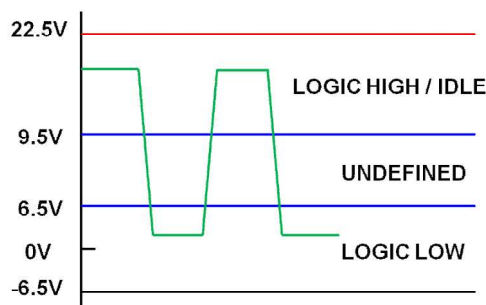


Σχήμα 3.25: Παράδειγμα τοπολογίας συστήματος KNX που ενσωματώνει όλα τα μέσα (TP, PL, RF, IP) [1].

3.2 Πρότυπο DALI

Η εγκατάσταση ενός συστήματος DALI αποτελείται από έναν σειριακό bus δύο αγωγών, ο οποίος απαιτεί ειδικό τροφοδοτικό. Το Master Device του συστήματος στέλνει πακέτα δεδομένων των 16 bit κωδικοποιημένα κατά Manchester και οι υπόλοιπες συσκευές μπορούν να απαντήσουν με πακέτα δεδομένων των 8 bit με την ίδια κωδικοποίηση. Δεν υπάρχει έλεγχος σφαλμάτων στο πρωτόκολλο DALI [9].

Το φυσικό χαμηλό επίπεδο ή ενεργή κατάσταση ορίζεται για τιμές τάσης διασύνδεσης μεταξύ $-6.5V$ και $6.5V$. Η υψηλή επιπέδου κατάσταση ή DALI idle είναι η τάση διασύνδεσης με τιμές μεταξύ $9.5V$ και $22.5V$, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.26. Με αυτές τις τιμές

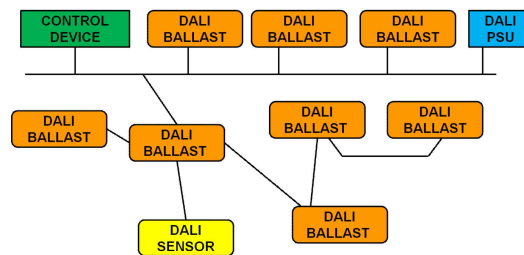


Σχήμα 3.26: Ηλεκτρικές προδιαγραφές για το πρότυπο DALI [9].

δημιουργείται επαρκής ανοχή σε παρεμβολές. Το μέγιστο ρεύμα του συστήματος περιορίζεται στα $250mA$. Κάθε συσκευή που συνδέεται στο σύστημα πρέπει να καταναλώνει το

μέγιστο 2mA. Η συνδέσεις είναι non-polarized στους δέκτες. Το σύστημα DALI περιορίζεται από ένα μικροελεγκτή και έχει ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 1200bit/s [2, 9].

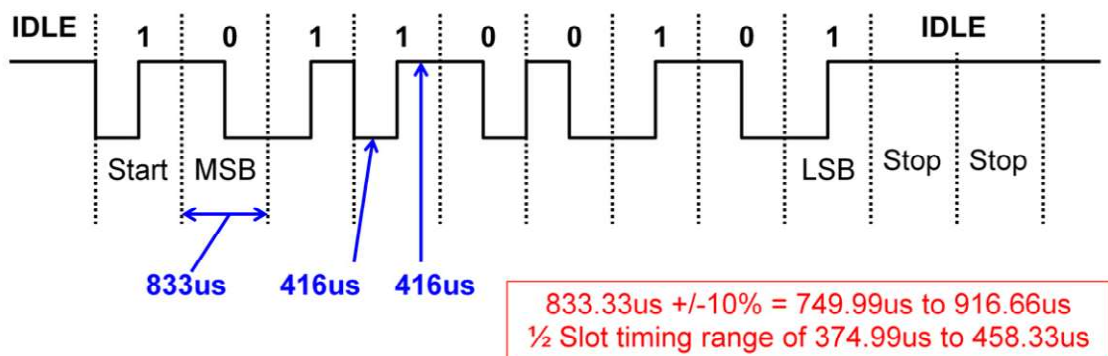
Δεν υπάρχουν ειδικοί Connectors για ένα σύστημα DALI. Απλοί Connectors δύο αγωγών με βιδωτούς ακροδέκτες ή ακροδέκτες πίεσης αρκούν. Λόγω του ρυθμού μετάδοσης δεν υπάρχει ανάγκη για ειδικά καλώδια. Ένα διπολικό standard καλώδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Δεν χρειάζεται η χρήση τερματικών. Οι συνδέσεις πραγματοποιούνται σε σειριακές δομές, αστέρα, δέντρου και συνδυασμό τους, σύνδεση σε σχήμα δακτυλίου απαγορεύεται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.27. Η συνύπαρξή τους με τα καλώδια ισχύος είναι ε-



Σχήμα 3.27: Δομές συνδέσεων για το πρότυπο DALI [9].

φικτή. Επιτρέπεται μέγιστη πτώση τάσης μέχρι 2V για όλα τα καλώδια από το τροφοδοτικό μέχρι κάθε συνιστώσα του συστήματος. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο επικοινωνούντων μονάδων θα πρέπει να είναι 300m. Επιπλέον ισχύουν εμπειρικά τα εξής, μέχρι 100m γίνεται χρήση καλωδίων με διατομή 0.50mm², από 100 έως 150m διατομή 0.75mm² και για περισσότερα από 150m διατομή 1.50mm² [2, 9].

Το πρωτόκολλο DALI χρησιμοποιεί κωδικοποίηση Manchester για να στείλει το Start bit και τις πληροφορίες όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.28. Ο ρυθμός πληροφορίας είναι 1200bps με αποδεκτό εύρος ±10%. Ο χρόνος ενός bit είναι 833.33μs. Το πιο σημαντικό bit (MSB, Most Significant bit) αποστέλλεται πρώτο. Διακρίνονται δύο ειδών πλαίσια δε-



Σχήμα 3.28: Μετάδοση DALI [9].

δομένων, τα Forward Frames (Control Device προς Control Gear), είναι τα πακέτο που αποστέλλονται από τον Ελεγκτής/Πομπός προς το Ballast ή Αισθητήρας/Δέκτης. Αποτελούνται από ένα Start bit, 8 bits διεύθυνσης, 8 bit δεδομένων και 2 Stop bits, όπου s = Start Bit, το οποίο είναι λογικό 1, YAAA AAAS = Address byte (S = Selector), XXXX XXXX = Data byte και I = Stop bit (Idle Line), όπως στο Σχήμα 3.29. Το δεύτερο είδος πλαισίου



Σχήμα 3.29: Forward Frame [9].

είναι τα Backward Frames (Control Gear προς Control Device) : είναι τα πακέτα απάντηση που αποστέλλονται από το Ballast ή Αισθητήρας/Δέκτης πίσω προς τον Ελεγκτής/Πομπός. Αποτελούνται από ένα Start bit, 8 bits δεδομένων και 2 Stop bits, όπου s = Start bit, το οποίο είναι λογικό ένα, XXXX XXXX = Data byte και I = Stop bit (Idle Line), όπως στο Σχήμα 3.30. Η απάντηση «0xFF» σε δεκαεξαδικό κώδικα, θεωρείται ως «Ναι». Αν η απάντηση αναμένεται και η γραμμή παραμένει αδρανής (idle) θεωρείται «Όχι». Άλλες τιμές ποικίλλουν ανάλογα με την εντολή του μηχανισμού.



Σχήμα 3.30: Backward Frame [9].

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο ρυθμός μεταφοράς bit είναι 1200bps με ανοχή λάθους $\pm 10\%$. Έστω T_e ο χρόνος του μισού bit το οποίο είναι 416.57 μ s. Ένα forward πακέτο διαρκεί $38T_e$ το οποίο είναι ίσο με 15.83ms. Ένα backward πακέτο διαρκεί $22T_e$ το οποίο είναι 9.17ms. Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών forward πακέτων είναι τουλάχιστον $22T_e$. Ο χρόνος μεταξύ ενός forward και backward πακέτου είναι μεγαλύτερος από $7T_e$ και λιγότερος από $22T_e$. Ο χρόνος μεταξύ ενός backward και forward πακέτου είναι τουλάχιστον $22T_e$ [9].

Υπάρχουν αρκετές διασυνδέσεις διαθέσιμες με πολλά πρωτόκολλα, όπως BACnet, EnOcean, TCP/IP, KNX, κτλ. Το πρότυπο δηλώνει ότι το πρωτόκολλο DALI έχει σχεδιαστεί ώστε να βρίσκεται κάτω από το επίπεδο ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίων. Το πρότυπο DALI δεν προσδιορίζει κάτι σχετικά με συσκευές και μεθόδους επικοινωνίας όπως PL, RF και IP. Όμως αυτά είναι εφικτά με τη χρήση Gateways μεταξύ DALI και άλλων πρωτόκολλων [11].

3.3 Πρότυπο EnOcean

Το πρότυπο EnOcean είναι σε θέση να παράγει ένα εντυπωσιακό σήμα που κυμαίνεται από μια εξαιρετικά μικρή ποσότητα ενέργειας, από μόλις 50 μ Ws. Μια τυπική ασύρματη μονάδα EnOcean μπορεί να μεταδώσει εύκολα ένα σήμα με εμβέλεια 30 μέτρων εντός κτιρίων. Το μυστικό έγκειται στη διάρκεια του σήματος, η όλη διαδικασία ξεκινά, εκτελείται και ολοκληρώνεται σε λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Μέσω gateways, οι ασύρματες λύσεις EnOcean επικοινωνούν με όλα τα μεγάλα συστήματα ενσύρματων bus όπως KNX, LON, DALI, BACnet, TCP/IP, κτλ [14].

Αξιόπιστη ασύρματη μετάδοση σε συστήματα με πολλούς αισθητήρες καθώς τα εξαιρετικά σύντομα τηλεγραφήματα των ασύρματων μονάδων EnOcean επιτρέπουν τη λειτουργία μεγάλου αριθμού πομπών στο ίδιο σύστημα. Επιπλέον υπάρχει ο μηχανισμός Listen Before Talk (LBT) ο οποίος καθορίζει εάν υπάρχει συνεχής μετάδοση πριν ξεκινήσει η μετάδοση της ωφέλιμης πληροφορίας. Οποιοδήποτε ποσοστό σφάλματος που προκαλείται από συγκρούσεις τηλεγραφημάτων παραμένει εξαιρετικά χαμηλό. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, η αξιοπιστία της μετάδοσης εξακολουθεί να είναι καλύτερη από 99,99% για 100 ασύρματους αισθητήρες που εκπέμπουν τα δεδομένα τους μία φορά το λεπτό. Με άλλα λόγια, ακόμη και μεγάλα κτίρια γραφείων ή εκτεταμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορούν να εξοπλιστούν με μεγάλο αριθμό αισθητήρων EnOcean και να λειτουργούν με αξιοπιστία.

Προσφέρεται η επιλογή δύο τύπων εφαρμογών, Line-powered και Self-powered συσκευών. Ο πρώτος τύπος τυπικά χρησιμοποιείται για μονάδες που απαιτούν σταθερή τροφοδοσία ισχύος όπως ελεγκτές, αναμεταδότες και Gateways και ο δεύτερος τύπος εφαρμογής χρησιμοποιείται για μονάδες που τροφοδοτούνται με την τεχνική συλλογής ενέργειας, όπως αισθητήρες και ρυθμιστές. Μια Line-powered μονάδα παραμένει ανοιχτή και δεν εισέρχεται σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας αλλά μόνο σε κατάσταση αναμονής ενώ η Self-powered μονάδα είναι κανονικά απενεργοποιημένη ή βρίσκεται σε deep sleep state και περιοδικά σε αφύπνιση [12].

Το Ασύρματο πρότυπο ISO/IEC 14543.3.1x για τον αυτοματισμό κτιρίων και Smarthomes είναι αυτό που ολοκληρώνει το πρότυπο EnOcean, παρέχοντας το φυσικό στρώμα, τη σύνδεση δεδομένων και το επίπεδο δικτύου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.31 και είναι το μοναδικό ασύρματο πρότυπο που είναι κατάλληλο για τη συγκομιδή ενέργειας με έμφαση στη βελτιστοποιημένη εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Παρέχεται υψηλή αξιοπιστία με τη χρήση ρυθμιζόμενων περιοχών συχνότητας με τη μεγαλύτερη δυ-



Σχήμα 3.31: EnOcean και το πρότυπο ISO/IEC 14543.3.1x [15].

νατή διαθεσιμότητα (μόνο για παλμικά σήματα), οι συχνότητες 315MHz (για την Ασία) και 868MHz (για την Ευρώπη) χρησιμοποιούν το σχήμα διαμόρφωσης ASK (διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους) και οι συχνότητες 902MHz (για την νότια Αμερική) και 928MHz (για την Ιαπωνία) χρησιμοποιούν το σχήμα διαμόρφωσης FSK (διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας). Η εφαρμογή EnOcean αναλαμβάνει την ευθύνη για τη διαδικασία κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης. Η μετάδοση γίνεται με πολλαπλά μικρά τηλεγραφήματα τα οποία διαθέτουν πεδίο Checksum για τον έλεγχο δεδομένων και είναι διάρκειας 1ms, αρκετά σύντομη ώστε να υπάρχει μικρή πιθανότητα σύγκρουσης, επιτρέποντας έτσι έναν μεγάλο αριθμό αισθητήρων EnOcean που λειτουργούν σε ένα σύστημα ταυτόχρονα χωρίς σφάλματα. Το εύρος λειτουργίας φτάνει τα 30m εντός των κτιρίων και τα 300m σε ελεύθερο πεδίο. Είναι διαθέσιμοι αναμεταδότες για επέκταση της εμβέλειας σε δύο επίπεδα αναμετάδοσης όχι μόνο για τη διάκριση, αλλά και τον περιορισμό της επανάληψης των τηλεγράφων. Η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιείται και σε μονή και σε διπλή κατεύθυνση. Έχει βελτιωμένη ασφάλεια δεδομένων με την κρυπτογράφηση σύμφωνα με τον αλγόριθμο AES (Advanced Encryption Standard) με ένα κλειδί των 128 bit. Διαθέτει μοναδικό ID μετάδοσης με 32 bit για κάθε συσκευή. Δεν επηρεάζεται από παρεμβολές άλλων δικτύων όπως WLAN. Γίνεται χρήση εξαιρετικά χαμηλής ισχύς με υψηλό ποσοστό μετάδοσης δεδομένων, τιμές 125 kbps [12, 15].

3.4 Σύγκριση KNX TP και DALI TP

Τα DALI TP και KNX TP είναι δύο γνωστά στην αγορά πρωτόκολλα επικοινωνίας με εφαρμογή αντίστοιχα τον αυτοματισμό φωτισμού και τον κτιριακό αυτοματισμό γενικότερα. Είναι και τα δύο σύστημα που συνυπάρχουν με τις εγκαταστάσεις ισχύος. Τα καλώδια bus τους εξυπηρετούν και την τροφοδοσία των συσκευών και την επικοινωνία μεταξύ τους. Δεν απαιτείται χρήση ειδικών καλωδίων και ακροδεκτών για το σύστημα DALI και μπορούν να φτάσουν σε μέγιστο μήκος 300m ενώ για το KNX συνιστάται η χρήση ειδικών καλωδίων KNX και υπάρχουν ειδικοί ακροδέκτες και μπορούν να φτάσουν σε μέγιστο μήκος 350m και στα δύο συστήματα δεν χρειάζεται η χρήση τερματικών. Τα καλώδια bus τους δεν έχουν αναφορά ως προς γη. Και τα δύο έχουν ανοχή στις παρεμβολές.

Η ονομαστική τάση και το εύρος τάσης των συσκευών διαφέρουν αρκετά και οφείλεται στη διαφορετικότητα των σημάτων τους. Τα δεδομένα μεταφέρονται σειριακά και ασύγχρονα και στα δύο, με ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 1200bps και 9600bps αντίστοιχα, το κάθε bit διαρκεί 833.33 μ s και 104 μ s αντίστοιχα. Τα τηλεγραφήματα KNX είναι πιο ολοκληρωμένα, περιέχοντας πεδία προτεραιοτήτων και ελέγχου, όμως είναι και σημαντικά μεγαλύτερα σε πλήθος bits, ανάλογα με τη λειτουργία που εξυπηρετεί θα έχουν μήκος 72 έως 207bits ενώ για το DALI, τα τηλεγραφήματα έχουν σταθερό μήκος 16bits, οι χρόνοι των bit όμως διαφέρουν, ένα τηλεγράφημα KNX θα έχει διάρκεια 7.488 έως 21.528 ms ενώ ένα τηλεγράφημα DALI 13.333ms. Το μήκος για τα πλαίσια επιβεβαίωσης είναι και στα δύο 8bits με διάρκεια 832 μ s για το KNX και 8nits ή 6.667ms για το DALI, μια πολύ σημαντική διαφορά χρόνου. Η αναμονή μεταξύ αυτών των δύο τηλεγραφημάτων είναι, για το KNX 13bits ή 1.352ms ενώ για το DALI 3.5 έως 11bits ή 2.917 έως 9.167ms, μία ακόμα σημαντική χρονική διαφορά. Ο μέγιστος χρόνος που μπορεί να σημειωθεί κατά τη συνολική διαδικασία είναι, για το σύστημα KNX είναι 23.712ms όταν για το σύστημα DALI ο ελάχιστος χρόνος είναι 22.917ms, δηλαδή οι δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις είναι σχεδόν ίδιες σε χρονική διάρκεια, όμως για το KNX περιέχεται μεγαλύτερο πλήθος λειτουργιών και πληροφορίας. Επιπλέον στο KNX υπάρχουν προτεραιότητες ενώ στο DALI όχι. Τέλος ο χρόνος αναμονής για πρόσβαση στο bus δηλαδή ο χρόνος κατά τον οποίο δεν πραγματοποιείται καμιά αποστολή δεδομένων, είναι για το KNX 50 έως 53bits ή 5.2 έως 5.512ms και για το DALI 11bits ή 9.167ms, μία ακόμα σημαντική χρονική διαφορά.

Συνεπώς τα δύο συστήματα είναι αρκετά κοινά στην εγκατάστασή τους, όμως κατά τη λειτουργία τους, στον ίδιο χρόνο το σύστημα KNX θα έχει στείλει περισσότερα ή τα ίδια τηλεγραφήματα σε αριθμό με το σύστημα DALI, περιέχοντας μεγαλύτερο εύρος λειτουρ-

γιών και περισσότερη πληροφορία. Το σύστημα DALI όμως καλύπτει πλήρως και αποτελεσματικά την εφαρμογή του φωτισμού, ενώ το σύστημα KNX την καλύπτει μεν αποτελεσματικά αλλά συνήθως δεν εκμεταλλεύεται πλήρως το εύρος που εκμεταλλεύεται το πρότυπο DALI, κάτι που εξαρτάται από τους κατασκευαστές των προϊόντων.

Κεφάλαιο 4

Engineering Tool Software (ETS)

Το Engineering Tool Software, γνωστό και ως ETS είναι ένα ενιαίο λογισμικό, ανεξάρτητο από τους σχεδιαστές προϊόντων και χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης KNX και τον προγραμματισμό των προϊόντων KNX. Οι εγκαταστάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτό το εργαλείο για τη σύνδεση προϊόντων από διαφορετικούς κατασκευαστές και από διαφορετικούς τομείς εφαρμογών για να σχηματίσουν μια ενιαία εγκατάσταση.

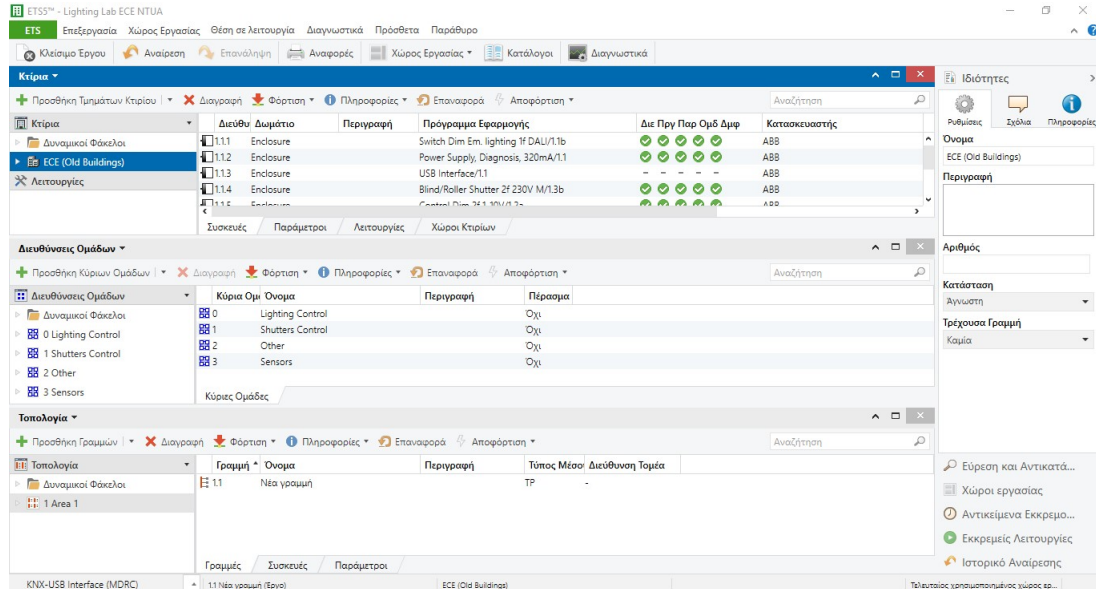
Μια εγκατάσταση KNX μπορεί να προγραμματιστεί με έναν από τους ακόλουθους δύο τρόπους διαμόρφωσης. Η Easy Mode (E-Mode) είναι ο πρώτος τρόπος, εδώ το σύστημα έχει ρυθμιστεί όχι μέσω υπολογιστή, αλλά με χειροκίνητη μονάδα, κουμπιά ή άλλα μέσα. Αυτή η μέθοδος διαμόρφωσης είναι κατάλληλη για ηλεκτρολόγους με βασική γνώση της τεχνολογίας bus, αλλά δεν διαθέτουν δεξιότητες λογισμικού. Και η System Mode (S-Mode), όπου για να ρυθμιστούν οι παράμετροι των συσκευών S-mode, απαιτείται ένα ειδικό πρόγραμμα, το ETS. Το ETS μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση και την ανάθεση συσκευών KNX. Οι συσκευές S-Mode μπορούν να προστεθούν πάντα στην εγκατάσταση σε μεταγενέστερο στάδιο [1].

4.1 Περιβάλλον Εργασίας

Μια εγκατάσταση KNX διαμορφώνεται συνήθως σε S-mode, δηλαδή χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή με εγκατεστημένο σε αυτόν το ETS. Το ETS χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του λογισμικού εφαρμογών που διαθέτουν οι κατασκευαστές με τα προϊόντα τους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσει για παράδειγμα τις ακόλουθες εργασίες, λήψη του λογισμικού εφαρμογών κατασκευαστών από το διαδίκτυο (ηλεκτρονικός κατάλογος μέσω του ETS) ή από μια βάση δεδομένων του κατασκευαστή (όπως προσφέρεται από τον κατασκευαστή μέσω του ιστοτόπου του), ρύθμιση παραμέτρων για το λογισμικό εφαρμογής, χρήση διευθύνσεων ομάδας για τη σύνδεση των αντικειμένων ομάδας για τα επιμέρους προγράμματα εφαρμογών, φόρτωση του λογισμικού εφαρμογών στις συσκευές KNX από το ETS, κτλ. Εκτός από τα εργαλεία σχεδίασης, το ETS προσφέρει επίσης εκτεταμένη βοήθεια με τη διάγνωση και την αντιμετώπιση προβλημάτων.

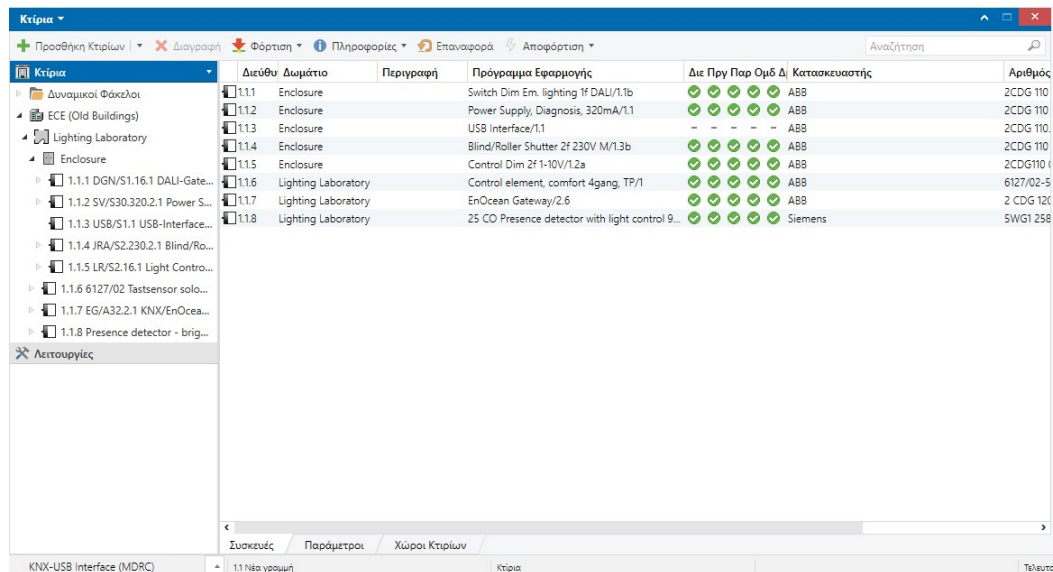
Το ETS έχει δημιουργηθεί σύμφωνα με τους κανόνες σχεδίασης του λογισμικού Windows, έτσι ώστε οι χρήστες που ήδη συνεργάζονται με τα προϊόντα Microsoft δεν θα

χρειαστούν πολύ χρόνο για να μάθουν πώς να το χρησιμοποιήσουν. Το ETS διαθέτει ένα αριθμό παραθύρων, το καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μια εγκατάσταση KNX με διαφορετικό τρόπο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Το κύριο παράθυρο παρουσιάζει την



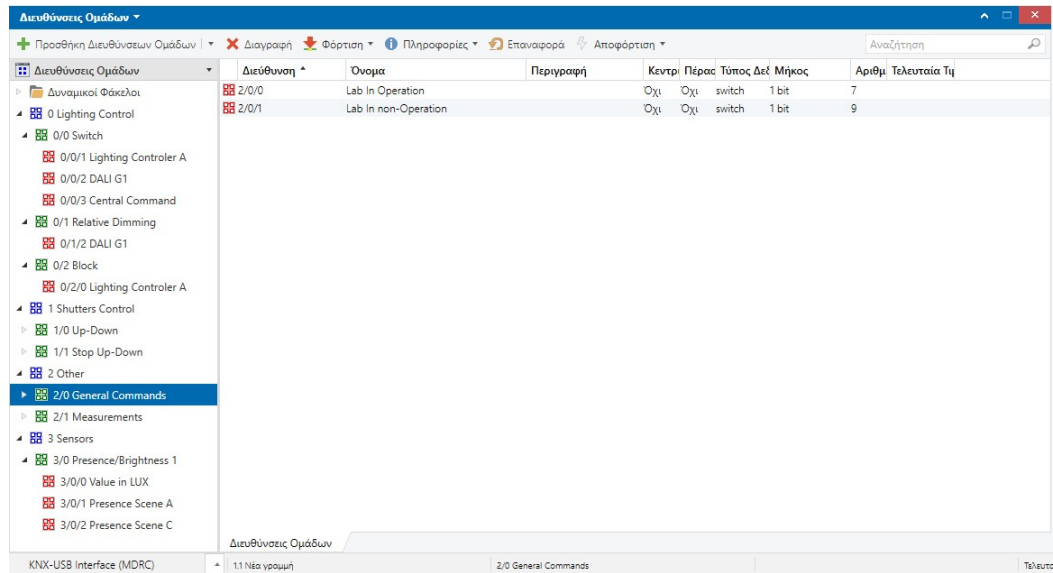
Σχήμα 4.1: Διάφορα παράθυρα στο ETS.

εγκατάσταση από την άποψη του κτιρίου, παρουσιάζοντας τα διάφορα κτίρια, δωμάτια και πίνακες διανομής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2. Οι συσκευές μπορούν να τοποθετηθούν σε επιμέρους κτίρια, δωμάτια και πίνακες διανομής, καθιστώντας εύκολη την εύρεση συσκευής στο ETS με βάση την τοποθεσία του στο κτίριο. Το παράθυρο Διεύθυνση ομάδας εμφανίζει την εγκατάσταση KNX από την άποψη των λειτουργιών που προσφέρει, όπως

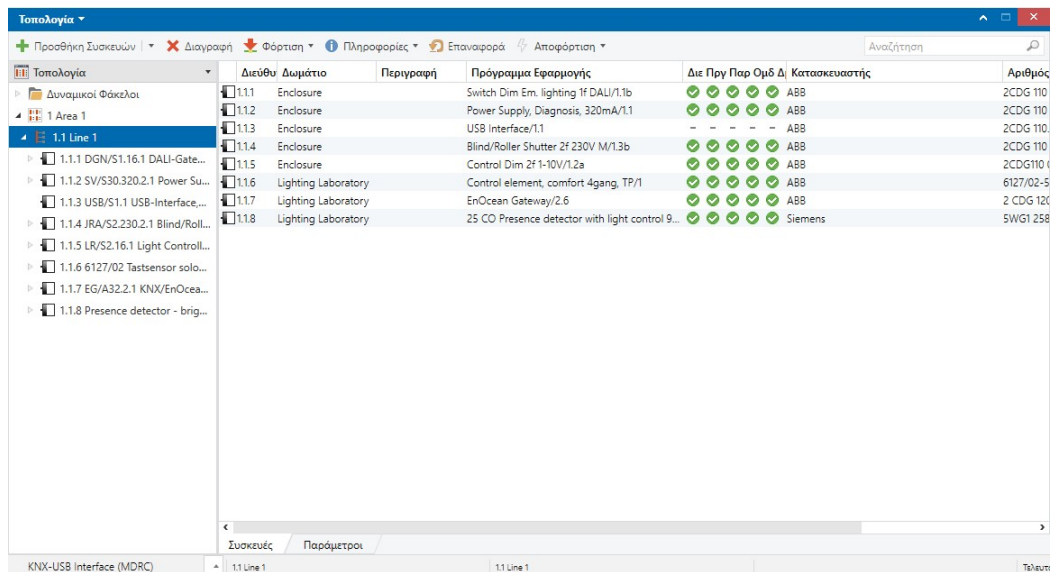


Σχήμα 4.2: Διάταξη κτιρίου και συσκευές.

φαίνεται στο σχήμα 4.3. Εδώ είναι εύκολο να δείτε τις συσκευές στο κτίριο αλληλεπιδρών μεταξύ τους με ποιο τρόπο. Το παράθυρο τοπολογίας δείχνει τη δομή (μεμονωμένες διευθύνσεις) της εγκατάστασης KNX που επεξεργάζεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.3: Το παράθυρο Διευθύνσεων ομάδων.

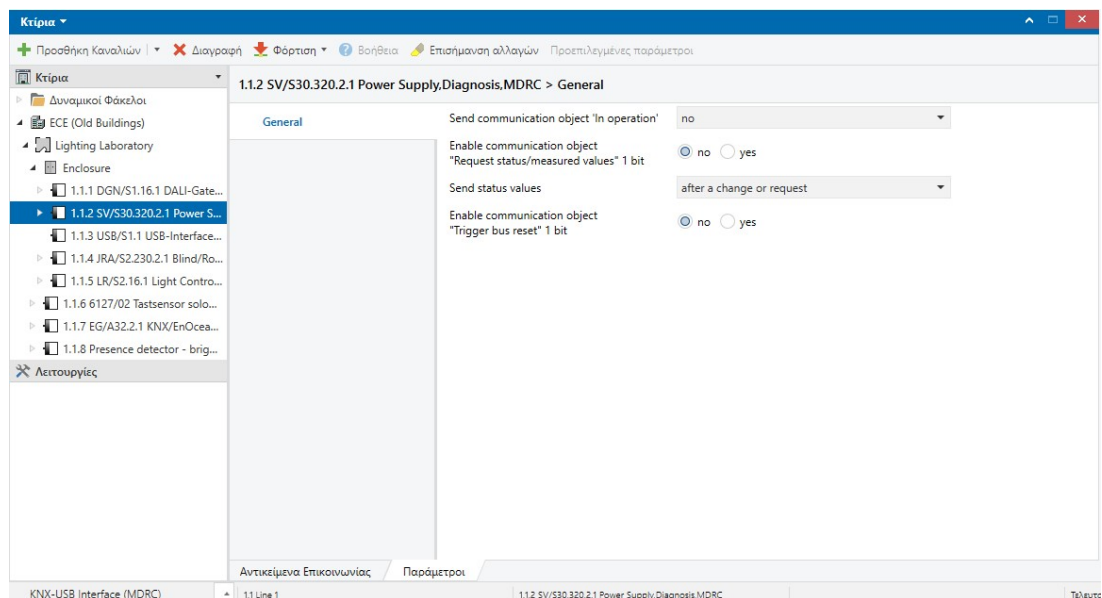


Σχήμα 4. 4: Το παράθυρο Τοπολογίας.

Κάθε παράθυρο χωρίζεται σε δύο μισά, με την αριστερή πλευρά να παρέχει μια γενική εικόνα της εγκατάστασης σε μορφή δέντρου και η δεξιά πλευρά να παρουσιάζει σε λίστα μεμονωμένες ενότητες της δομής δέντρου που επιλέγεται στο αριστερό μέρος. Κατά μήκος της επάνω άκρης του παραθύρου υπάρχουν γραμμές μενού από τις οποίες μπορούν να καλούνται ξεχωριστές λειτουργίες. Υπάρχουν επίσης γραμμές εργαλείων που παρέχουν γρή-

γορη και απλή πρόσβαση στις πιο δημοφιλείς λειτουργίες του προγράμματος. Ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει την εμφάνιση των λιστών στο δεξί μέρος του παραθύρου και τα σύμβολα στις γραμμές εργαλείων, για να τα προσαρμόσει στο προσωπικό του στυλ εργασίας.

Για να σχεδιαστεί μια εγκατάσταση KNX, δεν αρκεί απλώς να εγκατασταθεί το ETS σε έναν υπολογιστή. Τα δεδομένα προϊόντων που παρέχονται από τους κατασκευαστές των διαφόρων συσκευών πρέπει επίσης να εισαχθούν στο πρόγραμμα. Τα στοιχεία αυτά διατίθενται δωρεάν από τους κατασκευαστές προϊόντων KNX, είτε online είτε απευθείας από τον κατασκευαστή. Μπορούν επίσης να γίνουν διαθέσιμα από τον κατάλογο προϊόντων ETS Online KNX. Μόλις τα δεδομένα αυτά εισαχθούν στο ETS, μπορεί να αρχίσει ο σχεδιασμός της εγκατάστασης. Αυτό περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα, αρχικά γίνεται η δημιουργία ενός έργου με τα απαιτούμενα δεδομένα. Το έργο μπορεί αργότερα να ανοίξει και να τροποποιηθεί εκ νέου ανά πάσα στιγμή. Ορίζεται η διάταξη του κτιρίου και των συσκευών σε αυτό, καθορίζονται οι παράμετροι των προϊόντων KNX όπως απαιτείται. Η εμφάνιση της καρτέλας παραμέτρων μιας συσκευής, γίνεται επιλέγοντας την αντίστοιχη συσκευή στο παράθυρο του κτιρίου ή της τοπολογίας και την καρτέλα παράμετροι και εμφανίζεται στα δεξιά αυτού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.5. Στην περίπτωση ενός κουμπιού,



Σχήμα 4.5: Καρτέλα παραμέτρων συσκευής.

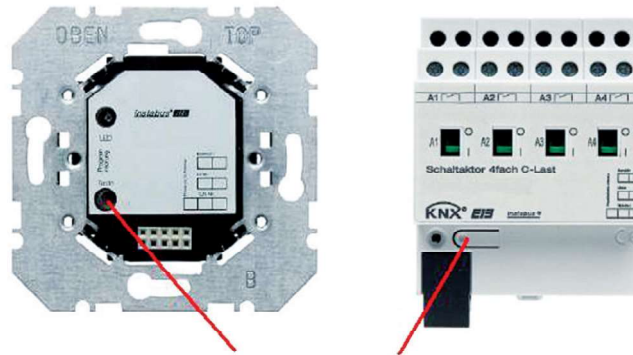
για παράδειγμα, είναι απαραίτητο να ορίσετε αν το κουμπί πρέπει να είναι ένας διακόπτης dimmer, ένα κουμπί για τον έλεγχο των περσίδων ή ένα απλό κουμπί για την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση ενός φωτιστικού. Στην περίπτωση μιας συσκευής εξόδου, αυτές οι παράμετροι καθορίζουν τον τρόπο συμπεριφοράς αυτής, για παράδειγμα αν θα πρέπει να

προσφέρει λειτουργίες χρονοδιακόπτη, αν είναι ένα dimmer, πόσο γρήγορα πρέπει να αλλάξει η φωτεινότητα από την προηγούμενη στη νέα ρύθμιση, κτλ. Καθορίζονται οι λειτουργίες του συστήματος και των διευθύνσεων ομάδας. Για παράδειγμα, σε ένα γραφείο υπάρχουν δύο ομάδες φωτισμού που λειτουργούν ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Θα πρέπει να είναι δυνατό να ανάβει και να σβήνει κάθε ομάδα φωτιστικών ξεχωριστά, αλλά θα πρέπει επίσης να είναι δυνατή και η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση των δύο ομάδων μαζί, άρα η συσκευή ελέγχου πρέπει να προγραμματιστεί με τρεις διαφορετικές λειτουργίες. Για το λόγο αυτό απαιτούνται τρεις διευθύνσεις ομάδας (Φωτισμός 1 On/Off, Φωτισμός 2 On/Off και Φωτισμός 1 και 2 On/Off). Η σύνδεση των αντικειμένων ομάδας των προϊόντων KNX μέσω διευθύνσεων ομάδας γίνεται με τη σύνδεση "εικονικών καλωδίων" στο ETS μεταξύ των εικονικών εισόδων και εξόδων των συσκευών. Συνδέοντας αντικείμενα ομάδας με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ποιοι αισθητήρες ελέγχουν τις συσκευές εξόδων. Κάθε προϊόν διαθέτει ένα πλήθος αντικειμένων επικοινωνίας, το καθένα από αυτά μπορεί να είναι σε περισσότερες από μία ομάδες ώστε να εξυπηρετεί περισσότερες από μία λειτουργίες. Η εμφάνιση της καρτέλας αντικειμένων επικοινωνίας μιας συσκευής, γίνεται επιλέγοντας την αντίστοιχη συσκευή στο παράθυρο του κτιρίου ή της τοπολογίας και την καρτέλα αντικείμενα επικοινωνίας και εμφανίζεται στα δεξιά αυτού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.6. Τέλος, γίνεται έλεγχος ότι η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί σωστά, αποθηκεύεται και δημιουργούνται αντίγραφα ασφαλείας του έργου [1].

Αριθμός	Όνομα	Λειτουργία	Αντικείμενο	Περιγραφή	Διεύθυνση Οι	Μήκος	Επ. Αν	Εγ. Μί	Ενι	Τύπος	Δεδ.	Προτερ.
1	S1: Switching	Input / output			0/0/2	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
2	S1: Relative dimming	Output			0/1/2	4 bit	E...	-	M...	dimming c...	Χαμηλή	
11	LED1: LED status	Input			0/0/2	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
12	LED1: Day/Night mode	Input			2/0/0, 2/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
16	LED1: LED status	Input				1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
17	LED1: Day/Night mode	Input			2/0/0, 2/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
21	S2: Travel	Input / output			1/0/0	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	up/down	Χαμηλή	
22	S2: Adjust	Input / output			1/1/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	step	Χαμηλή	
26	S2: Value switching for short...	Input / output			2/0/0	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
27	S2: Value switching for long...	Input / output			2/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
36	LED2: LED status	Input			2/0/0, 2/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
41	S3: Switching	Input / output			0/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
46	S3: Switching	Input / output			0/0/3	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
51	LED3: LED status	Input			0/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	
52	LED3: Day/Night mode	Input			2/0/0, 2/0/1	1 bit	E...	Eγγ...	Ενvs	switch	Χαμηλή	

Σχήμα 4. 6: Καρτέλα Αντικειμένων Επικοινωνίας.

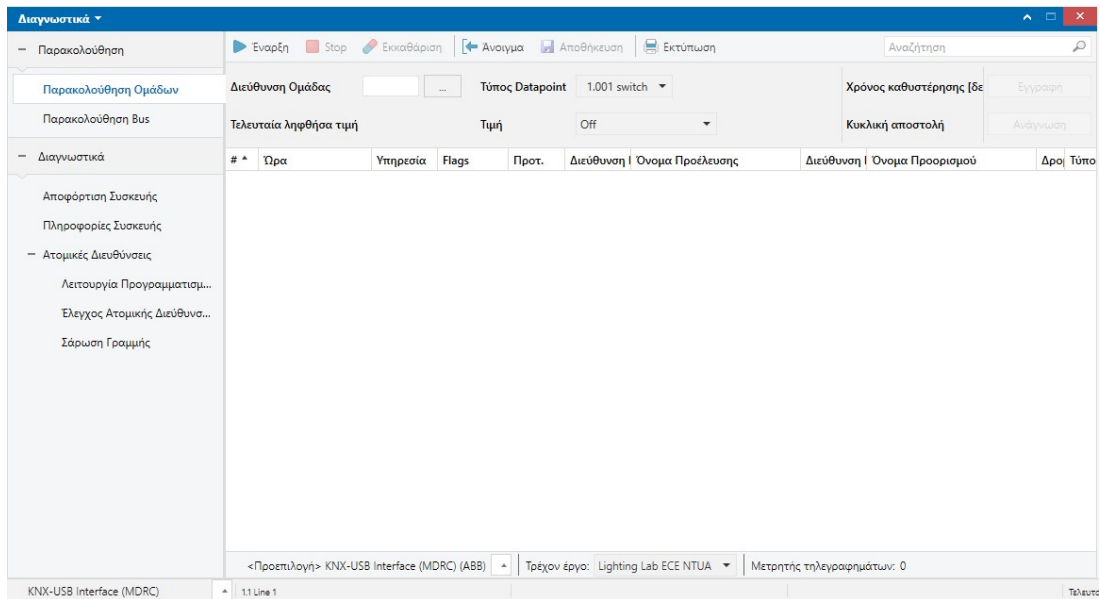
Η σύνδεση της εγκατάστασης με το πρόγραμμα είναι μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες του ETS. Σε κάθε συσκευή πρέπει πρώτα να ανατεθεί ξεχωριστά μια ατομική διεύθυνση, για την οποία ο χρήστης του ETS είναι υπεύθυνος και στη συνέχεια την φορτώνει μέσω του ETS, με την σύνδεση του υπολογιστή και της εγκατάστασης. Αρχικά η συσκευή δεν έχει κάποια διεύθυνση, για αυτόν τον λόγο, σε αυτή τη φάση ο χρήστης πατάει το κουμπί προγραμματισμού της συσκευής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.7, προκειμένου να



Σχήμα 4.7: Κουμπί προγραμματισμού για τον προγραμματισμό της ατομικής διεύθυνσης [1].

της φορτωθεί η συγκεκριμένη αυτή ατομική διεύθυνση. Στο εξής η συσκευή αυτή θα κάνει ανάγνωση σε κάθε upload που γίνεται μέσω του ETS και κάθε εντολή που εκδίδεται σε αυτήν την ατομική διεύθυνση. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε αυτό το στάδιο της διαδικασίας της ανάθεσης, διότι τα σφάλματα σε αυτό το σημείο μπορεί να οδηγήσουν αργότερα σε δυσλειτουργίες, η διόρθωση των οποίων μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρα. Μόλις όλες οι συσκευές έχουν ατομικές διευθύνσεις, το τελικό βήμα είναι να γίνει upload του λογισμικού σε αυτές [1, 7].

Το ETS προσφέρει διάφορες διαγνωστικές λειτουργίες, για παράδειγμα για τον έλεγχο των ατομικών διευθύνσεων των συσκευών ή για την ανάγνωση της κατάστασης μιας δεδομένης συσκευής bus. Το παράθυρο διαγνωστικών φαίνεται στο Σχήμα 4.8. Αυτό περιλαμβάνει λεπτομέρειες του κατασκευαστή της συσκευής, τυχόν σφάλματα στα bits της μονάδας bus coupling, την κατάσταση λειτουργίας της συσκευής, κτλ. Η κατάσταση λειτουργίας υποδεικνύει αν το λογισμικό εκτελείται αυτή τη στιγμή. Είναι επίσης δυνατό να δούμε αν υπάρχει μια κατάλληλη τελική συσκευή συνδεδεμένη μέσω του PEI στη μονάδα bus coupling και ποιες διευθύνσεις ομάδας αντιστοιχίζονται στα αντικείμενα της συσκευής. Η παρακολούθηση bus και ομάδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση όλων των τηλεγραφημάτων bus και ως εκ τούτου για την παρακολούθηση της δραστηριότητας στον bus. Αυτό καθιστά εύκολη τη διάγνωση και τον εντοπισμό τυχόν σφαλμάτων. Εκτός



Σχήμα 4.8: Το παράθυρο Διαγνωστικά.

από τα τηλεγραφήματα παρακολούθησης, είναι επίσης δυνατή η αποστολή τηλεγραφημάτων από έναν υπολογιστή και με αυτόν τον τρόπο να ελέγχονται οι συσκευές εξόδων και να ξεκινούν οι λειτουργίες στην εγκατάσταση χωρίς να έχουν εγκατασταθεί οι σχετικοί αισθητήρες. Αυτό είναι βολικό, για παράδειγμα, για να γίνει έλεγχος σε μεμονωμένες λειτουργίες χώρου, όπως ότι η θέρμανση σβήνει όταν τα παράθυρα είναι ανοιχτά (ακόμα και αν οι αντίστοιχες επαφές παραθύρων δεν έχουν ακόμα τοποθετηθεί).

Για να υλοποιηθούν τα διάφορα uploads και οι διαγνώσεις στις συσκευές, το ETS πρέπει πρώτα να συνδεθεί στον KNX bus. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να επιτευχθεί αυτό, ο τυπικός τρόπος είναι μέσω μιας θύρας USB KNX ή μιας διασύνδεσης KNXnet/IP. Εάν η εγκατάσταση του δικτύου έχει Wi-Fi, μπορεί επίσης να έχει πρόσβαση ασύρματα από φορητό υπολογιστή.

Η διαμόρφωση και το upload σε ορισμένες συσκευές KNX απαιτούν κάποιο πρόσθετο ειδικό λογισμικό. Στις οθόνες, για παράδειγμα, η δομή, τα κείμενα που θα εμφανιστούν στην οθόνη και η σύνδεση με τα συμβάντα στο σύστημα bus καθορίζονται από τον σχεδιαστή της εγκατάστασης. Για αυτό, συνήθως απαιτείται μια ξεχωριστή προσθήκη λογισμικού. Οι προσθήκες καλούνται αυτόματα μόλις ο χρήστης αρχίσει να επεξεργάζεται τις παραμέτρους της συσκευής στο ETS.

Οι εφαρμογές είναι ευρέως διαθέσιμες για τηλέφωνα, smartphones και tablets αλλά και για το ETS. Η επαγγελματική έκδοση του ETS προσφέρει γενικά όλα όσα χρειάζονται για να εργαστεί κάποιος με μια εγκατάσταση KNX. Όμως, όπως και οι χρήστες κινητών τηλεφώνων, οι χρήστες του συστήματος KNX επιθυμούν όλο και περισσότερο να έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα πρόσθετων λειτουργιών. Προσφέροντας εφαρμογές για το ETS,

η KNX ανταποκρίνεται στην αυξανόμενη ζήτηση σε όλο τον κόσμο για εξειδικευμένες λύσεις. Οι συμβατές εφαρμογές μπορούν να αυξήσουν περαιτέρω τις λειτουργίες του ETS. Επιτρέπουν ειδικότερα στους ειδικούς του KNX να απολαμβάνουν ακόμα μεγαλύτερη διαφάνεια και να ρυθμίζουν τις εγκαταστάσεις KNX πιο γρήγορα από ποτέ. Χάρη στις εφαρμογές, το ETS μπορεί να προσαρμοστεί στις μελλοντικές επιθυμίες των χρηστών και στις μελλοντικές τεχνικές εξελίξεις. Όλες οι εφαρμογές σχεδιάζονται από την ένωση KNX και τα μέλη του KNX. Επικυρώνονται από την ένωση KNX και είναι διαθέσιμες για αγορά από το ηλεκτρονικό κατάστημα KNX [1].

4.2 Εφαρμογή Εργαστηρίου Φωτοτεχνίας HMMY ΕΜΠ

Η εφαρμογή που φτιάχτηκε στα πλαίσια του Εργαστηρίου Φωτοτεχνίας HMMY ΕΜΠ, έχει ως γνώμονα την άνεση εργασίας του προσωπικού του και την έξυπνη διαχείριση ενέργειας με στόχο της εξοικονόμηση ενέργειας. Το εργαστήριο αποτελείται από δύο απομονωμένους χώρους, ο πρώτος χώρος είναι το εργαστήριο και ο δεύτερος τα γραφεία του εργαστηρίου, η βασική είσοδος βρίσκεται στον χώρο του εργαστηρίου και οι δύο χώροι χωρίζονται με μία πόρτα. Στον χώρο των γραφείων υπάρχει παράθυρο με ηλεκτρικό ρολό. Η περιγραφή της εφαρμογής δίνει βάρος στην περιγραφή της ομαδοποίησης των στοιχείων επικοινωνίας των συσκευών και όχι στην παραμετροποίηση των συσκευών, καθώς για διαφορετικές συσκευές από τον ίδιο ή διαφορετικό κατασκευαστή η καρτέλα παραμετροποίησης και η ποικιλία παραμέτρων και λειτουργιών τους συνήθως διαφέρουν και μερικές φορές μάλιστα αρκετά. Η εφαρμογή περιλαμβάνει το σύστημα KNX ως κεντρικό σύστημα αυτοματισμού, το οποίο συνεργάζεται με gateways με ένα σύστημα DALI για τα φωτιστικά στον χώρο των γραφείων και ένα σύστημα EnOcean για τη χρήση μιας ασύρματης μαγνητικής επαφής. Το σύστημα DALI επιλέχτηκε καθώς δεν υπάρχουν εύκολα διαθέσιμα ballasts και τροφοδοτικά για φωτιστικά με άμεση επικοινωνία με το πρότυπο KNX αλλά και για λόγους που αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο. Το σύστημα EnOcean επιλέχτηκε καθώς λίγες εταιρίες με προϊόντα KNX προμηθεύουν μαγνητικές επαφές οι οποίες επικοινωνούν με το πρότυπο αυτό, ενώ, οι περισσότερες από αυτές προμηθεύουν αρκετά προϊόντα συστημάτων EnOcean, με συνθέςτερα τις μαγνητικές επαφές, διακόπτες, θερμοστάτες, κτλ.

Ορίστηκαν οι ακόλουθες απαιτήσεις για την εφαρμογή αυτήν. Να υπάρχουν ξεχωριστές φωτεινές ενδείξεις στους διακόπτες για κάθε φορτίο ή σύνολο φορτίων που διαχειρίζονται. Να υπάρχει ένας κεντρικός διακόπτης για την ενεργοποίηση όλων το φωτιστικών για τις

περιπτώσεις όπου το εργαστήριο πρέπει να λειτουργήσει πρόχειρα όπως είναι ο καθαρισμός του εκτός ωρών εργασίας όπου το προσωπικό του απουσιάζει. Το πλήκτρο αυτό θα πρέπει με το πάτημα του να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί εναλλάξ τα φωτιστικά στους δύο χώρους και να έχει σταθερή φωτεινή ένδειξη λευκού χρώματος. Να υπάρχει πλήκτρο που να ορίζει ότι το εργαστήριο βρίσκεται σε λειτουργία ή μη λειτουργία από το προσωπικό του. Θα πρέπει με απλό πάτημα να δηλώνει ότι το εργαστήριο είναι σε λειτουργία από το προσωπικό του και με πάτημα μακράς διάρκειας να δηλώνει ότι το εργαστήριο δεν βρίσκεται σε λειτουργία πλέον από το προσωπικό του, πρέπει να υπάρχει φωτεινή πράσινη ένδειξη για την πρώτη περίπτωση και φωτεινή κόκκινη ένδειξη για τη δεύτερη περίπτωση. Για το απλό πάτημα θα πρέπει να ανάβουν τα φωτιστικά στον πρώτο χώρο του εργαστήριο και να ξεκλειδώνει τον αισθητήρα παρουσίας στον δεύτερο χώρο των γραφείων. Για το πάτημα μακράς διάρκειας θα πρέπει να απενεργοποιούνται όλα τα φωτιστικά των δύο χώρων, να κλείνει το ηλεκτρικό ρολό του παραθύρου και να κλειδώνει ο αισθητήρας παρουσίας. Ο αισθητήρας παρουσίας θα πρέπει μόλις «δει» κάποιο άτομο στον χώρο των γραφείων να ανοίγει τα φωτιστικά και το ηλεκτρικό ρολό του παραθύρου και αν για πέντε λεπτά δεν «βλέπει» κάποια παρουσία στον χώρο θα πρέπει να απενεργοποιεί τα φωτιστικά του χώρου. Θα πρέπει να υπάρχει ένα πλήκτρο για την ξεχωριστή διαχείριση των φωτιστικών στον χώρο του εργαστήριο, το οποίο θα πρέπει με το πάτημα του να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί εναλλάξ τα φωτιστικά αυτά και να έχει φωτεινή λευκή ένδειξη όταν τα φωτιστικά λειτουργούν και καμία φωτεινή ένδειξη όταν τα φωτιστικά είναι εκτός λειτουργίας, επιπλέον όταν το εργαστήριο είναι σε λειτουργία από το προσωπικό του θα πρέπει η φωτεινή ένδειξη να είναι κανονική και όταν δεν είναι σε λειτουργία από το προσωπικό του η ένδειξη να είναι αχνή ώστε να ξεχωρίζουν τα κεντρικά πλήκτρα διαχείρισης. Θα πρέπει να υπάρχει ένα πλήκτρο για την ξεχωριστή διαχείριση των φωτιστικών στον χώρο των γραφείων, το οποίο θα πρέπει με το απλό πάτημα του να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί εναλλάξ τα φωτιστικά αυτά και με το πάτημα μακράς διάρκειας να αυξάνει και να μειώνει εναλλάξ την στάθμη dimming των φωτιστικών και να έχει φωτεινή λευκή ένδειξη όταν τα φωτιστικά λειτουργούν και καμία φωτεινή ένδειξη όταν τα φωτιστικά είναι εκτός λειτουργίας, επιπλέον όταν το εργαστήριο είναι σε λειτουργία από το προσωπικό του θα πρέπει η φωτεινή ένδειξη να είναι κανονική και όταν δεν είναι σε λειτουργία από το προσωπικό του η ένδειξη να είναι αχνή ώστε να ξεχωρίζουν τα κεντρικά πλήκτρα διαχείρισης. Θα πρέπει να υπάρχει ένα πλήκτρο για την ξεχωριστή διαχείριση του ηλεκτρικού ρολού του παραθύρου το οποίο για απλό πάτημα θα το ανεβάζει και θα το κατεβάζει εναλλάξ μέχρι να πατηθεί το stop το οποίο είναι το πάτημα μακράς διάρκειας του ίδιου πλήκτρου ή μέχρι να περάσει το χρονικό διάστημα το οποίο έχει οριστεί για να μετατοπιστεί από την μία ακραία

θέση στην άλλη. Τέλος πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μαγνητική επαφή στην πόρτα που βρίσκεται ανάμεσα στους δύο χώρους. Η πόρτα αυτή κλείνει στην περίπτωση που γίνεται κάποιο πείραμα και κατά τη διάρκεια αυτού πρέπει τα φωτιστικά του εργαστηρίου να παραμένουν εκτός λειτουργίας. Όταν το προσωπικό κλείνει τα φώτα του εργαστηρίου και την πόρτα και άρα και την μαγνητική επαφή θα πρέπει να κλειδώνει η κατάσταση των φωτιστικών στο εργαστήριο ώστε αν κάποιος δεν γνωρίζει ότι πραγματοποιείται πείραμα και θελήσει να ανάψει τα φωτιστικά να αγνοείται η εντολή ενεργοποίησης τους.

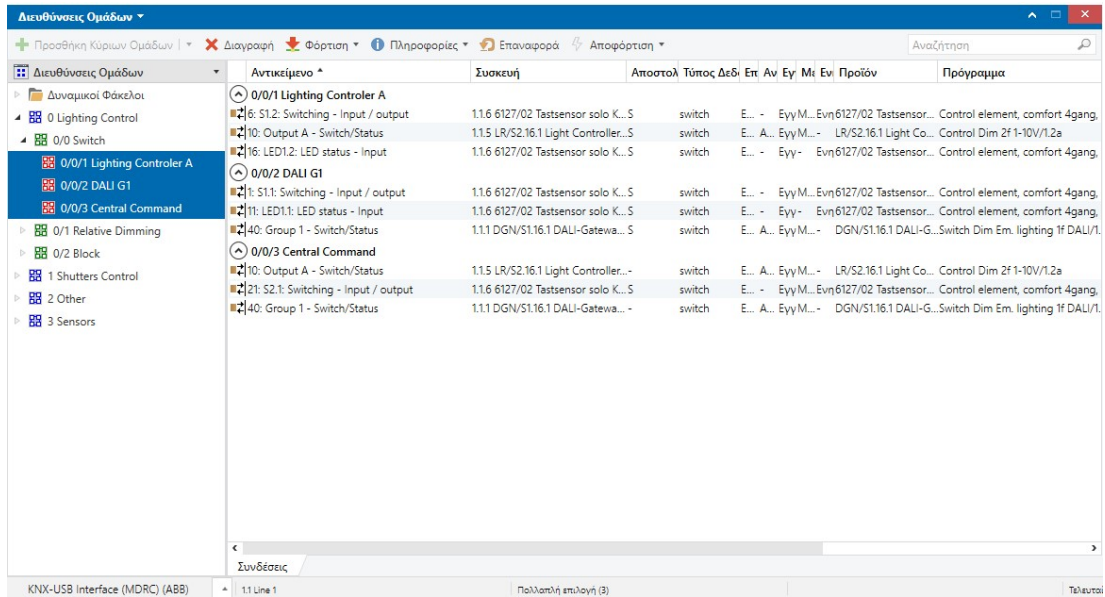
Η εγκατάσταση KNX εκτείνεται σε μία μόνο γραμμή και περιοχή και περιέχει τα εξής προϊόντα. Ένα τροφοδοτικό για το σύστημα KNX, μια θύρα USB προγραμματισμού για το σύστημα KNX, ένα gateway με το σύστημα DALI για τον έλεγχο των φωτιστικών στον χώρο των γραφείων, μια συσκευή lighting controller για τα φωτιστικά στον χώρο του εργαστηρίου και μια συσκευή για έλεγχο του ηλεκτρικού ρολού του παραθύρου. Οι προηγούμενες είναι συσκευές ράγας οι οποίες τοποθετήθηκαν στον πίνακα διανομής, επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν, ένα χωνευτό οκταπλό μπουτόν (τέσσερα ζεύγη) για την διαχείριση των φορτίων, ο αισθητήρας παρουσίας στον χώρο των γραφείων και το gateway με το σύστημα EnOcean για τον έλεγχο της ασύρματης μαγνητικής επαφής. Στο Παράρτημα Α υπάρχει περιγραφή της λειτουργίας και των δυνατοτήτων των προϊόντων αυτών και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Τα στοιχεία επικοινωνίας που χρησιμοποιήθηκαν από τις συσκευές είναι οι ακόλουθες. Το Group 1 output Switch/Status 1bit, από τη συσκευή DALI-Gateway για τον έλεγχο των φωτιστικών στον χώρο των γραφείων, το στοιχείο αυτό ανήκει σε τρεις ομάδες, μία για τον ατομικό έλεγχο και δύο για τους δύο κεντρικούς ελέγχους. Από την ίδια συσκευή επιπλέον χρησιμοποιούνται τα στοιχεία Group 1 Relative dimming 4 bit το οποίο θα ανήκει σε μία ομάδα για τον ατομικό έλεγχο της στάθμης dimming και το στοιχείο Scene 1...14 8-bit scene 1-byte το οποίο θα ανήκει σε δύο ομάδες, μία για κάθε σενάριο λειτουργίας του αισθητήρα παρουσίας συνεπώς από τα 14 σενάρια μας είναι απαραίτητα τα δύο, το σενάριο 1 το οποίο έχει ρυθμιστεί στην στάθμη dimming 100% και στο σενάριο 2 το οποίο έχει ρυθμιστεί στην στάθμη dimming 0%. Από τη συσκευή Blind/Roller Shutter χρησιμοποιούνται τα επόμενα τρία στοιχεία, το στοιχείο Output A Move blinds/shutter up-down 1 bit, ανήκει σε μία ομάδα για τον έλεγχο της κίνησης του ηλεκτρικού ρολού, το στοιχείο Output A Slat adjust./ stop up-down, ανήκει σε μία ομάδα για το σταμάτημα της κίνησης του ηλεκτρικού ρολού, το στοιχείο Output A Move position 1,2 1 bit, ανήκει σε μία ομάδα για να κλείνει το ηλεκτρικό ρόλο όταν δηλώνεται ότι το εργαστήριο δεν λειτουργείται από άτομα του προσωπικού, σε αυτό μας χρησιμεύει μόνο το bit με λογική τιμή 0 το οποίο αντιστοιχεί στη θέση 1 και έχει ρυθμιστεί σε ποσοστό ύψους 100% στην οποία το ηλεκτρικό

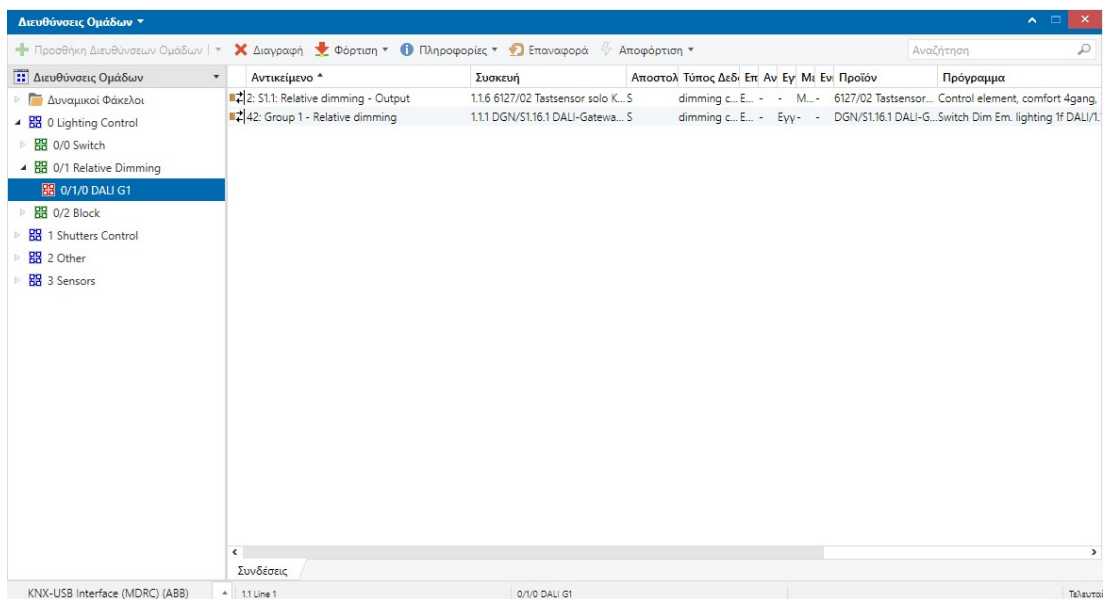
ρολό είναι εντελώς κλειστό και το στοιχείο Output A 8-bit scene 1byte, σε μία ομάδα για τον έλεγχο του ηλεκτρικού ρολό κατά την ανίχνευση παρουσίας από τον αισθητήρα, το σενάριο 1 αντιστοιχεί σε ποσοστό ύψους 0%, στα υπόλοιπα επτά σενάρια η έξοδος A δεν εκτελεί κάποια λειτουργία. Από τη συσκευή Light Controller, η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των φωτιστικών στο χώρο του εργαστηρίου, απαιτούνται δύο στοιχείο επικοινωνίας, το Output A Switch/Status, το οποίο θα ανήκει σε τέσσερις ομάδες, μία για τον ατομικό έλεγχο δύο για τη λειτουργία ή μη του εργαστηρίου από προσωπικό και μία για τον έλεγχο εκτός ωρών λειτουργίας από το προσωπικό του εργαστηρίου και το στοιχείο Output A Block 1bit, σε μία ομάδα για το κλείδωμα της κατάστασης των φωτιστικών, για bit με λογική τιμή ένα τα φωτιστικά κλειδώνουν ενώ για λογικό μηδέν είναι ξεκλειδωτά. Από τη συσκευή KNX/EnOcean Gateway θα χρησιμοποιηθεί ένα στοιχείο, το NO1 In_Status_Contact 0-Open, 1-Closed 1 bit από την μαγνητική επαφή, το οποίο θα ανήκει σε μία ομάδα για το κλείδωμα των φωτιστικών στο χώρο του εργαστηρίου κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Από τη συσκευή Presence detector – brightness sensor είναι απαραίτητα τρία στοιχεία επικοινωνίας, το Scene, Start of Presence, A recall 1 byte, το οποίο ανήκει σε μία ομάδα που αφορά την ανίχνευση παρουσίας στον χώρο και καλεί το σενάριο 1, το Scene, End of Presence, C recall 1 byte, το οποίο ανήκει σε μία ομάδα και αφορά την μη ανίχνευση παρουσίας ύστερα από κάποιον χρόνο από την ανίχνευση παρουσίας και καλεί το σενάριο 2, ο χρόνος αυτός έχει ρυθμιστεί στα 5 λεπτά. Και το στοιχείο Presence lock On / Off 1 bit για το κλείδωμα ή όχι του αισθητήρα και ανήκει σε δύο ομάδες, τις ομάδες που αφορούν το αν υπάρχουν ή όχι στο εργαστήριο άτομα από το προσωπικό του. Τέλος από τη συσκευή Tastsensor, χρησιμοποιούνται 13 στοιχεία. Ο διακόπτης 1.1 λειτουργεί ως ένας διακόπτης για on/off εναλλάξ για απλό πάτημα και dimming αυξάνοντας/μειώνοντας την στάθμη εναλλάξ για πάτημα μακράς διάρκειας για τα φωτιστικά του χώρου των γραφείων με φωτεινή ένδειξη έντονη και αχνή ανάλογα αν υπάρχει ή όχι προσωπικό στο εργαστήριο αντίστοιχα, σε αυτόν αντιστοιχούν τέσσερα στοιχεία, το S1.1: Switching Input / output 1 bit, ανήκει σε μία ομάδα για την ατομική διαχείριση των φωτιστικών, το S1.1: Relative dimming Output 4 bit, ανήκει σε μία ομάδα για τον ατομικό έλεγχο της στάθμης dimming των φωτιστικών, το LED1.1: LED status το οποίο ανήκει στην ίδια ομάδα με το πρώτο στοιχείο της συσκευής αυτής και έχει ρυθμιστεί να είναι άσπρο όταν τα φωτιστικά λειτουργούν και να είναι απενεργοποιημένο όταν και τα φωτιστικά είναι απενεργοποιημένα και το στοιχείο LED1.1: Day/Night mode Input 1 bit το οποίο ανήκει σε δύο ομάδες, τις ομάδες που αφορούν αν το εργαστήριο λειτουργείται ή όχι από άτομα του προσωπικού του. Ο διακόπτης S1.2 έχει ρυθμιστεί ως διακόπτης on/off για απλό πάτημα εναλλάξ για τον έλεγχο των φωτιστικών στον χώρο του εργαστηρίου. Έχει τρία

στοιχεία επικοινωνίας, τα αντίστοιχα με του διακόπτη S1.1, εκτός του στοιχείο για το dimming και ανήκουν στις αντίστοιχες ομάδες με του διακόπτη S1.1 και έχουν τις αντίστοιχες ρυθμίσεις. Το κουμπί S2.1 έχει ρυθμιστεί ως διακόπτης on/off για απλό πάτημα εναλλάξ για τον έλεγχο όλων των φωτιστικών για ώρες μη λειτουργίας του εργαστηρίου από το προσωπικό του, έχει ένα στοιχείο το οποίο σε μία ομάδα, το S2.1: Switching Input / output 1 bit. Το κουμπί S2.2 αντιστοιχεί στην δήλωση ότι εισήλθε άτομο από το προσωπικό για απλό πάτημα και ότι έφυγε και το τελευταίο άτομο από το προσωπικό για πάτημα μακράς διάρκειας. Σε αυτό αντιστοιχούν τρία στοιχεία, τα S2.2: Value switching for short operation Input / output 1 bit και S2.2: Value switching for long operation Input / output 1 bit τα οποία ανήκουν στις αντίστοιχες ομάδες με την περιγραφή τους και το LED2.2: LED status το οποίο ανήκει και στις δύο αυτές ομάδες οι οποίες δέχονται μόνο τα αντίστοιχα λογικά bit, λογικό ένα για την ύπαρξη προσωπικού και λογικό μηδέν για την απουσία του, τα οποία ορίζουν την κατάσταση του LED, έχει ρυθμιστεί να έχει πράσινη και κόκκινη ένδειξη στις αντίστοιχες περιπτώσεις. Το κουμπί 3.1 έχει ρυθμιστεί να είναι ένα κουμπί διαχείρισης ηλεκτρικού ρολού και περιέχει δύο στοιχεία επικοινωνίας, το S3.1: Travel Input / output 1 bit, ανήκει σε μία ομάδα, την ομάδα για τον έλεγχο κίνησης του ηλεκτρικού ρολού και το S3.1: Adjust Input / output 1 bit, ανήκει σε μία ομάδα για το σταμάτημα της κίνησης του ηλεκτρικού ρολού [16, 17].

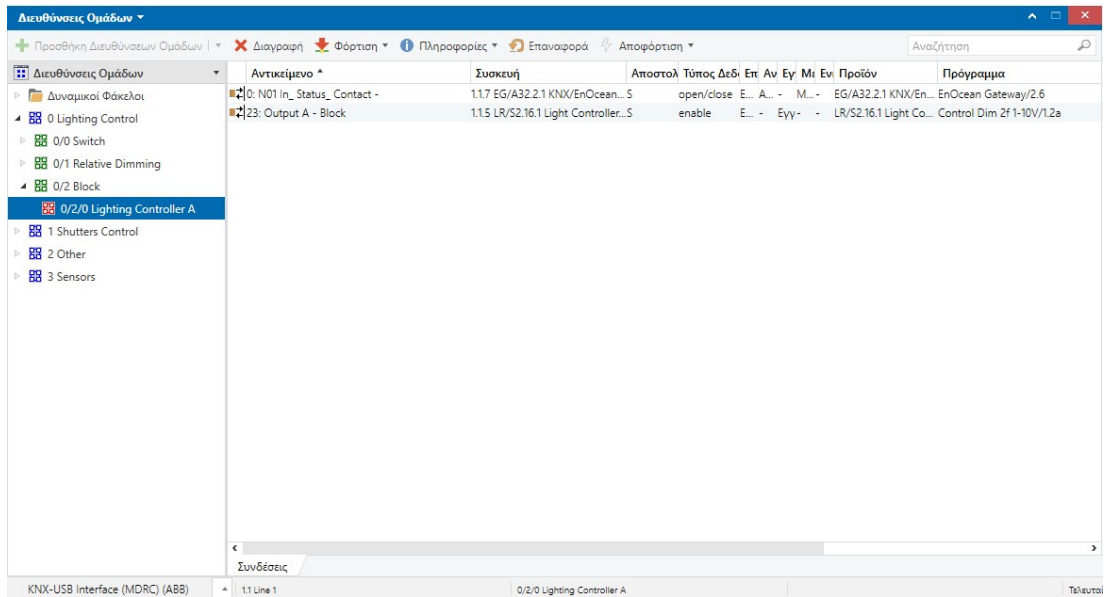
Οι κύριες ομάδες που φτιάχτηκαν για την ομαδοποίηση των στοιχείων επικοινωνίας είναι, η 0 Lighting Control για τον έλεγχο των φωτιστικών, η 1 Shutter Control για τον έλεγχο του ηλεκτρικού ρολού, η 2 Other για τις λειτουργίες κατά την ύπαρξη ή όχι ατόμων του προσωπικού στο εργαστήριο και η 3 Sensors για τις λειτουργίες του αισθητήρα. Η ομάδα 0 έχει τις εξής μεσαίες ομάδες, 0/0 Switch για τον έλεγχο switch, 0/1 Relative Dimming για τον έλεγχο dimming και 0/2 Block για τον έλεγχο block. Στην μεσαία ομάδα 0/0 έχει τρεις ομάδες, μία για την διαχείριση των φωτιστικών στον χώρο του εργαστήριο την 0/0/0 Lighting Controller A, μία για την διαχείριση των φωτιστικών στον χώρο των γραφείων την 0/0/1 DALI G1 και μία για τον έλεγχο και των δύο μαζί 0/0/2 Central Command. Οι διευθύνσεις αυτές και τα στοιχεία επικοινωνίας τους φαίνονται στο Σχήμα 4.7. Τα στοιχεία επικοινωνίας που απαρτίζουν τις ομάδες αυτές είναι όπως περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Στην μεσαία ομάδα 0/1 υπάρχει μία διεύθυνση ομάδας, η 0/1/0 DALI G1 για τον έλεγχο της στάθμης dimming των φωτιστικών των γραφείων, η διεύθυνση αυτή και τα στοιχεία επικοινωνίας της φαίνονται στο Σχήμα 4.8. Στην μεσαία ομάδα 0/2 υπάρ-



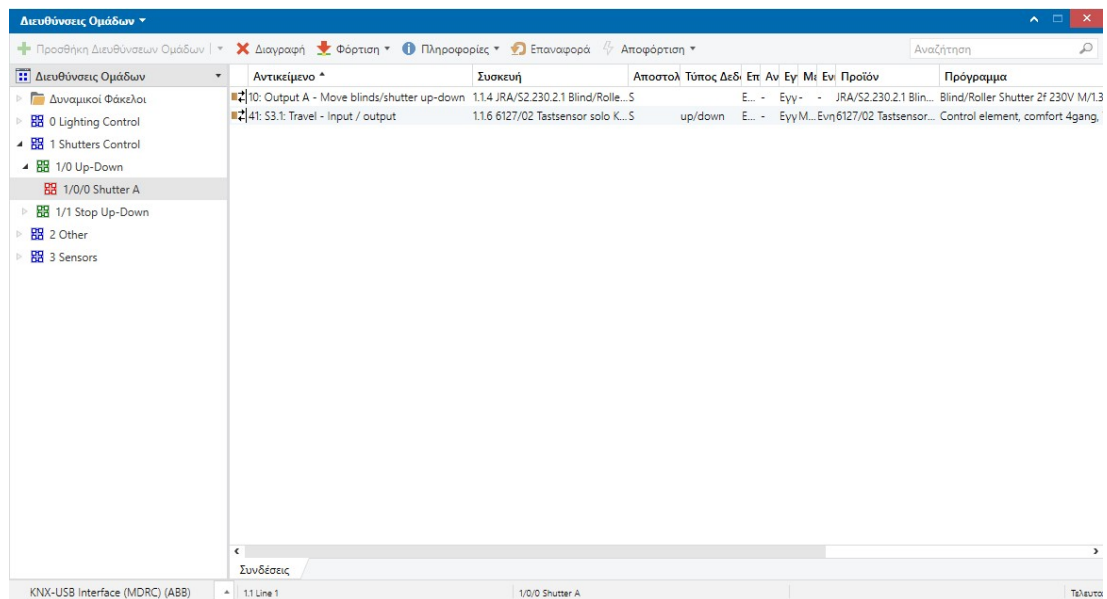
Σχήμα 4.7: Η μεσαία ομάδα 0/0, οι διευθύνσεις ομάδων 0/0/0-2 και τα στοιχεία επικοινωνίας τους.



Σχήμα 4.8: Η μεσαία ομάδα 0/1, η διεύθυνση ομάδας 0/1/0 και τα στοιχεία επικοινωνίας της. χει μία διεύθυνση ομάδας, η 0/2/0 Lighting Controller A για τον έλεγχο του κλειδώματος των φωτιστικών του εργαστηρίου, η διεύθυνση αυτή και τα στοιχεία επικοινωνίας τους φαίνονται στο Σχήμα 4.9. Η ομάδα 1 έχει τις μεσαίες ομάδες 1/0 Up-Down και 1/1 Stop Up-Down για τον έλεγχο της κίνησης του ηλεκτρικού ρολού. Στην μεσαία ομάδα 1/0 υπάρχει μία διεύθυνση ομάδας, η 1/0/0 Shutter A για τον έλεγχο της κίνησης του ηλεκτρικού ρολού, η διεύθυνση αυτή και τα στοιχεία επικοινωνίας της φαίνονται στο Σχήμα 4.10.



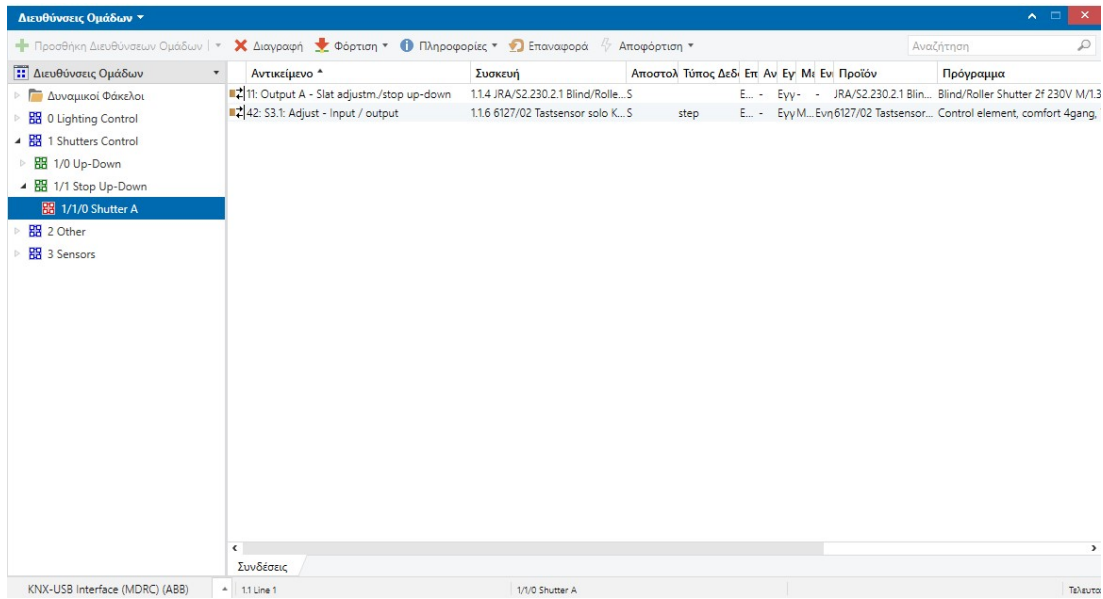
Σχήμα 4.9: Η μεσαία ομάδα 0/2, η διεύθυνση ομάδας 0/2/0 και τα στοιχεία επικοινωνίας της.



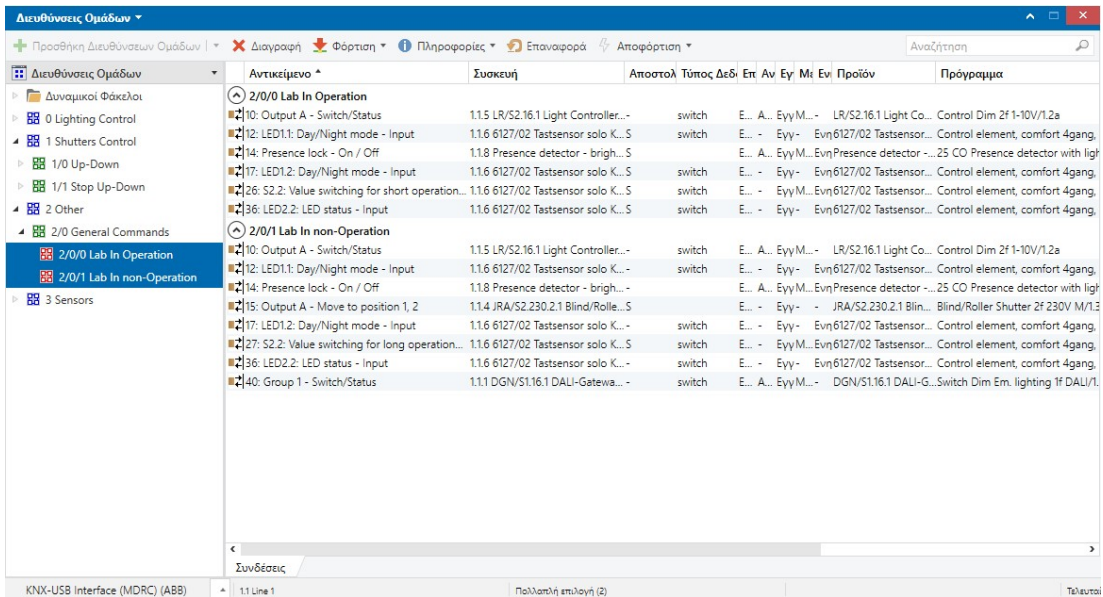
Σχήμα 4.10: Η μεσαία ομάδα 1/0, η διεύθυνση ομάδας 1/0/0 και τα στοιχεία επικοινωνίας της.

Στην μεσαία ομάδα 1/1 υπάρχει μία διεύθυνση ομάδας, η 1/1/0 Shutter A για τον έλεγχο του stop του ηλεκτρικού ρολού, η διεύθυνση αυτή και τα στοιχεία επικοινωνίας της φαίνονται στο Σχήμα 4.11. Η ομάδα 2 έχει την μεσαία ομάδα 2/0 General Commands που αφορούν το αν το εργαστήριο λειτουργεί ή όχι με άτομα από το προσωπικό του. Στην μεσαία ομάδα 2/0 υπάρχουν δύο διευθύνσεις ομάδας, η 2/0/0 Lab In Operation για την περίπτωση λειτουργίας του εργαστηρίου από το προσωπικό του και για την περίπτωση της με λειτουργίας από το προσωπικό η διεύθυνση ομάδας 2/0/1 Lab In non-Operation, οι διε-

υθύνσεις αυτές και τα στοιχεία επικοινωνίας τους φαίνονται στο Σχήμα 4.12. Και τέλος



Σχήμα 4.11: Η μεσαία ομάδα 1/1, η διεύθυνση ομάδας 1/1/0 και τα στοιχεία επικοινωνίας της.



Σχήμα 4.12: Η μεσαία ομάδα 2/0, οι διευθύνσεις ομάδων 2/0/0-1 και τα στοιχεία επικοινωνίας τους.

η ομάδα 3 έχει μία μεσαία ομάδα, την 3/0 Presence για τις λειτουργίες του αισθητήρα παρουσίας. Στην μεσαία ομάδα 3/0 υπάρχουν δύο διευθύνσεις ομάδας, η 3/0/0 Presence Scene A για την περίπτωση ανίχνευσης παρουσίας στον χώρο και η διεύθυνση ομάδας 3/0/1 Presence Scene C για την περίπτωση μη ανίχνευσης παρουσίας μετά από κάποιον

χρόνο, οι διευθύνσεις αυτές και τα στοιχεία επικοινωνίας τους φαίνονται στο Σχήμα 4.13.

Διευθύνσεις Ομάδιων	Αντικείμενο *	Συσκευή	Αποστολ	Τύπος Δεδ	Επ	Αν	Εγ	Μί	Ενι	Προϊόν	Πρόγραμμα
3/0/0 Presence Scene A	9: Scene, Start of Presence, A - recall	1.1.8 Presence detector - brigh... S			E...	A...	EyyM...			Presence detector -... 25 CO Presence detector with ligh...	
	20: Output A - 8-bit scene	1.1.4 JRA/S2.230.2.1 Blind/Rolle... S			E...	-	Eyy -			JRA/S2.230.2.1 Blin... Blind/Roller Shutter 2f 230V M/1.3	
	232: Scene 1..14 - 8-bit scene	1.1.1 DGN/S1.16.1 DALI-Gatewa... S			E...	-	Eyy -			DGN/S1.16.1 DALI-G... Switch Dim Em. lighting 1f DALI/1.	
3/0/1 Presence Scene C	11: Scene, End of Presence, C - recall	1.1.8 Presence detector - brigh... S			E...	A...	EyyM...			Presence detector -... 25 CO Presence detector with ligh...	
	232: Scene 1..14 - 8-bit scene	1.1.1 DGN/S1.16.1 DALI-Gatewa... -			E...	-	Eyy -			DGN/S1.16.1 DALI-G... Switch Dim Em. lighting 1f DALI/1.	

Σχήμα 4. 13: Η μεσαία ομάδα 3/0, οι διευθύνσεις ομάδων 3/0/0-1 και τα στοιχεία επικοινωνίας τους.

Κεφάλαιο 5

Συνεργασία DALI και KNX

Τα συστήματα DALI και KNX είναι δύο γνωστά στην αγορά συστήματα αυτοματισμού για την εφαρμογή τους σε συστήματα φωτισμού και τον κτιριακό αυτοματισμό αντίστοιχα. Υπάρχουν gateways μεταξύ των δύο συστημάτων από πλήθος εταιρειών που ασχολούνται με τον κτιριακό αυτοματισμό. Σκοπός αυτών είναι να συνδέσουν τα δύο συστήματα ώστε να βελτιωθεί η εγκατάσταση από τα θετικά της συνεργασίας τους, όμως πολλές φορές αυτή η σύνδεση επιφέρει και κάποιους περιορισμούς και μειονεκτήματα.

5.1 Πλεονεκτήματα Συνεργασίας

Τα συστήματα DALI δεν έχουν σχεδιασθεί ώστε να εξυπηρετούν τη διαχείριση σε επίπεδο κτιρίου, ενώ τα συστήματα KNX μπορούν να διαχειριστούν μέχρι και συγκρότημα κτιρίων. Το σύστημα DALI έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί ως ένα κομμάτι μιας συνολικής κτιριακής εγκατάστασης και άρα έχει σχεδιαστεί εκτός από το να λειτουργεί αυτόνομα, να διαχειρίζεται και από ανώτερα συστήματα, όπως το KNX. Συνεπώς φαίνεται ότι η συνεργασία του με ανώτερα συστήματα αυτοματισμού στα οποία συνδέεται, θα προσφέρει πλεονεκτήματα [1,11].

Τα δύο αυτά συστήματα έχουν παρόμοιους κανόνες ως προς τις τοπολογίες σύνδεσης των συσκευών τους και τους κανόνες εγκατάστασης τους, διευκολύνοντας έτσι τον εγκαταστάτη. Όλες οι συσκευές του συστήματος είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους σε σειριακές δομές, αστέρα, δέντρου και συνδυασμούς αυτών, η σύνδεση σε σχήμα δακτυλίου απαγορεύεται. Συνυπάρχουν με εγκαταστάσεις ισχύος. Δεν χρειάζονται τερματικά τα καλώδια bus. Διαθέτουν συσκευές για τοποθέτηση σε ράγα, εντοιχισμένες, κτλ. Έχουν ανοχή στις παρεμβολές. Η ομοιότητα αυτή των δύο συστημάτων είναι ένα πλεονέκτημα για τον εγκαταστάτη, καθώς μειώνει την πιθανότητα λάθους κατά την εγκατάσταση. Μια διαφορά ανάμεσα τους είναι ότι το πρότυπο DALI δεν ορίζει συγκεκριμένη πολικότητα για το καλώδιο bus, μειώνοντας επιπλέον την πιθανότητα λάθους. Επιπλέον δεν ορίζει την χρήση συγκεκριμένων ακροδεκτών, αυξάνοντας έτσι τις επιλογές ανά συσκευή και εφαρμογή και άρα την αξιοπιστία της εγκατάστασης. Αυτές οι διαφορές δρουν θετικά στην συνεργασία των δύο συστημάτων [1,2].

Η συσκευή master σε ένα σύστημα DALI μπορεί να διαχειριστεί μέχρι 64 συσκευές, το ίδιο μπορεί και ένα gateway το οποίο λειτουργεί ως master για την πλευρά DALI. Το gateway για το σύστημα KNX θεωρείται μια συσκευή στο ETS. Εάν γινόταν η επιλογή, ο φωτισμός να ελέγχεται με συσκευές KNX, τότε αυτές οι 64 συσκευές θα λαμβάνονταν ως 64 ξεχωριστές συσκευές στο ETS, αυξάνοντας έτσι την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης και του προγραμματισμού. Θα έπρεπε να δεσμευτούν 63 παραπάνω θέσεις συσκευών για το ETS, ένας σημαντικός αριθμός που θα μπορούσε να δεσμεύσει τις ελεύθερες θέσεις που διαθέτει η αγορασμένη άδεια του ETS, με αποκλειστική λύση την αναβάθμιση της άδειας (η έκδοση ETS5 Lite διαθέτει μόλις 20 συσκευές). Επιπλέον η γραμμή KNX χωράει 64 συσκευές, άρα θα έπρεπε να επεκταθεί ή να δημιουργηθεί καινούργια γραμμή και άρα θα έπρεπε να γίνει χρήση συσκευών όπως line repeater ή line/area coupler. Επειδή η γραμμή θα περιέχει και αισθητήρες για τον έλεγχο, αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές θα χωριστούν σε δύο γραμμές καθώς μια γραμμή χωράει μόνο 64 συσκευές, δηλαδή οι συσκευές δύο γραμμών θα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους, απασχολώντας έτσι τις συσκευές διασύνδεσης και αυξάνοντας τον φόρτο τηλεγραφημάτων στο σύστημα. Ο εγκαταστάτης θα έπρεπε να φορτώσει 63 παραπάνω ατομικές διευθύνσεις, δηλαδή να πάει ξεχωριστά σε 63 παραπάνω σημεία της εγκατάστασης, τα οποία πιθανόν να ήταν απομακρυσμένα από τον υπολογιστή με το ETS αλλά και μεταξύ τους, για το πάτημα του κουμπιού προγραμματισμού. Αυτό, το σύστημα DALI το προσπερνάει, καθώς ορίζει αυτόματα μια ατομική διεύθυνση για κάθε συσκευή που εντοπίζει συνδεδεμένη σε αυτό, μειώνοντας έτσι τον χρόνο εγκατάστασης και προγραμματισμού. Τέλος, είναι δυσκολότερο να ορίσουμε τα groups των φωτιστικών μέσω του συστήματος KNX από ότι με το DALI. Για παράδειγμα, έστω ότι ένα group περιέχει 8 φωτιστικά, θα πρέπει να φτιαχτεί μια ομάδα για τον έλεγχο on/off η οποία θα περιέχει 8 στοιχεία επικοινωνίας switch των συσκευών αυτών, άλλη μια ομάδα με για τον έλεγχο του dimming από κουμπί με 8 στοιχεία επικοινωνίας relative dimming των συσκευών αυτών, άλλη μια ομάδα για τον έλεγχο του dimming με προκαθορισμένες τιμές με 8 στοιχεία επικοινωνίας brightness value των συσκευών αυτών, κτλ. Ενώ, με το σύστημα DALI, το group των 8 αυτών φωτιστικών το οποίο αρχικά θα οριστεί, θα διαχειρίζεται στην πορεία ως ένα στοιχείο για το σύστημα KNX. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μειωθεί η πολυπλοκότητα του προγραμματισμού και η πιθανότητα λάθους κατά τη διαδικασία αυτού [1-2, 18].

Τα δύο αυτά πρότυπα είναι αναγνωρισμένα, αξιόπιστα και ανεξάρτητα από κατασκευαστή. Παρ' όλα αυτά, στα προϊόντα KNX για την διαχείριση φωτισμού, δεν υπάρχει ποικιλία προϊόντων. Συνήθως είναι διαθέσιμα προϊόντα για τον έλεγχο μόνο on/off, για έλεγχο dimming σε λάμπες πυρακτώσεως, με έλεγχο 1-10V ή με leading/trailing edge για γενι-

κό έλεγχο, τροφοδοτικά για ταινίες LED, κτλ. Ενώ η γκάμα προϊόντων για τα συστήματα DALI είναι πολύ μεγαλύτερη προσφέροντας πλήθος επιλογών και λύσεων για την εγκατάσταση. Πέρα από την γκάμα των προϊόντων, υπάρχει και μεγαλύτερη γκάμα ρυθμίσεων και πληροφοριών στις συσκευές DALI. Από την άλλη πλευρά, κάποια προϊόντα KNX υπερτερούν σε δυνατότητες όπως είναι οι αισθητήρες. Ένας αισθητήρας DALI έχει φτιαχτεί αποκλειστικά για την εφαρμογή του φωτισμού, ενώ ένας αισθητήρας KNX έχει φτιαχτεί ώστε να εξυπηρετεί διάφορες εφαρμογές πέρα του φωτισμού όπως της θέρμανσης, αερισμού, κλιματισμού, συναγερμού, κτλ. [16-17, 19]

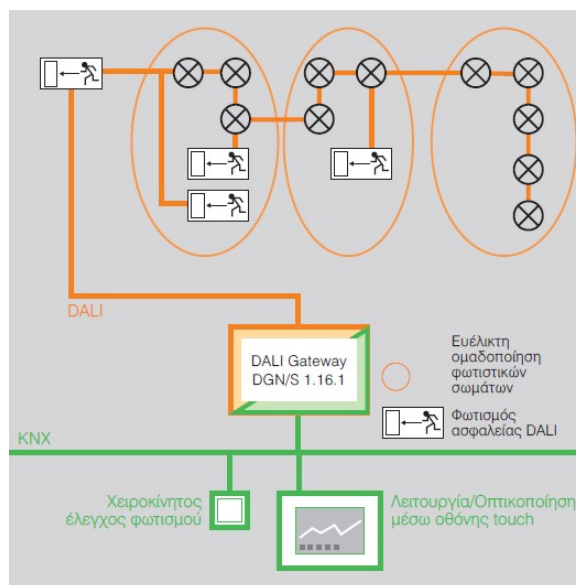
5.2 Μειονεκτήματα και Περιορισμοί Συνεργασίας

Σε μια συνεργασία δύο συστημάτων, τα μειονεκτήματα και οι περιορισμοί εμφανίζονται από την πλευρά εκείνου του συστήματος το οποίο προγραμματίζεται και διαχειρίζεται από το δεύτερο. Στην περίπτωση μας, το σύστημα αυτό είναι το DALI, το οποίο προγραμματίζεται μέσω του ETS και διαχειρίζεται από τους αισθητήρες του συστήματος KNX.

Ο προγραμματισμός του συστήματος KNX υλοποιείται μέσω του ETS, το οποίο είναι ένα ανεξάρτητο από κατασκευαστή πρόγραμμα, κοινό για όλους τους εγκαταστάτες και εγκαταστάσεις. Αυτό είναι κάτι θετικό, όμως πέρα από τον προγραμματισμό του gateway πρέπει να προηγηθεί η δημιουργία των groups και η ανάθεση των ατομικών διευθύνσεων εκ νέου από τον σχεδιαστεί αν αυτό είναι απαραίτητο. Αυτή η εργασία πρέπει να γίνει από πρόσθετο πρόγραμμα το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στη βάση δεδομένων του κατασκευαστή του gateway. Αυτό απαιτεί πρόσθετο χρόνο εγκατάστασης, προσθέτει το πρόβλημα εξάρτησης από το κατασκευαστή και για ένα εγκαταστάτη ο οποίος δεν γνωρίζει καλά τις διαδικασίες ενός συστήματος DALI, θα πρέπει να αφιερώσει χρόνο για ανάγνωση του manual του προγράμματος.

Η διαχείριση των δύο συστημάτων εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από τις δυνατότητες των gateways οι οποίες έχουν οριστεί από τον κατασκευαστή του προϊόντος. Συνήθως, τα gateways που είναι διαθέσιμα στην αγορά αφορούν τον έλεγχο ηλεκτρονικών ballasts και τροφοδοτικών φωτιστικών DALI και μερικές φορές και φωτιστικών ασφαλείας, ενώ συσκευές όπως αισθητήρες, μονάδες on/off, κτλ, μπορεί να αναγνωρίζονται ως συσκευές DALI όμως δεν δίνεται η δυνατότητα προγραμματισμού και διαχείρισης από την πλευρά του συστήματος KNX. Συνεπώς, στην περίπτωση ενός κτιρίου στο οποία υπάρχει ένα ή περισσότερα συστήματα DALI και πρόκειται να εγκατασταθεί το σύστημα KNX, δεν γίνεται να εκμεταλλευτεί πλήρως ο εξοπλισμός DALI που είναι ήδη διαθέσιμος, θα πρέπει να

αντικατασταθούν οι αισθητήρες DALI από αισθητήρες KNX αυξάνοντας το κόστος εγκατάστασης. Επιπλέον, όταν ένα ήδη προγραμματισμένο σύστημα DALI συνδεθεί με ένα σύστημα KNX δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί καμία από τις προηγούμενες ρυθμίσεις και πρέπει να προγραμματιστεί εξ' ολοκλήρου.

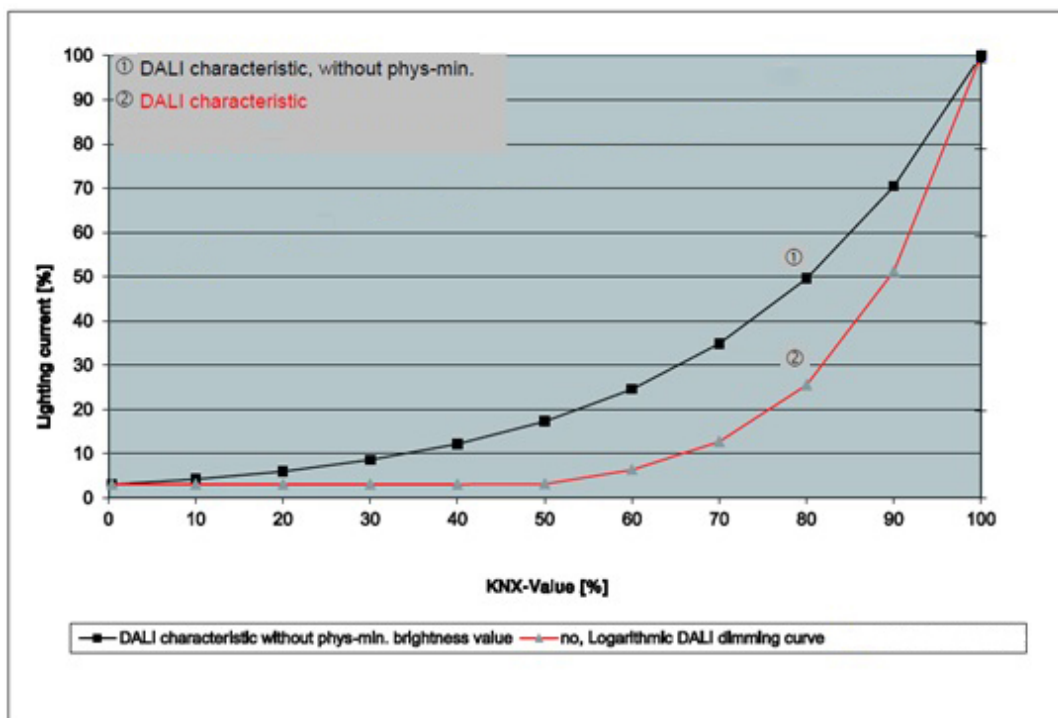


Σχήμα 5.1: Παράδειγμα προϊόντος KNX/DALI Gateway [16].

Τα συστήματα DALI, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαθέτουν πλήθος ρυθμίσεων και πληροφοριών, όμως αυτά μπορεί να μην γίνονται πλήρως εκμεταλλεύσιμα από την πλευρά του συστήματος KNX και αυτό θα εξαρτηθεί από το πως ο κατασκευαστής έχει σχεδιάσει το προϊόν του. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχουν περιορισμοί και εκτός του προγραμματισμού, για παράδειγμα τη δημιουργία των groups, κάποια προϊόντα επιτρέπουν ένα φωτιστικό να ανήκει τουλάχιστον σε ένα group όπως γίνεται και σε ένα σύστημα DALI ενώ σε αλλά να είναι αποκλειστικά σε ένα.

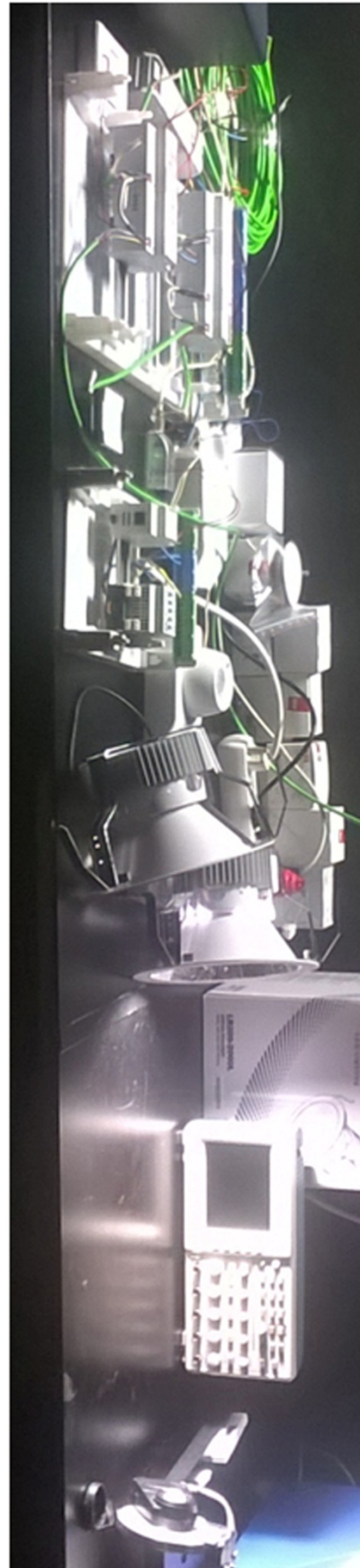
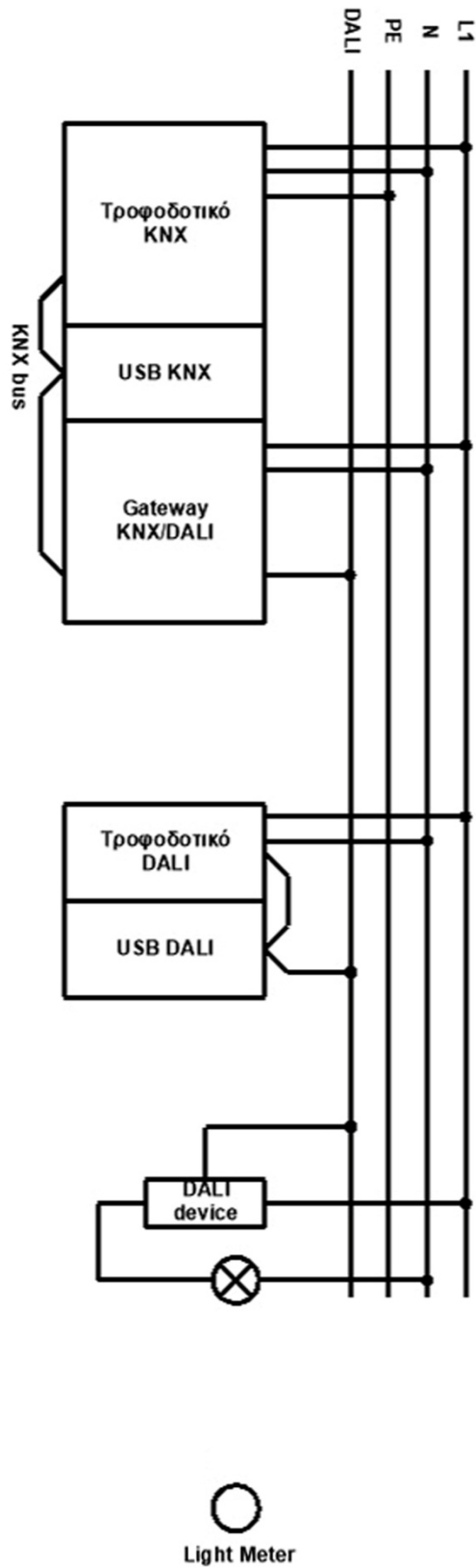
Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα είναι ο χρόνος απόκρισης που χρειάζεται μια συσκευή DALI, για παράδειγμα ένα φωτιστικό, να εκτελέσει την εντολή που την αφορά και στάλθηκε από κάποιον αισθητήρα από το σύστημα KNX. Οι χρόνος αυτός φυσικά αυξάνεται, καθώς η εντολή θα μεταφερθεί πρώτα μέσω του συστήματος KNX, με τον χρόνο που απαιτείται, μέχρι το gateway, αφού το gateway αναγνωρίσει την εντολή ως έγκυρη αναλαμβάνει να την «μεταφράσει» και να την ξανά στείλει σύμφωνα με το πρότυπο DALI στο σύστημα DALI ώστε να αναγνωστεί από τις κατάλληλες συσκευές. Βέβαια ο συνολικός αυτός χρόνος παραμένει εξίσου μικρός για την αξιόπιστη λειτουργία του συνολικού συστήματος, σε απαιτητικές όμως εφαρμογές, ο χρόνος αυτός έχει αυξηθεί και πιθανόν να περιορίζει τις απαιτήσεις του συστήματος.

Τέλος, τα gateways, έχουν ρυθμίσεις για το πώς να «μεταφραστούν» οι στάθμες φωτισμού που στέλνονται ως εντολές από το σύστημα KNX στο σύστημα DALI. Στο Σχήμα 5.2, δίνονται τα διαγράμματα δύο ρυθμίσεων που είναι διαθέσιμες σε ένα προϊόν της αγοράς.



Σχήμα 5.2: Καμπύλες ρυθμίσεων από προϊόν KNX/DALI Gateway [16].

Οι εντολές που δίνονται από το σύστημα KNX δεν γίνεται να έχουν γραμμική σχέση με τις εντολές που τελικά στέλνονται στο σύστημα DALI. Για την καλύτερη σύγκριση αυτών, μεταξύ τους και με το σύστημα DALI, στήθηκε η διάταξη που φαίνεται στην επόμενη σελίδα στο Σχήμα 5.3. Σε αυτή ένα φωτιστικό DALI είναι συνδεδεμένο με το σύστημα KNX, από το οποίο μέσω υπολογιστή δίνονται εντολές στάθμης φωτισμού, ξεκινώντας από την στάθμη 100% έως την στάθμη 10% με βήμα 10%. Απέναντι από το φωτιστικό υπάρχει ένα Luxόμετρο για την μέτρηση των Lux από στάθμη σε στάθμη. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν και για τις δύο ρυθμίσεις του gateway. Ύστερα η διαδικασία επαναλήφθηκε συνδέοντας και ελέγχοντας το φωτιστικό από το σύστημα DALI. Οι μετρήσεις φαίνονται στον Πίνακα 5.1. Στα Παραρτήματα Α και Β υπάρχουν πληροφορίες για όλες τις συσκευές και τα όργανα μέτρησης. Όλες οι μετρήσεις καταγράφηκαν σε ποσοστό θεωρώντας 100% την πρώτη κάθε φορά μέτρηση. Στις μετρήσεις αυτές ενδέχεται να υπάρχουν σφάλματα λόγω της θέσης του Luxόμετρου σε σχέση με το κέντρο του φωτιστικού. Το φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να φτάσει σε ελάχιστη στάθμη 5% της ονομαστικής στάθμης φωτισμού του, για αυτό και στην ρύθμιση KNX/DALI 2, παρατηρούμε ότι έχει σταματήσει σε τι-

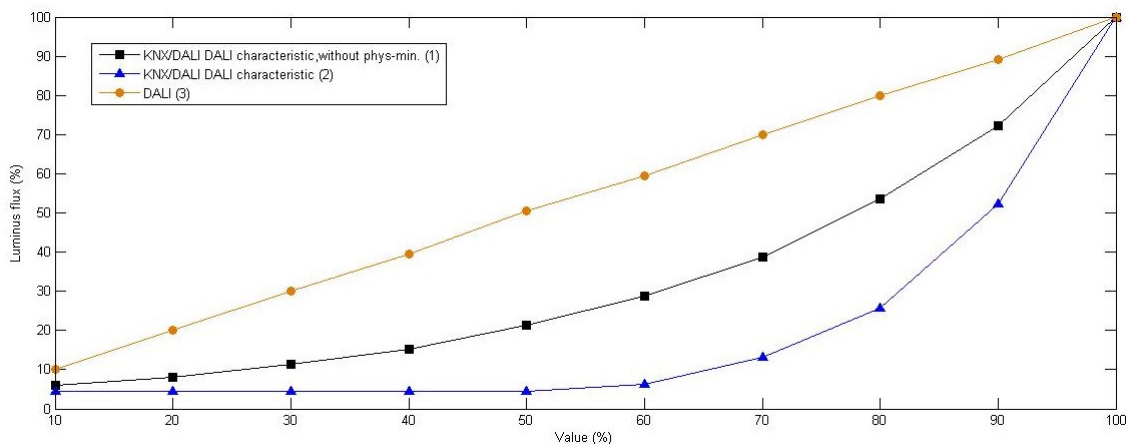


Σχήμα 5.3: Διάταξη μετρήσεων φωτισμού ανά στάθμη dimming με τα συστήματα KNX/DALI και DALI.

Πίνακας 5.1: Μετρήσεις φωτισμού ανά στάθμη dimming με τα συστήματα KNX/DALI και DALI.

Εντολή Dimming (%)	KNX/DALI 1 (%)	KNX/DALI 2 (%)	DALI (%)
100	100.0	100.0	100.0
90	72.14	52.22	89.25
80	53.56	25.80	80.00
70	38.70	13.05	69.89
60	28.73	6.37	59.57
50	21.27	4.44	50.60
40	15.33	4.44	39.63
30	11.32	4.44	30.17
20	8.14	4.44	20.06
10	6.00	4.44	10.11

μη περίπου 4.5%. Οι μετρήσεις φαίνονται στον Πίνακα 5.1. Δίνεται το διάγραμμα των καμπύλων για τις παραπάνω μετρήσεις στο Σχήμα 5.4. Παρατηρούμε, ότι μόνο με το σύστημα DALI επιτυγχάνεται η στάθμη που ζητείται. Η πιο κοντινή ρύθμιση για το gateway είναι η πρώτη ως προς την καμπύλη του συστήματος DALI και η δεύτερη είναι η λογαριθμική καμπύλη η οποία ταιριάζει με την καμπύλη απόκρισης του ανθρώπινου ματιού και συνιστάτε από αρκετούς για τον λόγο αυτόν. Παρ' όλα αυτά, αν κάποιος επιθυμεί να παράγεται στο φωτιστικό η ζητούμενη στάθμη φωτισμού με ακρίβεια, τότε το προϊόν αυτό τον περιορίζει. Υπενθυμίζεται ότι το προϊόν αυτό είναι ενδεικτικό και δεν αντιπροσωπεύει το σύνολο της αγοράς για την αντίστοιχη κατηγορία προϊόντων.



Σχήμα 5.4: Καμπύλες που μετρήθηκαν για τις μετρήσεις φωτισμού ανά εντολή dimming.

5.3 Συμπεράσματα

Η συνεργασία των δύο συστημάτων προσφέρει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα από την πλευρά του συστήματος KNX, συνεπώς η επιλογή του συνδυασμού των δύο αυτών συστημάτων θα είναι ωφέλιμη για μια εγκατάσταση. Ο σχεδιαστής και εγκαταστάτης όμως οφείλει να γνωρίζει καλά και τα μειονεκτήματα και τους περιορισμούς πολύ πριν από το στάδιο της εγκατάστασης, διαφορετικά μπορεί να προκύψουν σημαντικά ζητήματα κατά την εγκατάσταση τα οποία θα κοστίζουν χρονικά, οικονομικά ακόμη και λειτουργικά.

Κεφάλαιο 6

Εξοικονόμηση Ενέργειας και Ποιότητα Ισχύος

Η εξοικονόμηση ενέργειας και η ποιότητα ισχύος είναι δύο έννοιες που απασχολούν αρκετά στις μέρες μας και αλληλοεπηρεάζονται με διάφορους τρόπους. Η πράσινη πολιτική που έχει θεσπιστεί παγκοσμίως για τα ενεργειακά αποθέματα και τις κλιματικές αλλαγές στη γη, οδηγεί στην ανάγκη για τη σωστή διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας. Παράλληλα, η ποιότητα ισχύος είναι πολύ σημαντική για το ηλεκτρικό δίκτυο και τους καταναλωτές του, καθώς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από αυτή, η αποτελεσματική ανθρώπινη προστασία, η προστασία του ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, κτλ.

6.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Η φιλοσοφία της εξοικονόμησης ενέργειας βασίζεται στην εξής λογική, είναι προτιμότερο να βρούμε τρόπους ορθολογικής χρήσης της ενέργειας και μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας, που θα οδηγήσουν τελικά στη μείωση της ζήτησης της, αντί να παράγουμε περισσότερη με στόχο την κάλυψη της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης της. Η εξοικονόμηση ενέργειας θεωρείται η φθηνότερη εγχώρια μορφή ενέργειας, είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμη και μπορεί να πραγματοποιηθεί στον οικιακό τομέα, τη βιομηχανία και τις μεταφορές, όπου απορροφούν σχεδόν το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας σε κάθε χώρα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί έναν τεράστιο τομέα ο οποίος περιλαμβάνει μεθόδους, εξειδικευμένα συστήματα, υλικά, πληροφοριακά συστήματα, αυτοματισμούς, διαδικασίες και πολλά άλλα, με τη βοήθεια των οποίων μπορεί τελικά να εξοικονομηθεί ενέργεια. Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως, ορθολογική χρήση της ενέργειας, εφαρμογή συστημάτων για τη σωστή και αποδοτική διαχείριση της, για να επιφέρουν άμεση μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, για τη μείωση της μέγιστης ζήτησης ενέργειας, για ανάκτηση της απορριπτόμενης ενέργειας και επαναχρησιμοποίησής της, κτλ.

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή, ο οποίος διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών, όπως τα συστήματα αυτοματισμών, είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περι-

βαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη [21-22].

6.2 Ποιότητα Ισχύος

Η ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος εξαρτάται από την ποιότητα της τάσης, του ρεύματος και της συχνότητας. Η ποιότητα αυτών των μεγεθών εξαρτάται τόσο από τη ποιότητα των υπηρεσιών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας όσο και από τη συμπεριφορά των καταναλωτών. Οι καταναλωτές, οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκευαστές ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, κτλ, ενδιαφέρονται για την ποιότητα ισχύος. Οι συσκευές γίνονται όλο και πιο ευαίσθητες σε διαταραχές ενώ άλλες προκαλούν οι ίδιες διαταραχές μειώνοντας έτσι την ποιότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες κοντινές συσκευές και εγκαταστάσεις με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης τους, την διακοπή λειτουργίας ή τη δυσλειτουργία τους ή ακόμα και τη δημιουργία βλάβης σε αυτές. Οι εταιρίες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας θέλουν να παρέχουν ένα ποιοτικό προϊόν και οι καταναλωτές οφείλουν να συνεισφέρουν σε αυτό, για αυτόν τον λόγο έχουν θεσπιστεί πολλά πρότυπα και κριτήρια λειτουργίας και έχουν αναπτυχθεί πολλά όργανα για τη μέτρηση της ποιότητας ισχύος.

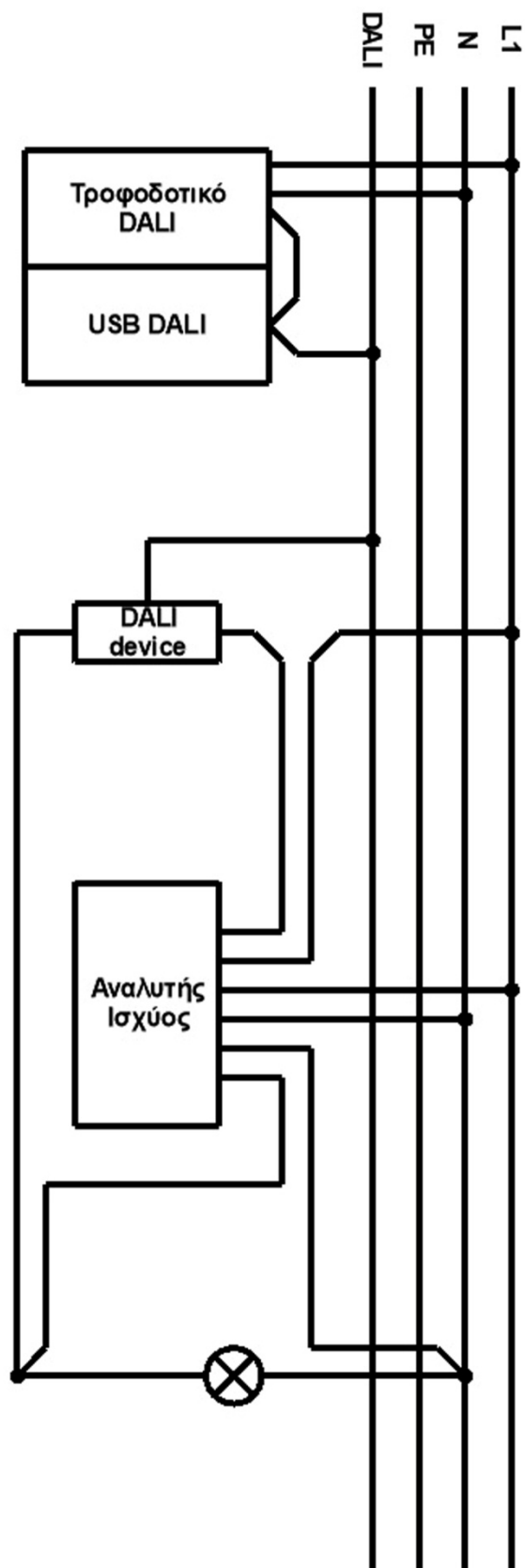
Η κακή ποιότητα ισχύος συνοδεύεται από διαταραχές όπως μεταβατικά φαινόμενα, αρμονικές, άεργος ισχύς, ανισορροπία δικτύου, ταλαντώσεις, διακυμάνσεις τάσης και flicker, προκαλώντας μια ποικιλία από προβλήματα όπως υπερθέρμανση των μετασχηματιστών, μείωση ζωής εξοπλισμού, διακοπές λειτουργίας εξοπλισμού, διακοπές γραμμών παραγωγής, δυσλειτουργίας συσκευών, μη συμμόρφωση με προδιαγραφές, υπερβάσεις ορίων λειτουργίας, κτλ [21, 23].

6.3 Dimming Φωτιστικών

Ο φωτισμός στα σύγχρονα κτίρια δεν γίνεται πλέον χειροκίνητα. Οι χρήστες ζητούν την εφαρμογή έξυπνων συστημάτων ελέγχου φωτισμού είτε ανοιχτών είτε κλειστών. Αυτό θα οδηγήσει στην αποτελεσματική λειτουργία του φωτισμού. Η αποδοτικότητα έχει τις εξής έννοιες στο πλαίσιο αυτό, πρέπει να υπάρξει μια προφανής εξοικονόμηση ενέργειας και τα ευφυή συστήματα φωτισμού θα πρέπει να αποτρέπουν σε μεγάλο βαθμό την ενεργοποίηση των φωτιστικών, πράγμα που θα πρέπει τελικά να οδηγήσει σε αυτόματη προστασία των πόρων γενικότερα.

Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα ελέγχου φωτισμού σημαίνει ένα πιο ευχάριστο περιβάλλον εργασίας για τον χρήστη. Αξίζει επίσης να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι ο έλεγχος φωτισμού πρέπει, όπου είναι δυνατόν, να χρησιμοποιεί το υπάρχον ελεύθερο εξωτερικό φως που έχει ως αποτέλεσμα μια τριπλή εξοικονόμηση ενέργειας, ένα μειωμένο επίπεδο τεχνητού φωτισμού σημαίνει λιγότερη ηλεκτρική ισχύ, λιγότερη θερμότητα και συνεπώς χαμηλότερη ψυκτική ισχύ εάν τα δωμάτια είναι κλιματιζόμενα (ιδιαίτερα κατά τις θερμότερες εποχές του έτους) και αύξηση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

Είναι σαφές ότι ο έλεγχος φωτισμού προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους διαχείρισης όπως την ανίχνευση κίνησης ή παρουσίας, την εκμετάλλευση των ωρών λειτουργίας ενός κτιρίου με μονάδες χρόνου, την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, κτλ. Κατά τη διαδικασία του dimming όμως ενός φωτιστικού, γεννιέται η απορία το πώς γίνεται το dimming εντός της συσκευής, με ποια μέθοδο γίνεται αυτό, τι εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται και πως αλλάζει η ποιότητα της ζητούμενης ισχύς του φορτίου. Για τον σκοπό αυτόν, στήθηκε η διάταξη της επόμενης σελίδας, Σχήμα 6.1, στην οποία, ένα φωτιστικό τεχνολογίας LED είναι συνδεδεμένο σε ένα σύστημα DALI για τον έλεγχο του και έναν αναλυτή ισχύος για τις μετρήσεις της ποιότητας ισχύος του. Η επιλογή του συστήματος DALI έγινε λόγω της γραμμικής σχέσης μεταξύ της εντολής dimming και των μετρούμενων Lux, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5. Το φωτιστικό που επιλέχτηκε έχει κατανάλωση 27W και συντελεστή ισχύος >0.9 για ονομαστική ισχύ σύμφωνα με τα φύλλα δεδομένων του. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 6.1. Κατά τη διάρκεια αυτών, έγινε καταγραφή στα μεγέθη της τάσης, του ρεύματος, της ενεργού, φαινόμενης και άεργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος. Μέσω ενός υπολογιστή δίνονταν οι εντολές dimming στο σύστημα DALI ξεκινώντας από την στάθμη 100% έως την στάθμη 10% με βήματα των 10% και έγινε η καταγραφή των παραπάνω μεγεθών. Επιπλέον υπολογίστηκαν η ενεργός ισχύς του φωτιστικού σώματος ως ποσοστό, θεωρώντας 100% την πρώτη μέτρηση. Στα Παραρτήματα Α και Β υπάρχουν πληροφορίες για όλες τις συσκευές και τα όργανα μέτρησης [20, 24].



Σχήμα 6.1: Διάταξη μετρήσεων ισχύος φωτιστικού ανά στάθμη dimming.

Στις μετρήσεις στον Πίνακα 6.1, παρατηρούμε ότι υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας, περίπου έως και 80% στην κατανάλωση ενεργού ισχύος. Στην φαινόμενη ισχύ υπάρχει μείωση περίπου έως και 65%, μικρότερη μείωση από την ενεργό ισχύ και αυτό οφείλεται στην μικρή μεταβολή της άεργου ισχύος, σε κάποιες στάθμες μάλιστα η άεργος ισχύς είναι μεγαλύτερη σε ποσότητα από την ενεργό ισχύ. Οι αρνητικές τιμές της άεργου ισχύος δηλώνουν ότι το φορτίο έχει χωρητικό χαρακτήρα. Η ισχύς παραμόρφωσης παραμένει σε αρκετά μικρές τιμές σε όλες τις στάθμες. Ο συντελεστής ισχύος βλέπουμε ότι όσο μειώνουμε την στάθμη φωτισμού τόσο αυτός μικραίνει και σύμφωνα με τα προηγούμενα αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην άεργο ισχύ. Το φορτίο είναι αρκετά μικρό κρίνοντας από το ρεύμα του, μερικές δεκάδες mA, όμως σε μια εγκατάσταση λειτουργούν πολλά φωτιστικά άρα το συνολικό ρεύμα πολλαπλασιάζεται και μάλιστα λειτουργούν κατά ομάδες, δηλαδή όλα τα φωτιστικά της ίδιας ομάδας θα έχουν τις ίδιες κάθε φορά ρυθμίσεις. Συνεπώς για μια ηλεκτρική εγκατάσταση με ένα πλήθος από τα ίδια φωτιστικά, τις ώρες εκείνες της ημέρας κατά τις οποίες ο φυσικός φωτισμός θα είναι αρκετός ώστε τα φωτιστικά να λειτουργούν σε χαμηλές στάθμες φωτισμού, η εγκατάσταση θα χαρακτηρίζεται από χαμηλό συντελεστή ισχύος, προκαλώντας προβλήματα στις κοντινές συσκευές ή ακόμα και στις κοντινές εγκαταστάσεις, επιβαρύνοντας ακόμα την εγκατάσταση με πρόσθετο εξοπλισμό για την αντιστάθμιση ισχύος (αντιστάθμιση άεργου ισχύος, αρμονικών, κτλ). (Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι οι μετρήσεις και οι παρατηρήσεις που έγιναν αφορούν το συγκριμένο φωτιστικό και όχι το σύνολο των αντίστοιχων προϊόντων.)

Πίνακας 6.1: Μετρήσεις ισχύος φωτιστικού ανά στάθμη dimming.

Εντολή Dimming (%)	U (V)	I (mA)	P (W)	Ισχύς (%)	S (VA)	Q (Var)	λ (cap)
100	222	124.9	25.2	100.0	27.7	-11.4	0.91
90	222	114.2	22.8	90.48	25.4	-11.2	0.90
80	222	105.2	20.7	82.14	23.4	-10.8	0.88
70	223	95.0	18.4	73.02	21.1	-10.4	0.87
60	223	84.7	16.1	63.89	18.9	-10.0	0.85
50	223	79.1	14.1	55.95	17.6	-10.6	0.80
40	223	69.5	11.6	46.03	15.5	-10.2	0.75
30	223	62.4	9.6	38.10	13.9	-10.1	0.69
20	223	51.3	7.4	29.37	11.5	-8.7	0.65
10	223	44.6	4.6	18.25	10.0	-8.9	0.46

Σε εγκαταστάσεις όπου η λειτουργία των φορτίων εξαρτάται από την καλή ποιότητα ισχύος ή αν ο καταναλωτής επιβαρύνεται οικονομικά για την κακή ποιότητα ισχύος των φορτίων του, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αντιστάθμισης ισχύος. Στην περίπτωση της εγκατάστασης φωτισμού, αν αυτή είναι αρκετά μεγάλη και έχει ένα αξιόλογο συνολικό φορτίο, τότε δεν μπορεί να αγνοηθεί η ποιότητα ισχύος της και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιστάθμισης, αν όμως αυτά τα μέτρα λαμβάνονται αποκλειστικά για τη διαδικασία του dimming τότε θα πρέπει να γίνεται οικονομοτεχνική μελέτη ανάμεσα σε ένα σύστημα χωρίς τη δυνατότητα dimming και ένα σύστημα με δυνατότητα dimming και τον εξοπλισμό αντιστάθμισης ισχύος αν τελικά αυτός είναι απαραίτητος.

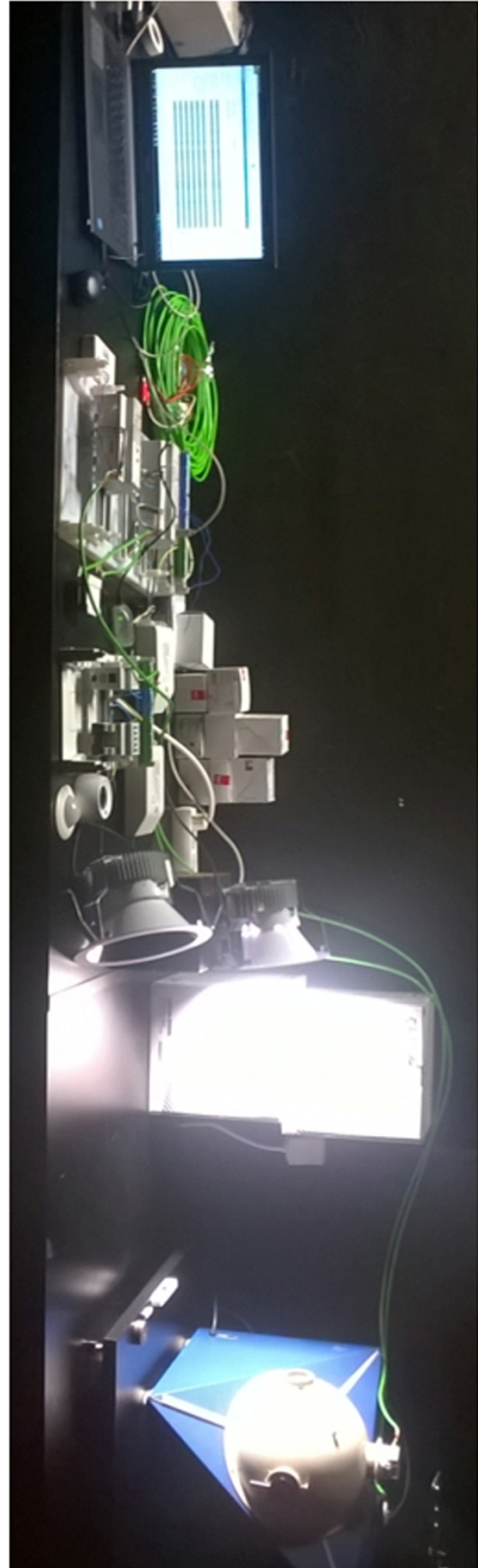
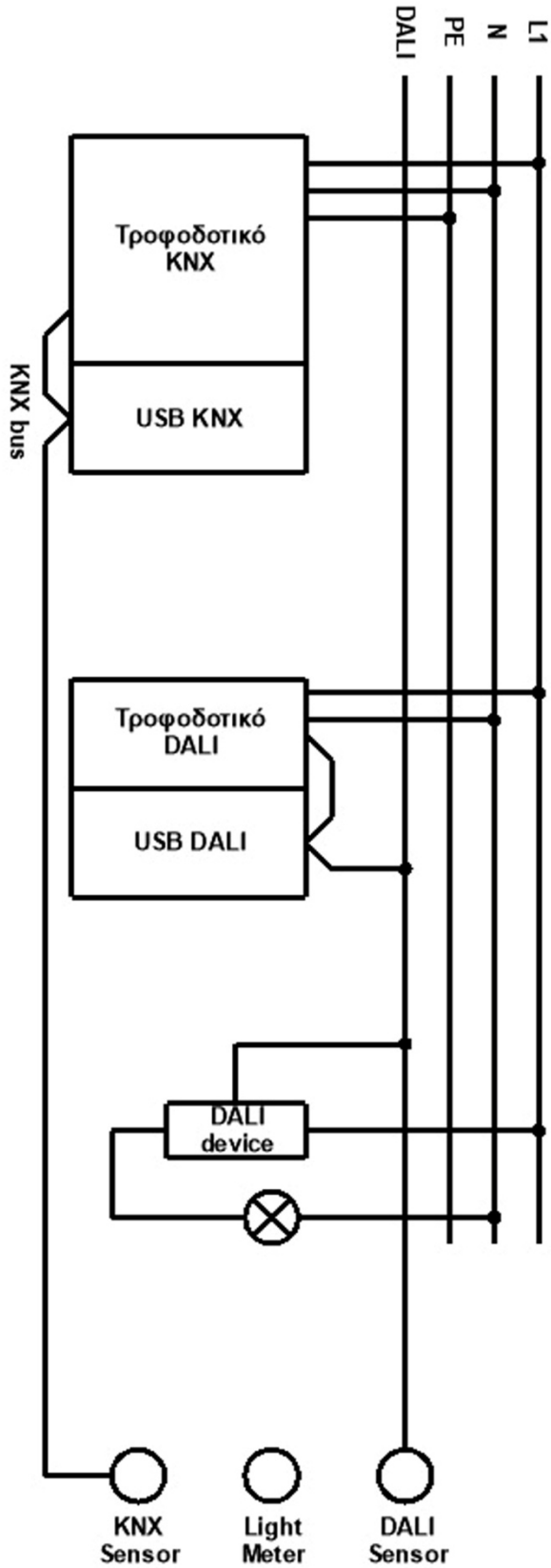
Κεφάλαιο 7

Σύγκριση Κοινών Αισθητήρων DALI και KNX

Τα δύο συστήματα αυτοματισμού DALI και KNX διαθέτουν αρκετούς αισθητήρες μέτρησης φωτεινότητας, κίνησης και παρουσίας ή και συνδυασμό αυτών, κτλ, με διάφορες λειτουργίας και εφαρμογές. Μια πρώτη διαφορά είναι οι ενσωματωμένες λειτουργίες που διαθέτουν, οι αισθητήρες KNX εκτός της εφαρμογής του φωτισμού καλούνται να καλύψουν ακόμη ένα σύνολο άλλων εφαρμογών όπως τη θέρμανση, αερισμό, κλιματισμό, συναγερμό, κτλ. Μια ακόμη διαφορά ενδέχεται να υπάρχει από αισθητήρα σε αισθητήρα ανάμεσα στα δύο συστήματα ως προς τις μετρούμενες τιμές φωτεινότητας.

7.1 Σύγκριση Αισθητήρων

Χρησιμοποιήθηκαν δύο αισθητήρες, ένας αισθητήρας φωτεινότητας DALI και ένας KNX. Οι δύο αυτοί αισθητήρες μέτρησαν το ίδιο φωτιστικό για στάθμες dimming από 100% έως 10% με βήμα 10%. Η εντολές στο φωτιστικό δίνονταν από ένα σύστημα DALI λόγω της γραμμικής σχέσης μεταξύ εντολής dimming και πραγματικής στάθμης dimming στην έξοδο, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5. Η μετρήσεις για τον αισθητήρα DALI έγιναν μέσα από το ίδιο σύστημα ενώ για τον αισθητήρα KNX από ένα σύστημα KNX. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στο Σχήμα 7.1 στην επόμενη σελίδα. Το κέντρο του φωτιστικού είχε τοποθετηθεί κατά προσέγγιση στην ίδια ευθεία με το κέντρο του ανοίγματος της σφαίρας. Οι αισθητήρες και το Luxόμετρο τοποθετήθηκαν ξεχωριστά κάθε φορά στο πάνω άνοιγμα της σφαίρας.



Σχήμα 7. 1: Διάταξη μετρήσεων Lux με Luxόμετρο και αισθητήρες φωτεινότητας των συστημάτων DALI και KNX ανά στάθμη dimming.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν δίνονται στον Πίνακα 7.1. Ο αισθητήρας KNX χρειαζόταν βαθμονόμηση, έγιναν μετρήσεις στην στάθμη dimming 100% του φωτιστικού με τιμές του συντελεστή διόρθωσης, 1, 0.6 και 0.5. Στις τιμές αυτές μετρήθηκαν 289, 174 και 143 Lux αντίστοιχα ενώ το Luxόμετρο μετρούσε 165 Lux, συνεπώς επιλέχτηκε η τιμή 0.6. Ο αισθητήρας DALI δεν είχε δυνατότητα βαθμονόμησης. Παρατηρούμε ότι ο αισθητήρας DALI βρίσκεται ποιο κοντά στις τιμές που μετρήθηκαν με το Luxόμετρο από ότι στον αισθητήρα KNX. Αν ο αισθητήρας KNX μπορούσε να ρυθμίσει τον συντελεστή βαθμονόμησης με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων και όχι ενός θα είχε καλύτερα αποτελέσματα. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι και οι δύο αισθητήρες έχουν φτιαχτεί για τοποθέτηση σε ύψος περίπου 2 μέτρα και στην διάταξη απέχουν μόνο μερικά εκατοστά και επίσης έχουν φτιαχτεί για μετρήσεις περί των 500 Lux. Παρ' όλα αυτά βλέπουμε ότι ο αισθητήρας DALI δεν μετράει με σημαντική διαφορά από το Luxόμετρο.

Πίνακας 7.1: Μετρήσεις Lux με Luxόμετρο και αισθητήρες φωτεινότητας των συστημάτων DALI και KNX ανά στάθμη dimming.

Εντολή Dimming (%)	Lux	Sensor DALI (Lux)	Διαφορά (%)	Sensor KNX (Lux)	Διαφορά (%)
100	165	165	0.00	174	5.45
90	145	147	1.38	141	-2.76
80	130	132	1.54	113	-13.08
70	113	115	1.77	87	-23.01
60	97	98	1.03	64	-34.02
50	82	83	1.22	51	-37.80
40	65	65	0.00	34	-47.69
30	49	50	2.04	26	-46.94
20	32	33	3.13	18	-43.75
10	16	16	0.00	13	-18.75

Είναι δύσκολο να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για τους αισθητήρες DALI και KNX μιας και αποτελούν δύο τυχαίες επιλογές αυτών. Αυτό όμως που μπορεί να ειπωθεί με ασφάλεια, είναι ότι οι αισθητήρες ανεξάρτητα προτύπου ή κατασκευαστή μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά για την εφαρμογή κατά την οποία έχουν φτιαχτεί. Για ειδικές όμως εφαρμογές θα πρέπει να γίνει μια προσεκτική επιλογή προϊόντων για να μην υπάρχουν αποκλίσεις από τις απαιτήσεις των εφαρμογών αυτών.

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

Με τη συμβατική εγκατάσταση χρησιμοποιούνται πολλά περιττά μέτρα καλωδίων ισχύος για τον έλεγχο των φορτίων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η παραπανήσια χρήση χαλκού ή οποιουδήποτε άλλου υλικού χρησιμοποιηθεί και η επιπρόσθετη πτώση τάσης, η οποία σε μεγάλα φορτία ή μεγάλες αποστάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της διατομής των αγωγών αυξάνοντας το κόστος εγκατάστασης. Ένα ακόμα μειονέκτημα των συμβατικών εγκαταστάσεων είναι ότι η τάση διαχείρισης που μεταφέρεται στον διακόπτη είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο και δημιουργούνται πρόσθετες ενώσεις μεταξύ των αγωγών ισχύος, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών τοπικά ή σπινθήρες με αποτέλεσμα τη φθορά του εξοπλισμού, δημιουργία πυρκαγιάς, ανθρώπινου τραυματισμού, κτλ. Στην περίπτωση ενός συστήματος bus, αντί καλώδια ισχύος χρησιμοποιείται καλώδιο bus το οποίο χρησιμοποιεί λιγότερη ποσότητα χαλκού και υπάρχει αρκετή ανοχή από το σύστημα bus στην πτώση τάσης για την ορθή λειτουργία του για μερικά εκατοντάδες μέτρα. Επίσης μπορεί να μην χρειαστούν επιπλέον καλώδια για κάθε πρόσθετη συσκευή bus καθώς μπορούν δύο ή περισσότερες κοντινές συσκευές bus να συνδεθούν μεταξύ τους. Η τάση διαχείρισης αποτελεί μια ασφαλή τιμή για τον άνθρωπο, ακόμα και για χρήση σε χώρους όπως το λουτρό, καθώς δεν υπερβαίνει την τιμή των $30V_{DC}$. Και τέλος οι ενώσεις του καλωδίου bus είναι αξιόπιστες και δεν απαιτούν τακτικό έλεγχο και συντήρηση. Με ένα σύστημα bus οι εργασίες επέκτασης, συντήρησης, κτλ της εγκαταστάσεις γίνονται αρκετά πιο εύκολα, μπορούν να προκύψουν από προγραμματισμό μιας ήδη εγκατεστημένης συσκευής εκ νέου ή τον προγραμματισμό μιας καινούργιας συσκευής η οποία μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς νέα καλώδια και δομικές παρεμβάσεις αν εγκατασταθεί κοντά σε υπάρχουσες συσκευές ή αν έχουν προβλεφθεί αναμονές για μελλοντικές επεκτάσεις στην αρχική εγκατάσταση ή ακόμα και αν γίνει η επιλογή ασύρματων λύσεων επικοινωνίας. Επιπλέον η διακοπή της παροχής της εγκατάστασης δεν είναι απαραίτητη, χρειάζεται μόνο η διακοπή παροχής του συστήματος bus, το σύστημα bus σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί να διατηρήσει την κατάσταση των φορτίων, διατηρώντας την λειτουργικότητα του χώρου σε οποιαδήποτε εργασία συντήρησης ή επέκτασης κατά τη διάρκεια της και καθιστώντας την εργασία του εγκαταστάτη ευκολότερη. Στις περιπτώσεις τυπικών και μικρών φορτίων τα σύστημα bus δημιουργούν πρόσθετη κατανάλωση, όμως αυτό μπορεί να αντιστραφεί για μεγαλύτερα φορτία και μεγαλύτερες αποστάσεις, επιπλέον, οι απώλειες αυτές είναι κατά πολύ μικρότερες από τις καταναλώσεις των φορτίων, τα οποία όταν διαχειρίζονται με κρι-

τήρια την άνεση του χρήστη, την επέκταση ζωής του εξοπλισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας τότε το κέρδος από τη μείωση των λειτουργικών εξόδων που προκύπτει αντισταθμίζει τις προηγούμενες. Τέλος, η επιλογή της κλασσικής εγκατάστασης δεν επιτρέπει την υλοποίηση όλων των απαιτήσεων της εγκατάστασης αποτελεσματικά έως και καθόλου. Σε κτιριακούς τομείς εκτός των κατοικιών αυτές οι ειδικές απαιτήσεις παύουν να είναι ειδικές με αποτέλεσμα ο εγκαταστάτης να το γνωρίζει εξ' αρχής ότι η εγκατάσταση αυτή θα πρέπει να υλοποιηθεί με συστήματα bus.

Τα δύο συστήματα KNX TP και DALI TP είναι αρκετά κοινά στην εγκατάσταση τους, όμως κατά τη λειτουργία τους, στον ίδιο χρόνο το σύστημα KNX θα έχει στείλει περισσότερα ή τα ίδια τηλεγραφήματα σε αριθμό με το σύστημα DALI, περιέχοντας μεγαλύτερο εύρος λειτουργιών και περισσότερη πληροφορία. Το σύστημα DALI όμως καλύπτει πλήρως και αποτελεσματικά την εφαρμογή του φωτισμού, ενώ το σύστημα KNX την καλύπτει μεν αποτελεσματικά αλλά συνήθως δεν εκμεταλλεύεται πλήρως το εύρος που εκμεταλλεύεται το πρότυπο DALI, κάτι που εξαρτάται από τους κατασκευαστές των προϊόντων.

Η συνεργασία των συστημάτων KNX και DALI προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Το σύστημα DALI έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί ως ένα κομμάτι μιας συνολικής κτιριακής εγκατάστασης και άρα έχει σχεδιαστεί εκτός από το να λειτουργεί αυτόνομα, να διαχειρίζεται και από ανώτερα συστήματα, όπως το KNX. Η ομοιότητα των δύο συστημάτων ως προς τις τοπολογίες σύνδεσης των συσκευών τους και τους κανόνες εγκατάστασης τους είναι ένα πλεονέκτημα για τον εγκαταστάτη, καθώς μειώνει την πιθανότητα λάθους κατά την εγκατάσταση. Υπάρχουν και μικρές διαφορές στα δύο συστήματα οι οποίες όμως δρουν θετικά στην συνεργασία των δύο συστημάτων. Από τη συνεργασία τους προκύπτει καλύτερη διαχείριση των συσκευών, μικρότερα συστήματα χωρίς πολλές γραμμές και περιοχές καθιστώντας έτσι την εγκατάσταση και τον προγραμματισμό μια ευκολότερη διαδικασία. Τα δύο αυτά πρότυπα είναι αναγνωρισμένα, αξιόπιστα και ανεξάρτητα από κατασκευαστή. Στα προϊόντα KNX για την διαχείριση φωτισμού δεν υπάρχει ποικιλία προϊόντων την οποία έρχεται να καλύψει το πρότυπο DALI. Από την άλλη πλευρά, κάποια προϊόντα KNX υπερτερούν σε δυνατότητες όπως είναι οι αισθητήρες.

Φυσικό είναι η συνεργασία αυτή να δημιουργεί και κάποια μειονεκτήματα και περιορισμούς. Ο προγραμματισμός του gateway γίνεται μέσω του ETS, όμως πρέπει να προηγηθεί η δημιουργία των groups και η ανάθεση των ατομικών διευθύνσεων εκ νέου από τον σχεδιαστέ αν αυτό είναι απαραίτητο. Η διαχείριση των δύο συστημάτων εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από τις δυνατότητες των gateways οι οποίες έχουν οριστεί από τον κατασκευαστή του προϊόντος. Τα συστήματα DALI, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαθέτουν πλήθος ρυθμίσεων και πληροφοριών, όμως αυτά μπορεί να μην γίνονται πλήρως εκμεταλλεύσιμα

από την πλευρά του συστήματος KNX. Ο συνολικός χρόνος απόκρισης των δύο συστημάτων μαζί παραμένει μικρός για την αξιόπιστη λειτουργία του συνολικού συστήματος, σε απαιτητικές όμως εφαρμογές, ο χρόνος αυτός έχει αυξηθεί και πιθανόν να περιορίζει τις απαιτήσεις του συστήματος. Τέλος, τα gateways, έχουν ρυθμίσεις για το πώς να «μεταφραστούν» οι στάθμες φωτισμού που στέλνονται ως εντολές από το σύστημα KNX στο σύστημα DALI, το πλήθος και οι επιλογές των οποίων μπορεί να περιορίσουν.

Σε μια εγκατάσταση φωτισμού, εφαρμόζοντας συστήματα αυτοματισμού μπορεί να σημειωθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, όμως διαδικασίες όπως το dimming μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα ισχύος. Αν η εγκατάσταση είναι αρκετά μεγάλη και έχει ένα αξιόλογο συνολικό φορτίο, τότε δεν μπορεί να αγνοηθεί η ποιότητα ισχύος της και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιστάθμισης, αν όμως αυτά τα μέτρα λαμβάνονται αποκλειστικά για τη διαδικασία του dimming τότε θα πρέπει να γίνεται οικονομοτεχνική μελέτη ανάμεσα σε ένα σύστημα χωρίς τη δυνατότητα dimming και ένα σύστημα με δυνατότητα dimming και τον εξοπλισμό αντιστάθμισης ισχύος αν τελικά αυτός είναι απαραίτητος.

Είναι δύσκολο να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα για τους αισθητήρες DALI και KNX. Αυτό όμως που μπορεί να ειπωθεί με ασφάλεια, είναι ότι οι αισθητήρες ανεξάρτητα προτύπου ή κατασκευαστή μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά για την εφαρμογή κατά την οποία έχουν φτιαχτεί. Για ειδικές όμως εφαρμογές θα πρέπει να γίνει μια προσεκτική επιλογή προϊόντων για να μην υπάρχουν αποκλίσεις από τις απαιτήσεις των εφαρμογών αυτών.

Βιβλιογραφία

- [1] KNX Basics. (n.d.). [ebook] KNX Association. Available at: http://www.knx.org/media/docs/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf [Accessed 14 Aug. 2017].
- [2] DALI AG. (2001). Frankfurt am Main, Germany: DALI AG (Digital Addressable Lighting Interface Activity Group).
- [3] Lighting in the 21st Century should be Digital and Open. (2017). Michael "MJ" Johnson. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/lighting-21st-century-should-digital-open-michael-mj-johnson> [Accessed 14 Aug. 2017].
- [4] EnOcean.com. (2017). *Smart Home Applications for Home Automation Using Energy Harvesting Wireless Sensor Technology | EnOcean - Applications*. [online] Available at: <https://www.enocean.com/en/internet-of-things-applications/smart-home-and-homeautomation/> [Accessed 14 Aug. 2017].
- [5] Merz, H., Hansemann, T. and Hübner, C. (2009). *Building automation*. Berlin: Springer.
- [6] Ti-soft.com. (2014). *Ζώνες εγκατάστασης γραμμών και κουτιών κατά DIN 18015*. [online] Available at: <http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/lowvoltage/din-18015/zones-egkatakastashs-grammon-koytion-kata-din-18015> [Accessed 14 Aug. 2017].
- [7] Γεώργιος Γρ. Σαρρής (2006). *EIB/KNX: Η νέα τεχνική ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτιρίων στη πράξη*. Αθήνα: Τζιόλα.
- [8] Digital Addressable Lighting Interface (DALI) Implementation Using MSP430 Value Line Microcontrollers. (2012). [ebook] Dallas, Texas 75265: Texas Instruments Incorporated. Available at: <http://www.ti.com/lit/an/slaa422a/slaa422a.pdf> [Accessed 14 Aug. 2017].
- [9] Husain, S. (2012). *Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Communication*. [ebook] U.S.A.: Microchip Technology Incorporated. Available at: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01465A.pdf> [Accessed 14 Aug. 2017].
- [10] En.wikipedia.org. (2017). *Manchester code*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_code [Accessed 18 Aug. 2017].
- [11] Dali-ag.org. (2017). *Discover DALI*. [online] Available at: <http://www.dali-ag.org/discover-dali.html> [Accessed 22 Aug. 2017].
- [12] Gratton, D. (2016). No Wires. No Batteries. No Limits.. [ebook] ENOCEAN ALLIANCE INC. Available at: https://www.enocean-alliance.org/wp-content/uploads/2016/11/Whitepaper_Introducing_the_EnOcean_Ecosystem.pdf [Accessed 14

- Aug. 2017].
- [13] EnOcean.com. (2017). *Energiewandler für batterielosen Funksensoren* | *EnOcean - Technologie*. [online] Available at: <https://www.enocean.com/en/technology/energy-harvesting/> [Accessed 17 Aug. 2017].
- [14] EnOcean.com. (2017). Radio Technology (RF) from EnOcean for Energy Harvesting Wireless Sensor Solutions | *EnOcean Technology*. [online] Available at: <https://www.enocean.com/en/technology/radio-technology/> [Accessed 25 Aug. 2017].
- [15] The Easy Way to Energy Harvesting Wireless Products. (2015). [ebook] EnOcean GmbH. Available at: https://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/White_Paper_EnOcean_Product_Integration.pdf [Accessed 25 Aug. 2017].
- [16] Kruse, J. and Beniston, J. (2017). *Product Tree*. [online] Knx-gebaeudesysteme.de. Available at: http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/_HTML/product_tree_030_005_001.htm [Accessed 29 Aug. 2017].
- [17] Buildingtechnologies.siemens.com. (2017). *Gamma building control – KNX Wave EnOcean - Building Technologies - Siemens*. [online] Available at: <http://www.building-technologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/gamma-building-control/Pages/building-control-knx.aspx> [Accessed 29 Aug. 2017].
- [18] Knx.org. (2017). *KNX Software Tools - KNX Association* [Official website]. [online] Available at: <https://www.knx.org/el/software/overview/index.php> [Accessed 29 Aug. 2017].
- [19] Mdt.de. (2017). *MDT technologies*. [online] Available at: http://www.mdt.de/EN_Start.html [Accessed 30 Aug. 2017].
- [20] Cree Europe. (2016). *LR Series Downlight* | *Cree Europe*. [online] Available at: <http://www.cree-europe.com/en/product/lr200/> [Accessed 28 Aug. 2017].
- [21] Τεχνολογίες/Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας Και Βελτιώσεις Ενεργειακής Απόδοσης. (n.d.). [ebook] Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού. Available at: <http://www.mcit.gov.cy> [Accessed 28 Aug. 2017].
- [22] Ypeka.gr. (2017). *Κτίρια*. [online] Available at: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?ta-bid=282&language=el-GR> [Accessed 28 Aug. 2017].
- [23] The Shape Of Power To Come. (n.d.). [ebook] Sweden: ADF Power Tuning. Available at: <http://www.adfpowertuning.com> [Accessed 30 Jun. 2017].
- [24] Lighting Control. (n.d.). [ebook] KNX Association. Available at: <https://www.knx.org> [Accessed 9 Mar. 2017].

Παράρτημα Α

Συσκευές KNX, DALI και EnOcean

ABB i-bus® KMX

KNX Power Supply with diagnostics, 320 mA, MDRC, SV/S 30.320.2.1, 2CDG 110 145 R0011

KNX power supplies generate and monitor the KNX system voltage (SELV). The bus line is decoupled from the power supply by an integrated choke. Bus current, bus voltage, overload and other messages can be sent via KNX for monitoring and diagnostic purposes. The voltage output is short-circuit and overload protected. The LEDs indicate the bus current consumption and the status of the line or device. Device type SV/S 30.640.5.1 has an additional 30 V DC short-circuit and overload protected voltage output that can be used to power an additional bus line (in combination with a separate choke).

Technical data

Supply	Supply voltage U_n	85...265 V AC, 50/60 Hz	
	Power consumption	Normal operation Maximum	
	- SV/S 30.320.2.1	12.5 W 30 W	
	- SV/S 30.640.5.1	24 W 55 W	
Outputs	Power loss	Normal operation Maximum	
	- SV/S 30.320.2.1	2.5 W 6 W	
	- SV/S 30.640.5.1	4 W 9 W	
	KNX voltage output I_1	1 line with integrated choke	
Connections	Rated voltage U_{1n}	30 V DC +1/-2 V, SELV	
	Minimum distance between 2 SV/S in one line	200 m (KNX bus line)	
	Voltage output I_2 (SV/S 30.640.5.1 only)	without choke	
	Rated voltage U_{2n}	30 V DC +1/-1 V, SELV	
	Current	The voltage output without choke may only be used to power an additional bus line in combination with a separate choke.	
		Rated curr.	Overload curr.
		Short-circuit curr.	
	- SV/S 30.320.2.1	I_{br} 320 mA	I_{ov} 0.5 A
	- SV/S 30.640.5.1 (total current I_1 and I_2)	640 mA	I_{sc} 0.9 A
	Power failure buffering time	200 ms	1.4 A
Connections	KNX	Bus connection terminal	
	Mains voltage input	Screw terminal	
	Tightening torque	0.2...2.5 mm ² fine-strand 0.2...4 mm ² solid	
Operating and display elements	Programming button and LED (red)	Maximum 0.6 Nm	
	U_n OK LED (green)	For assignment of the physical address	
	LED $I > I_{max}$ (red)	ON: Bus voltage and mains voltage OK	
	Bus current LEDs (7 x yellow)	ON: Short-circuit or overload	
	Telegr. LED (yellow)	ON: Indicates present bus current	
	Comm. error LED (yellow)	ON: Telegram traffic	
	Reset button and LED (red)	ON: Communication error on bus	
		ON: Line reset.	
Degree of protection	IP 20	To reset the device, press the button until the LED comes on. The line is disconnected from the voltage supply for 20 seconds. The LED then goes off again.	
		OFF: Reset is complete.	
		EN 60 529	

Protection class	II	EN 61 140
Isolation category	Overvoltage category	III under EN 60 664-1
	Pollution degree	2 under EN 60 664-1
Temperature range	Operation	- 5 °C...+ 45 °C
	Storage	- 25 °C...+ 55 °C
	Transport	- 25 °C...+ 70 °C
Ambient conditions	Maximum air humidity	93 %, no condensation allowed
Design	Modular installation device (MDRC)	Modular installation device, Pro M
	Main dimensions (H x W x D)	90 x 72 x 64.5 mm)
	Mounting width	4 x 18 mm modules
	Mounting depth	64.5 mm
Mounting	On 35 mm mounting rail	EN 60 715
Mounting position	As required	
Weight	Approx. 0.26 kg	
Housing, color	Plastic housing, gray	
Approvals	KNX under EN 50 090-1, -2	
CE mark	In accordance with the EMC guideline and low voltage guideline	

ABB i-bus® EIB / KNX**USB Interface, 2-fold, MDRC, USB/S 1.1, 2CDG 110 008 R0011**

The USB interface USB/S 1.1 enables communication between the PC and the EIB installation. The data transfer is indicated by the EIB LED and the USB LED. The USB interface can be used from ETS 3 V1.0 onwards. The USB interface is simply connected to the ABB i-bus® and then connected to the USB. The USB interface is automatically detected under the PC operating system and installed. The ABB i-bus® connection is carried out at the front of the device via the bus connecting terminal supplied. The connection to the USB is likewise carried out at the front of the device.

Technical Data

Operating voltage	– ABB i-bus® EIB / KNX	typically 30 V DC (21 ... 32 V DC)
	– Max. power consumption from the ABB i-bus® EIB / KNX	12 mA at 20 V
	– Max. leakage loss of the ABB i-bus® EIB / KNX	240 mW
	– USB voltage	5 V DC
	– Max. power consumption from the USB	60 mA
	– Max. leakage loss of the USB	300 mW
	– Max. total leakage loss (ABB i-bus® EIB / KNX and USB)	540 mW
Interface	– USB	USB standard 1.1
Operating and display elements	– Programming LED	for assignment of the phys. address
	– Programming button	for assignment of the phys. address
Connections	– ABB i-bus® EIB / KNX	via bus connecting terminal, screwless
	– USB	via USB socket type B, max. cable length 5m (standard)
Temperature range	– Operation	0 °C ... + 45 °C
	– Storage	– 25 °C ... + 55 °C
	– Transport	– 25 °C ... + 70 °C
Type of protection	– IP 20	DIN EN 60 529
Protection class	– Class II	
CE norm	– in accordance with EMC and low voltage guidelines	
Certification	– EIB / KNX	Certificate
Installation	– on 35 mm mounting rail	DIN EN 60 715
Dimensions	– 90 x 36 x 64.5	(H x W x D)
Mounting depth	– 64.5 mm	
Width in modules	– 2	2 modules at 18 mm
Weight	– 0.09 kg	
Housing	– Plastic	
Housing colour	– grey	
Model	– Modular installation device	
Device type	– Modular DIN rail mounted device	MDRC
Design	– System pro M	

ABB i-bus® KNX**DALI Gateway, Emergency Lighting, MDRC, DGN/S 1.16.1, 2CDG 110 142 R0011**

The KNX ABB i-bus® DALI Gateway with Emergency Lighting Function DGN/S 1.16.1 is a KNX modular installation device (MDRC) in Pro Mdesign for installation in the distribution board on 35 mm mounting rails. The DGN/S integrates operating devices with DALI interfaces to EN 62386 into a KNX building installation. The connection to the ABB i-bus® is implemented via a KNX connection terminal on the device shoulders. The DALI output of the DGN/S can be used to connect up to 64 DALI devices. It can also exclusively contain 64 DALI devices for self-contained emergency lighting compliant to EN 6286-202. Both “normal” lamps as well as battery operated emergency lighting can be connected in a mixed configuration to the DGN/S 1.16.1. Control of the lamps via KNX is undertaken by 16 lighting groups, which can be comprised of any 64 DALI lamps. An individual project-related DALI device group assignment is possible using the DALI-Software-Tool. The fault status (lamps, ballasts or emergency light converter) of every individual DALI device or of the lighting group is sent via different KNX communication objects on the KNX. In addition to the standard functions, e.g. switching, dimming and brightness value setting with the corresponding feedbacks, the DGN/S has the functions Staircase lighting, Scene, Sequence and Slave. The lighting groups can be integrated in this way into a constant lighting control. Function, duration and partial duration tests and battery tests for the emergency lighting systems with individual batteries to EN 62386-202 can be triggered and stopped via KNX. The test results are made available on the KNX. All DALI devices can be controlled together in KNX mode as well as manual mode. The DGN/S is a DALI control device (master) and requires an AC or DC auxiliary power supply. A separate DALI power supply is not required. The DALI power source for the 64 DALI devices is integrated into the DGN/S.

Technical data

Supply	gateway operating voltage	85...265 V AC, 50/60 Hz 110...240 V DC
	power consumption total via mains	maximum 8 W at 230 V AC and max. load
	current consumption total via mains	maximum 35 mA at 230 V AC and max. load
	leakage loss total for device	maximum 3 W at 230 V AC and max. load
	current consumption KNX	maximum 10 mA
	power consumption via KNX	maximum 210 mW
DALI outputs (channels)	number of outputs	1 x 64 DALI device (16 lighting groups)
	number of DALI devices	maximum 64 to EN 62 386; DALI devices pfor self-contained emergency lighting to EN 62 386-202 are supported. ⁴⁾
	distance between DGN/S and last DALI device	
	cable cross-section	0.5 mm ² 100 m ¹⁾ 0.75 mm ² 150 m ¹⁾ 1.0 mm ² 200 m ¹⁾ 1.5 mm ² 300 m ¹⁾
Connections	KNX	KNX connection terminal, 0.8 mm Ø, single core
	DALI outputs and mains voltage	screw terminal 0.2...2.5 mm ² stranded 0.2...4 mm ² single core
	tightening torque	maximum 0.6 Nm





Operating and display elements	button 	DALI output test
	button/LED 	for assignment of the physical address
	LED  green	display for operation readiness
	LED  yellow	for displaying DALI fault, constant light for displaying test mode, slow flashing for displaying initialisation or more than 64 DALI devices, quick flashing
Enclosure	IP 20	to EN 60529
Safety class	II	to EN 61140
Isolation category	overvoltage category	III to EN 60 664-1
	pollution degree	2 to EN 60664-1
KNX safety extra low voltage	SELV 24 V DC	
DALI voltage	typical 16 V DC (9.5...22.5 V DC)	to EN 60929 and EN 62386
	no-load voltage	16 V DC
	lowest supply current at 11.5 V	160 mA
	highest supply current	230 mA
Temperature range	operation	-5 °C...+45 °C
	storage	-25 °C...+55 °C
	transport	-25 °C...+70 °C
Environmental conditions	humidity	maximum 93 %, moisture condensation should be excluded
Design	modular installation device (MDRC)	modular installation device, Pro <i>M</i>
	dimensions	90 x 72 x 64.5 mm (H x W x D)
	mounting width	4 modules at 18 mm
	mounting depth	68 mm
Installation	on 35 mm mounting rail	to EN 60 715
Mounting position	as required	
Weight	0.16 kg	
Housing, colour	plastic housing, grey	
Approvals	KNX to EN 50 090-1, -2	certification
CE mark	in accordance with the EMC guideline and low voltage guideline	

ABB i-busR KNX**Light Controller, 1-10 V, x-fold, 16 A, MDRC, LR/S x.16.1, 2CDG 110 08x R0011**

The ABB i-busR Light Controllers, LR/S x.16.1 (x = 2 or 4) are KNX modular installation devices in ProM Design for installation in the distribution board on 35 mm mounting rails. The connection to the ABB i-busR is implemented via a bus connection terminal on the device shoulders. The LR/S can control dimmable electronic ballast or transformers with 1-10 V interface via 2 or 4 outputs depending on the device. For every output a floating switching contact (16 A) for direct switch on and off of the ballasts is available. The switching relays are particularly suitable for switching fluorescent lamp loads (AX) to DIN EN 60 669. Manual switch ON and OFF of the individual outputs is possible in manual control independently of the bus or auxiliary voltages. The operating element on the switching relay directly indicates the switch status. A separate Light Sensor LF/U 2.1 can be separately connected on the Light Controller for each output. The Light Sensor measures brightness in closed rooms. The Light Controller undertakes constant light control for each output (control circuit) with this brightness value. It is possible to use several Light Sensors for a single output. The Light Controller and the connected Light Sensor are supplied with power via the KNX and do not require an additional power supply.

Technical data






Supply	Operating voltage	21...30 V DC, made available by the bus	
	Current consumption KNX	2.16.1	4.16.1
	Maximum	8.5 mA	10 mA
	Power consumption via KNX	Max. 250 mW	
Outputs control circuit	LR/S type	2.16.1	4.16.1
	Number of control outputs 1-10 V (passive)	2	4
	Max. current per control output	100 mA	100 mA
	Max. number of ballast (2 mA/ballast) ¹⁾	50	50
	Max. cable length, with max. load (100 mA)	70 m with conductor cross-section 0.8 mm ² 100 m with conductor cross-section 1.5 mm ²	
Sensor input	LF/U 2.1 ²⁾		
	Number of inputs	2 with LR/S 2.16.1 or 4 with LR/S 4.16.	
	Max. cable length per sensor	100 m, Ø 0.8 mm, P-YCYM or J-Y(STY) cable (SELV), e.g. shielded KNX bus cable	
Brightness detection	Lighting control operating range	Optimised for 500 Lux. 200 ...1200 Lux for rooms with average furnishing level (reflection 0.5) max. 860 Lux in a very brightly furnished room (reflection 0.7) max. 3000 Lux in a very darkly furnished room (reflection 0.2) The Lux values are measured values on the work surface (reference surface) ³⁾	
	Optimum installation height	2-3 m	
Outputs load circuit rated values	LR/S type	2.16.1	4.16.1
	Number of load outputs (floating)	2	4
	U _n rated voltage	250/440 V AC (50/60 Hz)	
	I _n rated current	16 A-AC1 or 10 AX	
	Leakage loss per device at max. load	2.6 W	5.2 W

Load circuit (relay) switching currents	AC1 operation (cos φ = 0.6) DIN EN 60 947-4-1	16 A / 230 V	
	Fluorescent lighting load AX to DIN EN 60 669-1	10 AX/250 V (140 μF)*	
	AC3 operation (cos φ = 0.6) DIN EN 60 947-4-1	8 A / 230 V	
	Minimum switching performance	100 mA/12 V 100 mA/24 V	
	DC current switching capacity (ohmic load)	10 A/24 V =	
	Lamp loads	See lamp load table	
Load circuit (relay) service life	Mechanical endurance	> 3 x 10 ⁶	
	Electrical endurance to AC1 (240 V/cosp = 0.6)	DIN IEC 60 947-4-1 > 10 ⁶	
	AC5a (240 V/cosp = 0.45)	> 3 x 10 ⁴	
Load circuit (relay) switching times^a	LRS type	2.16.1	4.16.1
	Max. relay position change per output and minute if all relays are switched simultaneously. The position changes should be distributed over a minute.	60	30
	Max. relay position change per output and minute if only one relay is switched	120	120
Connections: ABB i-bus[®]	KNX bus connection terminal	0.8 mm Ø, single core	
Connections: - Control circuit - Light sensor LF/U 2.1	Screw terminal with slotted screw	0.2...2.5 mm ² stranded 0.2...4 mm ² single core	
	sleeves without/with plastic	0.25...2.5/0.25...4 mm ²	
	TWIN sleeves	0.5...2.5 mm ²	
	Tightening torque	Max. 0.6 Nm	
Connections: load circuit	Screw terminal with universal head (PZ 1)	0.2...4 mm ² stranded, 2 x (0.2-2.5 mm ²) 0.2...6 mm ² single core, 2 x (0.2-4 mm ²)	
	sleeves without/with plastic	0.25...2.5/0.25...4 mm ²	
	TWIN sleeves	0.5...2.5 mm ²	
	Tightening torque	Max. 0.8 Nm	
Operating and display elements	Red LED and KNX button	For assignment of the physical address	
	Switch position display	Relay operator	
Enclosure	IP 20	to DIN EN 60 529	
Safety class	II	to DIN EN 61 140/IEC 536	
Isolation category	Overvoltage category	III to DIN EN 60 664-1	
	Pollution degree	2 to DIN EN 60 664-1	
KNX safety extra low voltage	SELV 24 V DC		
Temperature range	Operation	-5 °C...+45 °C	
	Storage	-25 °C...+55 °C	
	Transport	-25 °C...+70 °C	
Environmental conditions	Humidity	Max. 93 %, moisture condensation should be excluded	
Design	Modular installation device (MDRC)	ProM	
	LRS type	2.16.1	4.16.1
	Dimensions (H x W x D)	90 x W x 64.5	
	Width W in mm	72	108
	Mounting width (modules at 18 mm)	4	6
Weight	in kg	0.200	0.330
Installation	On 35 mm mounting rail	DIN EN 60 715	

ABB i-bus® KNX**Blind/Roller Shutter Actuators with manual operation x-fold, 230 V, MDRC, JRA/S x.230.2.1, 2CDG 110 12x R0011**

The 2-fold, 4-fold and 8-fold Blind/Roller Shutter Actuators with manual operation are used to control independent 230 V AC drives, for positioning blinds, roller shutters, awnings and other shading products via ABB i-bus® KNX. The devices are also used, for example, to control doors, windows and ventilation flaps. The output contacts are mechanically interlocked, so that voltage cannot be applied to both contacts at the same time. The devices do not require an auxiliary voltage. The outputs can be directly controlled on the device using the manual push buttons. The LEDs on the front of the device signal the status of the outputs. Individual outputs can be copied or exchanged to reduce the programming effort. The Blind/Roller Shutter Actuator is a modular installation device for installation in the distribution board on 35 mm mounting rails. The connection to the ABB i-bus® is implemented via bus connection terminals.

Technical data

Supply	Operating voltage	21...30 V DC, via KNX		
	Current consumption KNX	< 12 mA		
	Power consumption KNX	maximum 250 mW		
	Outputs	JRA/S Type	2.230.2.1	4.230.2.1
	Number of outputs UP/DOWN	2*	4	8
		(mutually mechanically interlocked)		
		* independent outputs, each with up to 2 drives operating in parallel.		
	U _N rated voltage	maximum 230 V AC, 45 ... 65 Hz		
	I _N rated current	6 A		
	Maximum switching current	6 A (AC1/AC3) at 230 V AC or 6 A (AC1/AC3) at 400 V AC		
	Minimum switching current	100 mA at 5 V or 10 mA at 10 V or 1 mA at 24 V		
	Leakage loss per device at max. load	< 2 W	< 2 W	< 4 W
Connections	Drives (terminals output A...X)	2 universal head screw terminals per output (UP/DOWN)		
	Phase L1...L3 (terminal U _N)	2 or 4 universal head screw terminals single-core 0.2...6 mm ² , stranded 0.2...4 mm ²		
	Screw terminal conductor cross-section	Flexible with ferrules without/with plastic sleeves 0.25...4 mm ²		
	Tightening torque	maximum 0.6 Nm		
	ABB i-bus® KNX	Bus connection terminal (black/red), 0.8 mm Ø, single-core		
Operating and display elements	Button/LED 	For assignment of the physical address		
	Button  and LED 	For toggling between manual operation/ operation via ABB i-bus® and displays		
	Buttons  and LEDs  Two buttons and LEDs per output	For control (move UP/DOWN, slat OPEN/ CLOSE) of the output and status display		
Enclosure	IP 20	To EN 60 529		
Safety class	II, in the installed state	To EN 61 140		

Isolation category	Overvoltage category	III to EN 60 664-1		
	Pollution degree	2 to EN 60 664-1		
KNX safety extra low voltage	SELV 24 V DC			
Temperature range	Operation	-20 °C...+45 °C		
	Storage	-25 °C...+55 °C		
	Transport	-25 °C...+70 °C		
Ambient conditions	Maximum air humidity	93 %, no condensation allowed		
Design	Modular installation device (MDRC)	Modular installation device, Pro M		
	Dimensions (H x W x D) in mm; JRA/S Type	2.230.2.1	4.230.2.1	8.230.2.1
	– Height	90	90	90
	– Width	72	72	144
	– Depth	64.5	64.5	64.5
	Mounting width in space units (modules at 18 mm)	4	4	8
	Mounting depth	64.5	64.5	64.5
Weight without packaging	JRA/S Type	2.230.2.1	4.230.2.1	8.230.2.1
	Weight in kg	0.2	0.25	0.45
Installation	On 35 mm mounting rail	To EN 60 715		
Mounting position	As required			
Housing/colour	Plastic housing, grey	Halogen free		
Approvals	KNX to EN 50 090-1, -2	Certification		
CE mark	In accordance with the EMC guideline and low voltage guideline			

ABB i-bus® KNX KNX/EnOcean Gateway, EG/A 32.2.1, 2CDG 120 047 R0011

The ABB KNX/EnOcean Gateway allows a complete and natural integration of EnOcean devices into KNX control systems and vice versa. Main features: Reduced dimensions. Quick and easy installation. External power not required. Supplied through the KNX bus. Fully bidirectional. Supporting up to 253 KNX communication objects. Up to 32 simultaneous channels (or device nodes) and up to 5 devices (internal or linked) per channel. Fast and easy integration with EnOcean Gateways for air conditioning. Easy way to add new EnOcean devices through our catalogue file. Internal LCD to setup/monitor EnOcean devices. EnOcean devices quality signal reception shown in the gateway LCD. Intuitive and easy setup thanks to the ETS plugin with no need of any external software. Multiple objects for control and status (bit, byte, characters...) with KNX standard datapoint types. Status objects for every control available.

Technical Specifications

Enclosure	Material	ABS (UL 94 HB), 2.5 mm thickness
	Size	70 x 100 x 28 mm
	Weight	97 g
	Color	White
Power supply	29 V DC, 11 mA	
	Supplied through KNX bus.	
Power consumption	max. 320 mW	
Mounting	Surface mounted (Wall or Ceiling)	
LED indicators (internal)	1 x KNX programming	
LCD-Anzeige (intern)	2x8 Characters	
	STN Positive (Yellow-green)	
	Reflective type	
	Without backlight	
Push buttons	1 x KNX programming	
	2 x LCD display control	
	1 x Erase EnOcean devices	
	1 x Teach-in / Learn EnOcean devices	
Operating Temperature	From 0 °C to 40 °C	
Operating humidity	< 93 % HR, no condensation	
Stock humidity	< 93 % HR, no condensation	
RoHS conformity	Compliant with RoHS directive (2002/95/CE)	
Certifications	ABB KNX/EnOcean Gateway	CE conformity to EMC directive (2004/108/EC) and Low-voltage directive (2006/95/EC)
		<ul style="list-style-type: none"> - EN 301489-1 V1.8.1 - EN 60950-1 - EN 50491-3 - EN 50090-2-2
	ABB KNX/EnOcean Gateway	<ul style="list-style-type: none"> - FCC (ID: SZV-STM300C) - IC (ID: 5713A-STM300C)
Frequency	868.300 MHz	

**Siemens GAMMA instabus
UP 258E11 OPTISENS OFFICE Presence detector / motion detector with lighting
control SWG1 258-2EB11**

The UP 258E11 is a presence/motion detector with integrated 2-point light control. The UP 258E11 device communicates via KNX/EIB with actuators or other KNX devices. It is designed for mounting on the ceiling. Owing to its tilting sensor head, the UP 258E11 can be aligned with the required capture area. The main application for the device is automatic lighting control in an office workplace. The UP 258E11 senses the presence of a person or that there is no longer anyone in its detection area. The detector signal can be analyzed via two separate communication channels, termed motion detector and presence detector. Additionally, the UP 258E11 provides an output for control of HVAC applications. For example, this function can switch systems that are used for heating, ventilating and air-conditioning control (HVAC) of the room from “Energy saving mode” in an unused room to “Comfort mode” in an occupied room and back to “Energy saving mode” when the room is again unoccupied. For each detector function block (presence, motion, HVAC) 4 communication objects are available, in total 12 different communication objects. Depending on configuration, one or two KNX telegrams are sent onto the bus when motion is first detected and when, after the last motion was detected, an overshoot time has expired. The values of the communication objects are configured for each functional block (motion detector, presence detector, HVAC-detector) via corresponding parameters. Each time a presence is detected, the overshoot time is started. Its duration is separately configurable for each functional block. The end of presence is determined by the end of the overshoot time. The duration of the dead time is also configurable per functional block. It is used to protect the actuators that are connected to the detector. If a presence is detected during the dead time, neither telegrams are sent nor the overshoot time is started. In the following the telegrams, which are sent at the beginning of a presence, are called A and B, the telegrams, which are sent at the end of a presence, are called C and D.

Technical data:

Power supply, via bus line, Current drain approx. 10 mA

Presence detection, Type: Passive infrared (PIR),

Range: horizontal 360°, vertical ca. 100°, for monitoring of an area of 3 x 3 m up to approx. 5 x 5 m (dependent on the mounting resp. ceiling height)

Brightness measurement: Type: Mixed light measurement, Measuring range: 20...1000 Lux

IR receiver, For remote control and remote calibration (see accessories)

max. Distance detector <--> remote control: ~ 4.5 m

Operating elements, 1 commissioning push button: for toggling between normal mode / addressing mode

Display elements, 1 red LED: for checking the bus voltage and for displaying normal mode / addressing mode. This LED also indicates presence / motion detection in test mode .

Connections, KNX bus line: bus terminal block

Mechanical specifications, Housing: plastic, Dimensions (DxT): 53 mm x 31 mm (without design cover), 88 mm x 63 mm (with design cover), Weight: approx. 70g, Fire load: approx. 2480 kJ, Installation: in flush mounting box, ceiling opening, or in surface mounting box (see accessories)

Electrical safety, Degree of pollution (according to IEC 60664-1): 2, Type of protection (according to EN 60529): IP 20, Overvoltage category (according to IEC 60664-1): III, Bus: safety extra-low voltage SELV DC 24 V, Device complies with: EN 60669-2-1

EMC requirements, Complies with EN 50428

Environmental conditions, Climatic withstand capability: EN 50090-2-2, Ambient operating temperature: - 5 ... + 45 °C, Storage temperature: - 20 ... + 70 °C, Relative humidity (not condensing): 5 % to 93 %

Reliability, Failure rate: 410 fit at 40°C

Markings, KNX EIB

CE mark, In accordance with the EMC guideline (residential and functional buildings), low voltage guideline

ABB i-bus® KNX Magnetic Contact EnOcean, 868 MHz, MKE/A 1.868.1, 2CDG 120 048 R0011

The Magnetic Contact EnOcean is a surface mounted device for windows or doors. Its purpose is to recognize the opening or closing of windows or doors. The EnOcean magnetic contact communicates on this with a gateway via radio. The frequency is 868.3 MHz. The interior range is up to 30 m, typically 5 – 10 m, depending on the structural conditions. When using the ABB i-bus® KNX/EnOcean Gateway EG/A 32.2.1, to link to the KNX-Bus, the signal strength can be measured with the ABB i-bus® Tool. The window contact supplies itself with power via a solar cell and does not require a battery or other supply voltage. The learn button is located in the interior of the device and can be reached via the rear side or by removing the upper section from the lower section.

Technical Data

Power supply	via integrated solar cell; no external power supply necessary	
	Illumination	50 – 100.000 Lux
	Operation time in darkness (at 25 °C)	approx. 175 hrs.; min. 90 hrs. (if energy storage fully charged transmission of telegram every 25 min on average) ¹
	Time until operational when battery is empty	typically 2.5 min at 400 lux and 25 °C
	Required recharge time at 200 lux, within 24 hrs, for ongoing operation at room temperature (25 °C)	1.8 hrs (approx. 110 min) (+/- 20 %)
Mounting	adhesive or with screws (not included) at the window or door frame	
	Distance of magnet to transmitter module	less than 5 mm
Operating elements	EnOcean Teach-In Button in the transmitter module. Access via hole in rear side of the lower section or by removing the upper section from the lower section	
Display elements	LED inside the transmitter module Displays the sending of signals	
Antenna	pre-installed helical antenna	
Frequency	868.3 MHz	
EnOcean Equipment Profile (EEP)	DS-00-01	
Interior range EnOcean	up to 30 m, typically 5-10 m; dependent on building structure	
Temperature range	Operation	-20 °C ...+ 60 °C
	Storage	-20 °C ...+ 60 °C
	Transport	-25 °C ...+ 70 °C
Shelf life	in absolute darkness	24 months after delivery
Ambient conditions	maximum air humidity	93% no condensation allowed
Protection type	IP40	to EN 60 529
Pollution degree	2	to EN 60 664-1
Installation position	any (sufficient illumination has to be ensured)	
Design	Transmitter module dimensions (H x W x D)	15 x 19 x 110 mm
	Magnet dimensions (H x W x D)	5 x 10 x 37 mm
	Material	plastic PC/ABS
	Colour	white
Weight	0.1 kg	
CE-Conformity	according to EN 60730	
RoHS conformity	compliant with RoHS directive (2011/65/EG)	

OSRAM DALI SWITCH SO**DALI Switch SO | Signal converters for LMS**

- Industry
- Suitable for use in combination with all POWERTRONIC control gears
- Renovation of historic buildings
- Can be addressed via DALI
- DALI-controlled switch output for non-dimmable lamps, QT, OT, PT, HT control gears
- 3 independent relay contacts
- Load capacity of switching contact: 6 A ohmic load
- Supply voltage: 24 V DC
- Floating contacts
- Can be used with all DALI control units
- 24 V supply required (e. g. PS 30)

Nominal voltage	24.0 V
Mains frequency	0 Hz
System wattage	5.00 W
Length	96.0 mm
Width	54.0 mm
Height	62.0 mm
Product weight	155.00 g
Ambient temperature range	0...+45 °C
Dimmable	No
Dimming interface	DALI
Number of control outputs	3
Load contact	6 A
Type of installation	DIN rail mounting
Type of protection	IP20
Protection class	II

TRIDONIC DALI Interface RS232 PS/S

PC interface module for DALI systems.

Product description:

- Combines interface module and DALI power supply.
- Integrated power supply with 240 mA for DALI devices or DALI control modules without power supply.
- Interface module for connection of DALI systems with computer or programmable control systems.
- For installation in switching cabinets.

Technical data:

Rated supply voltage	110 – 240 V
Permitted input voltage	110 – 260 V
Mains frequency	50 / 60 Hz
Power	1 – 6 W
Standby power	1 W
Max. output current, DALI	240 mA
Output voltage	16 V ±5 %
Operating temperature	0 ... +50 °C
Storage temperature	-20 ... +60 °C
Max. casing temperature t_c	80 °C
Permitted relative humidity	10 – 90 %, not condensed
Mounting	DIN rail mounting, 35 mm
Casing material	PC, flame retardant, halogen-free
Type of protection	IP20

TRIDONIC DALI USB

PC interface module for DALI systems

Product description:

- Interface module from USB to a DALI system.
- For connecting Tridonic software tools.
- Addressing, programming and parametrising DALI installations and Tridonic devices.
- Power supply via DALI line and USB interface.

Technical data:

Supply via	DALI cable and USB interface
Current draw	6 mA from DALI
Input	1 USB (Personal Computer)
Output	DALI
Ambient temperature t_a	0 ... +50 °C
Type of protection	IP20

TRIDONIC DALI MSensor 02

Multi-sensor for DALI system

Product description:

- Component of the comfortDIM system (DALI standalone).
- With ambient light dependent control and motion detection.
- Simple group assignment via rotary switch.
- Multiple MSensors possible in a group.
- Can be remote controlled.
- Lighting control and motion detection can be deactivated.
- Individual adjustment of the parameters with configuration software.
- Multi-master compatible: Multiple control modules are possible in a DALI system.
- Power supply via DALI line.

Technical data:

Supply via	DALI cable
Current draw	6mA from DALI
Operating temperature	0 ... +50 °C
Storage temperature	-25 ... +55 °C
Type of protection	IP20

Φωτιστικό CREE LR200

200mm High Output Architectural LED Downlight

Product Description:

The LR200™ high output architectural LED downlight delivers up to 3000 lumens of exceptional 90+ CRI light while achieving over 74 lumens per watt. This breakthrough performance is achieved by combining the high efficacy and high-quality light of Cree TrueWhite® Technology. The LR200 is available in warm and cool color temperatures and features spec grade aesthetics with a polished lower reflector. It is designed to easily install in 190-210mm diameter ceiling openings, making the LR200 perfect for use as a CFL and metal halide downlight replacement in commercial new construction or retrofit applications.

Performance Summary:

Utilizes Cree TrueWhite® Technology

Active Color Management

Delivered Light Output: 2000, 3000* lumens

Input Power: 27, 40 watts

CRI: 90

CCT: 3000K, 4000K

Input Voltage: 220-240V

Warranty: 5 years

Lifetime: Designed to last 50,000 hours

Dimming: Dimmable to 5% with DALI and Analog 1-10V dimmers

Παράρτημα Β

Όργανα Μέτρησης

Αναλυτής Ισχύος FLUKE NORMA 4000

- Compact System 1- 3 Phases
- Sampling rate 1 MHz / 341 kHz
- 5.7“ Graphic Display colour
- Non gapping Average Values
- 4 MB Memory (expandable)

The Power Analyzer NORMA 4000 measures exactly current and voltage and calculates active, reactive and apparent power and other derived values. The accuracy of this instrument does not depend on the wave form, frequency and phase shift in a wide range. Harmonics are calculated up to half the sampling rate. The DSO – function visualises the values in wave form. Voltage and current can be measured directly due to integrated voltage dividers and shunts. It is also possible to connect external voltage dividers as well as shunts or probes. Options like additional interfaces, analogue inputs and outputs are available. The firmware of the analyser can be updated via the standard interface RS232.

The Power Analyser NORMA 4000 is designed to measure signals in a wide frequency range from DC to a few MHz. The input stages are DC coupled, suited with high quality pulse amplifier. A zero- and offset calibration against a stable voltage reference runs automatically in short time periods to stabilize the accuracy. All voltage and current channels are separated by a completely new technology of barriers for high channel isolation and common mode rejection. That makes the analyser NORMA 4000 also suitable for difficult applications.

Ambient conditions: Working temp. range: +5 ... 35 °C, Storage temp. range: - 20 ... + 50 °C. Housing: The Power Analyzer NORMA 4000 is extremely compact and equipped with a solid metal case. Weight: approx. 5 kg. Dimension: W = 237 mm H = 150 mm (3U) D = 315 mm. Display: 5.7“ 320 x 240 pixel. Background lighting and contrast decidable. Climatic class: KYG DIN 40040, max. 85 % rel. humidity, non condensing. Net con-

nection: 85 ... 264 V AC, 50 ... 60 Hz, DC 100 ... 260 V, ca. 40VA European plug with switch. Measuring inputs: Safety sockets 4 mm, 2 for each input. Ext. Shunt connection over BNC socket Operation: film keyboard with cursor, function keys and direct functions. Non gapping calculation of averaged values for each phase. In three phase system additionally calculation of total power and averaging of V and I of the three phases. The fundamental H01 will be calculated in synchronous mode also for these values. URMS effective value, Urm rectified mean, Um mean value Up-, Up+, Upp peak values. Ucf crest factor Ucf, Uff form factor Ufc fundamental content. Uthd distortion factor DIN, IEC. IRMS effective value, Irm rectified mean, Im mean value Ip-, Ip+, Ipp peak values. Icf crest factor Icf, Iff form factor. Ifc fundamental content Ithd distortion factor DIN, IEC. P active power [W]. Q reactive power [Var] S apparent power [VA]. λ , $\cos\phi$ phase angular.

Range: 0.2 Hz ... sample rate. Accuracy: ± 0.01 % of measured value (reading) Channels which can be selected: all U/I or external input. One of three low pass filter with different frequencies can be switched into the signal. The frequency is always visible on the top of the screen. The BNC synchronization socket on backside of the instrument can be used either as input or output. The input signals could be measured up to the sample rate of the power phase. The maximum level must not be higher than 50V. The output signal is a pulsed 5Volts TTL signal (frequency depends on the measured synch frequency).

Up to 15 user configurations can be saved into a permanent memory and reloaded later on. Changes that were not saved are lost after switching off the instrument.

RS232 Interface for upload of firmware and data exchange with the PC. A printer can be connected over an external converter. Options: IEEE 488.2/1 MBit/s. Ethernet 10 MBit/s or 100 Mbit/s.

Electrical safety: EN 61010-1/2nd Edition 1000 V CAT II (600V CAT III). Degree of pollution 2, safety class I. EN 61558 for transformer. EN 61010-2-031/032 for accessories. Max. inputs: for voltage inputs Measurement range 1000 Veff, 2 kVpeak for current inputs Measurement range 10 Aeff, 20 Apeak. Test voltages: Net input - case (protective conductor): 1.5 KV a.c. Net connection - Measurement input: 5.4 kV a.c. Measurement inputs - case: 3.3 kV a.c. Measurement input – Measurement input: 5.4 kV. Electromagnetic susceptibility: Emission: IEC 61326-1, EN 50081-1, EN 55011 Class B. Immunity: IEC 61326-1/Annex A (industrial sector), EN 50082-1.

The unit can be equipped with one to three power phases. One power phase consist of voltage and current measurement channel. The different specifications depend on the model of the power phase. For details look at the Power Phase Specifications

EXECH Light Meter HD450

Features:

- HD450 Datalogger model automatically stores up to 16,000 readings or manually store/recall up to 99 readings.
- Wide range to 40,000Fc or 400,000 Lux.
- Cosine and color corrected measurements.
- Utilizes precision silicon photo diode and spectral response filter.
- Peak mode (10mS) captures highest reading.
- Relative mode indicates change in light levels.
- Min/Max and Data Hold.
- Large backlit LCD display with 40-segment bar graph.
- Heavy Duty rugged double molded housing.
- Built-in USB port.
- Includes light sensor with 3ft (1m) cable and protective cover, Windows® compatible software with USB cable, hard carrying case, and 9V battery.

Specifications

Fc Range	40, 400, 4000, 40.00kFc
Lux Range	400, 4000, 40k, 400kLux
Accuracy	±5% rdg
Max Resolution	0.01Fc/0.1Lux
Datalogging (HD450)	16,000 continuous readings; 99 selected readings
PC interface	USB
Dimensions	6.7 x 3.1 x 1.6" (170 x 80 x 40mm)
Weight	13.7oz (390g)