



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ**

**Πτυχιακή/ Διπλωματική Εργασία**

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

**Συγγραφέας/είς**

**ΔΙΟΛΙΤΣΗΣ ΗΛΙΑΣ**

**ΑΜ: 44745**

**Επιβλέπων/ουσα:**

**ΓΕΟΧΑΡΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ**

**Αθήνα, Μήνας Έτος**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL**  
**DEPARTMENT**

**Diploma Thesis**

**STUDY OF INSTALLATION OF SMART BUILDINGS**

**Student name and surname:**

**DIOLITSIS ILIAS**

**Registration Number:**

**44745**

**Supervisor name and surname:**

**THEOCHARIS EYSTATHIOS**

**Athens, Month Year**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ**

### Τίτλος εργασίας

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ	ΕΔΙΠ Α'	
3	ΣΟΡΤ ΑΝΔΡΕΑΣ	ΕΔΙΠ Α'	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Διολίτσης Ηλίας του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 44745 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

\*Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή

Ο/Η Δηλών/ούσα



\* Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα

(Υπογραφή)

**Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα**

**\* Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):**

[https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82\\_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81\\_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85\\_final.pdf](https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> :	7
ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ:	7
1.1. Τι είναι το «έξυπνο σπίτι»	7
1.2. Ορισμός του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (BMS)	8
1.3. Το έξυπνο σπίτι και ως «πράσινο» σπίτι	10
1.4. Πρότυπο KNX και ιστορική αναδρομή	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> :	15
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ KNX	15
2.1. Τι είναι το KNX;	15
2.2. Το KNX ως ένα ανοικτό σύστημα	17
2.3. «Έξυπνα» κτίρια	18
2.4 Αντιμετώπιση παγκόσμιων προβλημάτων με τη χρήση του KNX	19
2.5. Ευελιξία στην αγορά προϊόντων	20
2.6. Εισαγωγή στην τεχνική Αρχιτεκτονική KNX	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> :	24
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BUS	24
3.1. Τι είναι διάυλος	24
3.2. Κοινό πρωτόκολλο πυρήνα και μηνυμάτων στο KNX	24
3.3. Τεχνική EIB/KNX	25
3.4. Μέσα μετάδοσης	27
3.4.1. Διαθέσιμα είδη μέσων μετάδοσης στο KNX	27
3.4.1.1. KNX Twisted Pair (TP) ή Συνεστραμμένα ζεύγη KNX	28
3.4.1.2. KNX Powerline (PL) ή Γραμμή Ισχύος KNX	36
3.4.1.3. KNX Radio Frequency (RF) ή Ραδιοσυχνότητες KNX	37
3.5. KNX IP	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> :	42
ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ KNX	42
4.1. Λογική τοπολογία	42
4.1.1. Τοπολογίες ενσύρματων δικτύων	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> :	65
ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> :	70
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ KNX	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: .....	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ: .....	78

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Από τα αρχαία χρόνια μπορούμε να δούμε, ότι ο άνθρωπος είχε ανάγκη για τη δημιουργία τεχνολογιών και αντικειμένων, που θα τον βοηθούσαν στις καθημερινές του εργασίες. Πολλές τέτοιες παραπομπές θα βρούμε στα Ομηρικά έπη και στην αρχαιοελληνική μυθολογία, όπου περιγράφονται μηχανές, είτε φτιαγμένες από θεούς, είτε φανταστικά δημιουργήματα των συγγραφέων που προσπαθούν να μεταφέρουν από το γραπτό λόγο κάτι το εντυπωσιακό, κάτι το άπιαστο. Ένα σύντομο παράδειγμα είναι στη Ραψωδία Σ' της Ιλιάδας, όπου ο Όμηρος περιγράφει τη Θέτιδα, μητέρα του Αχιλλέα, να βρίσκει τον Ήφαιστο στο εργαστήρι του εν ώρα εργασίας με τρίποδες που κινούνταν αυτόματα στο χώρο και φουσερά που ρύθμιζαν μόνα τους τη φωτιά ανάλογα με την επιθυμία του φημισμένου αυτού οπλουργού.

Φτάνοντας, λοιπόν, στη σημερινή εποχή, με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και έχοντας καλύψει τις ανάγκες των καθημερινών μας εργασιών, βλέπουμε ότι αρχίζουμε να δίνουμε «νοημοσύνη» στα ίδια τα κτίρια μας. Για την ύπαρξη ενός έξυπνου κτιρίου (“smart home”) , θα πρέπει να καταφέρουμε να κάνουμε όλα τα ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά μέρη του, να επικοινωνούν μεταξύ τους.

Στην παρούσα εργασία λοιπόν θα μιλήσουμε για την εξέλιξη της τεχνολογίας στις κτιριακές εγκαταστάσεις και τα οφέλη της χρήσης της. Στη συνέχεια, θα σταθούμε στο πρωτόκολλο KNX το οποίο έχει επικρατήσει στον τομέα αυτό. Θα εμβαθύνουμε τόσο στην ιστορία του, όσο και στις τεχνολογίες τις οποίες το ίδιο χρησιμοποιεί και θα καταλάβουμε τι είναι αυτό που το έχει ξεχωρίσει από κάθε άλλο πρωτόκολλο. Κλείνοντας, θα ασχοληθούμε με ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο μιας εγκατάστασης KNX συστήματος, μαθαίνοντας να το διαβάζουμε αλλά και αναλύοντας τα υλικά που επιλέχθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>:

### ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ

#### 1.1.Τι είναι το «έξυπνο σπίτι»

Από την αρχή σχεδόν της ύπαρξης μας, ο άνθρωπος είχε την ανάγκη από ένα χώρο να τον προφυλάσσει από τους κινδύνους πάσης φύσεως και των καιρικών φαινομένων. Με την πάροδο των χρόνων όμως οι απαιτήσεις του δεν μένουν στην ασφάλεια αλλά και στην άνεση του. Με λίγα λόγια, θέλει την πολυτέλεια του. Η συντριπτική πλειοψηφία των νοικοκυριών της σύγχρονης εποχής, διαθέτουν συσκευές που καλύπτουν ολοένα και ευκολότερα αλλά και γρηγορότερα τις ανάγκες μιας οικογένειας. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής τρέχει με γοργούς ρυθμούς και η τεχνολογία είναι αναγκασμένη πλέον να ακολουθεί με ακόμα γρηγορότερα βήματα. Η τεχνολογική λοιπόν αυτή εξέλιξη ωθεί τον άνθρωπο στο να εντάσσει τον αυτοματισμό στο σπίτι του και να μπορεί να επιτύχει ακόμα και τον απομακρυσμένο έλεγχο αυτού. Για παράδειγμα να χειριστεί τη θέρμανση του σπιτιού του όταν γυρίζει σε αυτό, ώστε να το βρεί ζεστό και να του προσφέρει μια ευχάριστη αίσθηση καλωσορίσματος σε αυτό. Με βάση όλα τα προαναφερθέντα λοιπόν, οδηγούμαστε στη δημιουργία του «έξυπνου σπιτιού».

Ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να αποτελείται από μία ή και περισσότερες ομάδες έξυπνων συσκευών που συνδέονται μεταξύ τους όπως ακριβώς ένα δίκτυο υπολογιστών. Δηλαδή είτε ενσύρματα, είτε ασύρματα μέσω μιας κεντρικής μονάδας που επεξεργάζεται τα δεδομένα. Πολύ σημαντικό ρόλο στον απομακρυσμένο έλεγχο του χρήστη με το σπίτι, είναι το ίδιο του το κινητό, μιας και αποτελεί πλέον ένα αναπόσπαστο και σημαντικό εργαλείο της καθημερινότητας του, αλλά και ο υπολογιστής φυσικά. Μέσω αυτών των μέσων δηλαδή, στέλνεται από το χρήστη με ποικίλους τρόπους, μια εντολή ώστε να πραγματοποιηθεί μια ενέργεια. Ο ίδιος βέβαια ακριβώς τρόπος δίνει τη δυνατότητα στο σπίτι να ειδοποιήσει τον άνθρωπο για κάποια «ανωμαλία» π.χ. πυρκαγιά, κλέφτες, αλλά ακόμα και βλάβη του συστήματος. (Attica Executive Energy, x.x.; Θερμοπλαστική, χ.χ).



**Εικόνα 1.1: Έξυπνο οικογενειακό σπίτι**

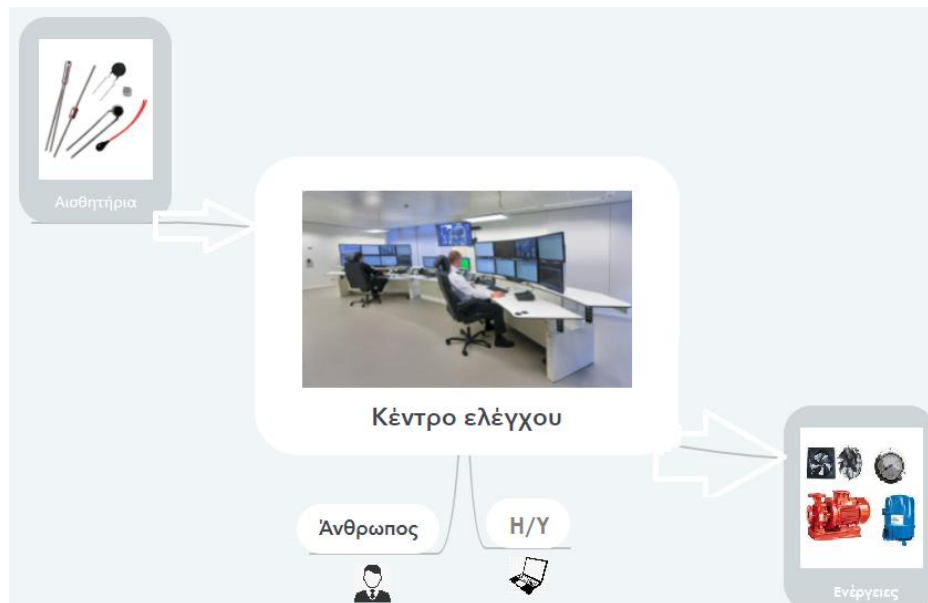
## **1.2.Ορισμός του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (BMS)**

Συχνά ακούμε τον όρο «ευφύες κτίριο», «έξυπνο κτίριο» ή (αν είναι κατοικία) «έξυπνο σπίτι». Χρησιμοποιώντας αυτόν τον όρο αναφερόμαστε ένα κτίριο που ελέγχεται από ένα ενιαίο σύστημα ελέγχου, το BMS ή αλλιώς BAS. Η συντομογραφία BMS προέρχεται από τις λέξεις Building Management System (η οποία στα ελληνικά αποδίδεται ως Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου) ενώ η BAS σημαίνει Building Automation Systems (δηλαδή Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων), και η εκσυγχρονισμένη ονομασία του συστήματος είναι BEMS (Building Energy Management System) ή Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου. (Μαγκανιάρη Μ. Α. (χ.χ))

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (BMS) είναι γνωστό και αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου που μπορεί να εγκατασταθεί σε κτίρια και με τη χρήση μικροελεγκτών οποιασδήποτε μορφής ελέγχει και παρακολουθεί τον μηχανολογικό αλλά και ηλεκτρικό εξοπλισμό ενός κτιρίου όπως είναι για παράδειγμα τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ασφαλείας κ.α. Οι στόχοι που επιδιώκει το σύστημα BMS είναι:

- Η βελτίωση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων και των συνθηκών διαβίωσης
- Η μείωση των συνεπειών προς το περιβάλλον, της άσκοπης χρήσης ενέργειας και του κόστους λειτουργίας του κτιρίου.





**Εικόνα 1.2 Ροή λειτουργίας συστήματος BMS**

Το έξυπνο σπίτι, κτίριο με σύστημα BMS δηλαδή, αποτελεί την πιο σύγχρονη και εξελιγμένη τεχνολογικά λύση στον κόσμο των μηχανολογικών και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Καλύπτει τις ανάγκες οποιασδήποτε εγκατάστασης, είτε επαγγελματικής είτε ιδιωτικής και ανεξαρτήτου μεγέθους. Είναι αυτό το οποίο ενώνει τον έλεγχο τόσο σε απλές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις όσο και σε πιο σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών και πληροφορικής προσδίδοντάς τους ευκολία, άνεση, οικονομία, ασφάλεια και προστασία. Αποτελεί δηλαδή ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου που είναι ο συνδεδεμένος κρίκος για όλα τα υπόλοιπα υποσυστήματα του χώρου όπως θέρμανση, εξαερισμό, τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος, φωτισμό, ηλεκτρικές συσκευές, συστήματα παρακολούθησης και προστασίας, κ.α. (Μαγκανιάρη Μ. Α. (χ.χ))

Το σύστημα ελέγχου του σπιτιού το οποίο είναι συνδεδεμένο με τους κατάλληλους αισθητήρες, είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες και ανάλογα να διαχειρίζεται τις λειτουργίες του χώρου. Η τεχνική αυτή επιτρέπει τόσο τον τοπικό όσο και τον απομακρυσμένο έλεγχο των λειτουργιών ενός χώρου ο οποίος μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω επίτοιχων διακοπών ή χειριστηρίων, είτε δια μέσω της τηλεφωνικής γραμμής και μηνυμάτων κινητής τηλεφωνίας, ηλεκτρονικού υπολογιστή, Internet, κ.λ.π. Ταυτόχρονα όλοι οι «πατροπαράδοτοι» τρόποι χειρισμού, π.χ. έλεγχος φωτισμού με απλό επιτοίχιο διακόπτη, συνεχίζουν να λειτουργούν παράλληλα.

Έχουμε τη δυνατότητα να ομαδοποιήσουμε τις εντολές μας (πολυεντολές) ώστε να επιτύχουμε τη «ρύθμιση» του εκάστοτε χώρου στην κατάσταση την οποία επιθυμούμε (κατάσταση ύπνου, κατάσταση προστασίας καιρικών φαινομένων, κατάσταση καλοσωρίσματος κ.α.) κάνοντας

έτσι την λειτουργία της εγκατάστασης πιο απλή, εύκολη αλλά και πρακτική ταυτόχρονα. Η εγκατάσταση του έξυπνου σπιτιού γίνεται πού απλά και εύκολα σαν μια επέκταση είναι η επέκταση της υπάρχουσας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης με έναν καινοτόμο τρόπο πρόσθετης καλωδίωσης που είναι υπεύθυνη για την τροφοδοσία των έξυπνων συσκευών αλλά και για τη μεταφορά των πληροφοριών και δεδομένων.

Το έξυπνο σπίτι φέρνει μια επαναστατική αλλαγή στην ποιότητα ζωής του σύγχρονου ανθρώπου, από το χώρο του σπιτιού του, μέχρι το χώρο εργασίας αλλά και διασκέδασής του. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ένα σύστημα που μας εισάγει σε μια νέα εποχή αντιλήψεων όσο αφορά τον κατασκευαστικό τομέα, αλλά και έναν νέο τρόπο ζωής γεμάτο άνεση, ευκολία, οικονομία και πολλά ακόμη οφέλη για τον άνθρωπο.

### **1.3. Το έξυπνο σπίτι και ως «πράσινο» σπίτι**

Πέρα από την άνεση που μας προσφέρει ένα έξυπνο σπίτι, ένας ακόμη σημαντικός λόγος για να το υιοθετήσουμε είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά φυσικά όχι μόνο το χρηματικό κέρδος, αλλά και τις καταστροφικές συνέπειες που έχουν οι ενέργειες μας στο περιβάλλον. Τόσο η κλιματική αλλαγή όσο και η καταστροφή του περιβάλλοντος, είναι πλέον από τα σημαντικότερα προβλήματα και απειλές του σύγχρονου πολιτισμού και οφείλονται σε ένα μεγάλο ποσοστό στην αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από τον άνθρωπο.



**Εικόνα 1.3 «Πράσινο» σπίτι**

Όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων στη χώρα μας η κτιριακή ενεργειακή κατανάλωση έχει αυξηθεί κατά 30%. Η αύξηση αυτή είναι αποτέλεσμα βασικών αναγκών όπως θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, κλπ. Μεγάλο μέρος επίσης του προβλήματος αυτού αποτελούν τα κτίρια που ανοικοδομήθηκαν πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης τη δεκαετία του 80'. Με βάση τις έρευνες της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας, η κατανάλωση των κτιρίων της Ελλάδας είναι περίπου 17000kWh συνολικά το χρόνο, όπου συγκριτικά με άλλες χώρες της είναι 30% με 50% περισσότερη. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας εστιάζεται κυρίως για τη θέρμανση (60%), που έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα περίπου 13 τόνων το χρόνο. Η τιμή αυτή είναι επίσης υψηλότερη από μεγάλο αριθμό μεσογειακών χωρών αλλά και του βορρά σύμφωνα με έρευνες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Μία απλή κτιριακή εγκατάσταση γραφείων που είναι κλιματιζόμενα, έχει μια μέση περίπου 138kWh/m<sup>2</sup> ετησίως, από τις οποίες οι 85kWh/m<sup>2</sup> ωφείλονται στη θέρμανση και οι 35kWh/m<sup>2</sup> είναι για τον κλιματισμό. Για να γίνει η σύγκριση, φτάνει να αναφέρουμε πως η ενεργειακή κατανάλωση σε γραφεία που δεν χρησιμοποιούν κλιματισμό, μπορεί να φτάσει τα 75kWh/m<sup>2</sup> από τα οποία τα 57kWh/m<sup>2</sup> πάνε στη θέρμανση και τα υπόλοιπα 18kWh/m<sup>2</sup> πάνε στον κλιματισμό.

Τέλος, όσον αφορά τον κτιριακό τομέα και τις όλο και πιο αυξημένες ανάγκες ενεργειακής κατανάλωσης, έχει παρατηρηθεί από τους αντίστοιχους ρύπους ότι το 1980 το 20% αυτών προέρχονταν από τον κτιριακό τομέα ενώ το 2010 έφτασε στο 32% κάνοντας εμφανή την ανάγκη για καλύτερη διαχείριση της κτιριακής ενέργειας (Κουτρούλης Χ. (χ.χ.)).



## **Εικόνα 1.4 Παράδειγμα από πράσινο σπίτι**

Στο εξής, δημιουργήθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), τον οποίο η χώρα μας είναι υποχρεωμένη να ακολουθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν να κάνουν με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Μια σημαντική προσθήκη που έγινε στους παράγοντες ασφάλειας και αισθητικής είναι η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση με βάση την οποία εξασφαλίζονται καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Ο αποτελεσματικός τρόπος διαχείριση της ενέργειας καταλήγει στην προστασία του περιβάλλοντος με το να εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους (χρήση κυρίως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) και με το να συμβάλλει στην οικονομία τόσο των χρηστών όσο και ολόκληρης της χώρας. Το έξυπνο σπίτι και το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (BMS) είναι τα συστήματα που με την καινοτομία τους και την εξελιγμένη τεχνολογία τους βάζουν γερά θεμέλια για την επίτευξη σχεδίων πολύ πιο αποτελεσματικών σχετικά με την μείωση κατανάλωσης ενέργειας, λειτουργικών εξόδων και κόστους συντήρησης και γενικά βελτίωση της βιωσιμότητας. (Κουτρούλης Χ. (χ.χ.))

### **1.4. Πρότυπο KNX και ιστορική αναδρομή**

Η τεχνολογική εξέλιξη της πληροφορίας και της επικοινωνίας, αναπτύσσεται καθημερινά με ταχύτατους ρυθμούς. Οι απαιτήσεις των χρηστών έχουν αυξηθεί πάρα πολύ και πλέον δίνεται περισσότερη έμφαση στην βελτιστοποίηση της άνεσης τους που προκύπτει από την ηλεκτρολογική τους εγκατάσταση. Αυτό έχει σαν λογικό αποτέλεσμα να κάνει την κατασκευή ολοένα και πιο σύνθετη αλλά και δαπανηρή. Με αυτό τον τρόπο βέβαια αυξάνεται και ο κίνδυνος πυρκαγιών και σφαλμάτων των λειτουργιών και φυσικά εκτινάσσοντας το κόστος για να υλοποιηθεί μια τέτοια εγκατάσταση. Τα προβλήματα αυτά έχει έρθει τα τελευταία χρόνια να τα επιλύσει μια νέα τεχνολογία που η βάση της είναι ο προγραμματισμός μέσω Η/Υ και παράλληλα μειώνει σημαντικά τον αριθμό των συνδέσεων. Επίσης επιτρέπει με μεγάλη ευκολία να τροποποιήσει ο χρήστης τις συνδέσεις του ανάλογα τις νέες απαιτήσεις του.



**Εικόνα 1.5 Λογότυπο EIBA**

Η αρχή της τεχνολογίας αυτής ξεκινάει τη δεκαετία του '80, με τη δημιουργία της EIBA – European Installation Bus Association. Κάθε προϊόν που φέρει την πιστοποίηση της τεχνικής EIBA, ελέγχεται με συγκεκριμένα πρότυπα ,και με τη δυνατότητα επικοινωνίας τους μεταξύ τους, στο ίδιο σχέδιο συστήματος, που βασίζεται σε ενιαίο λογισμικό. Βασικός στόχος της EIBA είναι η άρρηκτη σύνδεση του λογότυπου σαν εγγύηση υψηλής ποιότητας στην παγκόσμια αγορά τόσο για τα προϊόντα τους όσο και για ολόκληρες εγκαταστάσεις κτιρίων. Ένας ακόμη στόχος είναι να καθιερωθεί ένας ενιαίος τρόπος εκπαίδευσης και ένα software για την τεχνολογία EIB του οποίου τα εμπορικά δικαιώματα θα κατέχει και θα εκμεταλλεύεται η ίδια.

Η ίδρυση της Konnex Association ήρθε το 1999. Η έδρα της είναι στις Βρυξέλλες και η αρχή της ήρθε από την συνεργασία τριών αυτόνομων ευρωπαϊκών ενώσεων:

- HSA (European Home Systems Association), Ολλανδία
- BCI (BatiBUS Club International), Γαλλία
- EIBA (European Installation Bus Association), Βέλγιο.

Αυτή η ένωση λοιπόν εστιάζει και πρωταρχικός της στόχος είναι να προωθήσει ένα πρότυπο το οποίο εμπεριέχει τρεις πολύ βασικές τεχνολογίες:

- Την EIB (European Installation Bus) η οποία αναπτύχθηκε κυρίως για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- Την EHS (European Home System) που εστιάζει κυρίως στην δημιουργία έξυπνων οικιακών συσκευών
- Την BatiBUS η οποία έχει να κάνει κυρίως για τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.



**Εικόνα 1.6 Λογότυπο δημιουργίας KNX**

Οι εταιρίες αυτές κατασκευάζουν προϊόντα τα οποία έχουν σαν κοινό παρανομαστή τη συνεργασία τους με το bus EIB/KNX. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, διαφορετικές συσκευές μεταξύ τους να είναι σε θέση να επικοινωνήσουν και να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους όταν βρίσκονται στην ίδια εγκατάσταση KNX. Η τεχνολογία bus αποτελεί μια νέα τεχνική που παρέχει στις εγκαταστάσεις έξυπνων κτιρίων λογική και ευελιξία. Η Konnex έχει σαν βασικό στόχο να δημιουργήσει ένα νέο ανοιχτό πρότυπο KNX ώστε να εφαρμόζεται σε κατοικίες και σε επαγγελματικές εγκαταστάσεις και το λογότυπο να φέρει εγγύηση για την ποιότητα και τη συμβατότητα προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών αλλά και η καθιέρωση του σαν παγκόσμιο πρότυπο. (Σαρής Γ. , 2001; Τουλόγλου, Σ. 2006)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°:**

### **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ KNX**

#### **2.1. Τι είναι το KNX;**

Ένα ευφυές σύστημα διαύλου που εγκαθίσταται σε ένα κτίριο, το κάνει πιο αποδοτικό, πιο ασφαλές και ευέλικτο. Σαφώς η χρήση του εστιάζει στην άνεση, αλλά ταυτόχρονα επιτυγχάνει και μεγάλη οικονομία. Το πρότυπο αυτό πλέον κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς καθώς είναι και το μοναδικό το οποίο συμμορφώνεται με τους κανονισμούς της Ε.Ε. (EN50090) και τα Παγκόσμια Πρότυπα (ISO/IEC 14543) για τον οικιακό και κτιριακό αυτοματισμό. (NATIONAL KNX GREECE, χ.χ.)

Με την εξέλιξη και την πάροδο του χρόνου οι άνθρωποι αλλάζουν τρόπο ζωής. Στη σημερινή εποχή η ζήτηση για συστήματα ελέγχου και διαχείρισης των κτιριακών εγκαταστάσεων ολοένα και αυξάνεται. Όλες αυτές οι ανάγκες για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών διαβίωσης αλλά και εργασίας, για εξοικονόμηση ενέργειας, για να γίνουν οι εγκαταστάσεις πιο ασφαλείς αλλά και να είμαστε σε θέση να διαχειριστούμε εξ'ολοκλήρου μια εγκατάσταση, ανεβάζουν σε σημαντικό βαθμό τον πήχη των απαιτήσεων. Η ανάγκη για μεγαλύτερη άνεση και ευελιξία στα συστήματα ελέγχου του φωτισμού, του κλιματισμού και πολλών ακόμα λειτουργιών, συνεχώς αυξάνεται ενώ, συγχρόνως, η βέλτιστη ενεργειακή χρήση γίνεται ολοένα και σημαντικότερη. Αν κοιτάξουμε πώς έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία στα κτίρια τα τελευταία χρόνια, θα παρατηρήσουμε τεράστιες διαφορές. Έτσι καταλήγουμε στη χρήση του ευφυούς ελέγχου, ο οποίος μπορεί να συνδυάσει άνεση και ασφάλεια με μικρή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό όμως εάν προσπαθήσουμε να το επιτύχουμε μέσα από μια κλασσική ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί η καλωδίωση ώστε να επικοινωνούν οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές για παράδειγμα με το κέντρο ελέγχου τους. Η αύξηση αυτή της καλωδίωσης, σημαίνει επίσης και πολυπλοκότητα των σχεδίων και αύξηση του κινδύνου ατυχημάτων όπως πρόκληση πυρκαγιάς.

Το πρότυπο KNX, λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν άνωθεν, αναλαμβάνει να καλύψει το μεγάλο κενό της αγοράς στον κτιριακό αυτοματισμό. Το KNX υποστηρίζεται σε πάνω από 400 κατασκευαστές δίνοντας στα προϊόντα τους τη δυνατότητα μιας αρμονικής επικοινωνίας μεταξύ τους. Έτσι ο καταναλωτής έχει μια πληθώρα επιλογών.



**Εικόνα 2.1 «Έξυπνο σπίτι» με τη χρήση του συστήματος KNX.**

Το KNX μπορεί να εφαρμοστεί σε μια μεγάλη γκάμα εγκαταστάσεων και να ελέγχει οτιδήποτε επιθυμεί ο χρήστης που έχει να κάνει με την καθημερινότητα του (φωτισμός, θέρμανση, ρολά, εξαερισμό, συστήματα ασφαλείας κ.τ.λ). Ένα παράδειγμα που μας κάνει να καταλάβουμε πώς με μια πολύ απλή λειτουργία φέρνουμε στο χρήστη άνεση και αίσθηση πολυτέλειας, είναι να μπορεί να ελέγξει τα ρολά, τις τέντες και το φωτισμό του, με αισθητήρες που έχει εγκαταστήσει στα παράθυρα του σπιτιού και στο φωτισμό τα οποία έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους και να εκτελέσουν ενέργειες για την καλύτερη θερμοκρασία και φωτισμό του χώρου εξοικονομώντας παράλληλα πολλή ενέργεια και χρήματα. Τα δεδομένα συλλέγονται και έτσι οι χρήστες έχει τη δυνατότητα να τα μελετήσουν και να προβούν σε κατάλληλες ενέργειες για να βελτιστοποιήσουν μελλοντικά αντίστοιχα συστήματα.

Ενδεικτικά κάποιες δυνατότητες ελέγχου του συστήματος KNX:

- Έλεγχος και αυτόματη ρύθμιση θερμοκρασίας του χώρου με τον έλεγχο του κλιματισμού.
- Έλεγχος του φωτισμού σε συνδυασμό με σύστημα ασφαλείας όπως περίπτωση πυρκαγιάς για ένδειξη διαδρομής προς την έξοδο κινδύνου.
- Έλεγχο των ρολών ανάλογα με την ηλιοφάνεια και τις καιρικές συνθήκες.
- Καταγραφή των καταναλώσεων και της διαχείρισης ενέργειας.
- Έλεγχο αυτόματου ποτίσματος ανάλογα των καιρικών συνθηκών
- Δυνατότητα του χρήστη να ελέγχει απομακρυσμένα το σπίτι του με τη χρήση διαδικτύου ακόμα και από το κινητό του. (Crushtymks, 2011).



Στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζονται οι δυνατότητες αυτές, αναφορικά με τον οικιακό αυτοματισμό.

<b>Το KNX είναι η βάση για όλες τις εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού</b>			
Θέρμανση	Αυτόματος και βελτιωμένος έλεγχος θέρμανσης σύμφωνα με τη χρήση του χώρου ή τις ανάγκες των κατοίκων του.	Απεικόνιση	Παρουσίαση και χειρισμός όλων των συστημάτων στο σπίτι από μία οθόνη τοίχου. Εύκολη οπτικοποίηση και ενσωμάτωση των συστημάτων ήχου και των καμερών εποπτείας.
Εξαερισμός	Τα παράθυρα θα παραμείνουν ανοιχτά σύμφωνα με τις απαιτήσεις. Το σύστημα εξαερισμού αντιδράει στην παρουσία ανθρώπων στο χώρο.	Ασφάλεια	Αναφορά από ανοιχτά και σπασμένα παράθυρα και πόρτες, διάρρηξη ή ανίχνευση καπνού κλπ. Εάν είναι επιθυμητό επίσης, εποπτεία της κάμερας της εισόδου μέσω τηλεφώνου ή μέσω internet.
Σκίαση	Έλεγχος των σκιάστρων και των ρολών εξαρτώμενα από τον αέρα, τη φωτεινότητα και τη βροχή ή σύμφωνα με κάποιο πρόγραμμα.	Επείγοντα	Αποτροπή πιθανών διαρρήξεων, ανάβοντας όλο το φωτισμό του σπιτιού (λειτουργία πανικού).
Φωτισμός	Ο κεντρικός φωτισμός είναι ελεγχόμενος από το σπίτι και την αυλή. Επιλογή για διαφορετικά σενάρια φωτισμού ή για ατομική ρύθμιση με ροοστάτη.	Ταξιδεύοντας	Προσομοίωση παρουσίας στο σπίτι, ελέγχοντας το φωτισμό και τη σκίαση.
Ήχος	Απομακρυσμένος έλεγχος από οπουδήποτε στο σπίτι, επιθυμητή μουσική σε κάθε δωμάτιο ανεξάρτητα.	Καθημερινή ζωή	Καθημερινός έλεγχος του φωτισμού, της θέρμανσης, του αερισμού, της σκίασης κλπ.

**Εικόνα 2.2** Δυνατότητες του συστήματος KNX στον οικιακό αυτοματισμό. («ΕΞΥΠΝΑ ΚΤΙΡΙΑ 2016», χ.χ.)

## 2.2. Το KNX ως ένα ανοικτό σύστημα

Η επιλογή των προϊόντων για να συνθέσουν ένα σύστημα KNX, μπορεί να γίνει μέσα από μια τεράστια γκάμα, καθώς όλοι οι κατασκευαστές προσφέρουν τεράστια ποικιλία από πιστοποιημένα αλλά και συμβατά μεταξύ τους προϊόντα.

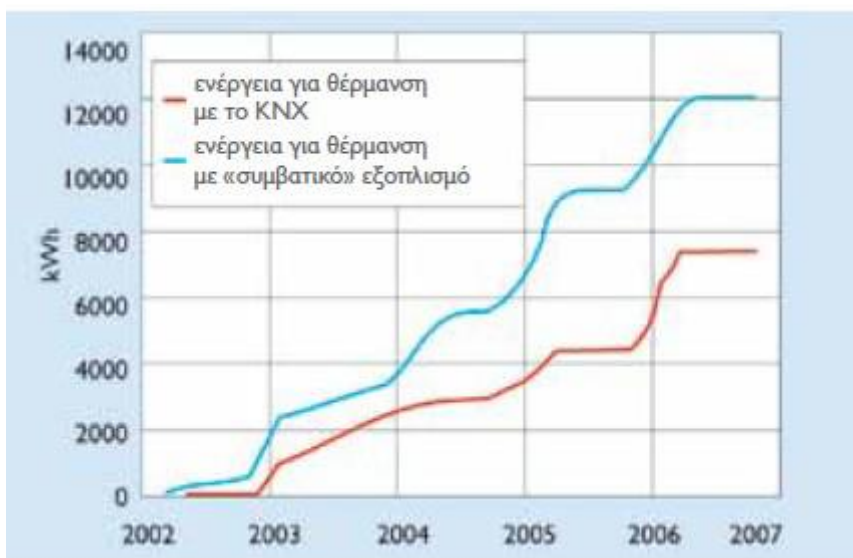
Το KNX μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε συστήματα ελέγχου καθημερινών λειτουργιών, όπως π.χ. φωτισμό, θέρμανση, αερισμό κ.α., όσο και σε συστήματα ασφαλείας και τεχνολογίες πολυμέσων. Αυτό το καθιστά ένα αποδοτικό σύστημα που μπορεί να καλύψει οποιαδήποτε ατομική ανάγκη του χρήστη. Επίσης χάρη στη δυνατότητα του να επικοινωνεί μέσω δικτύου, μπορεί πλέον ένας μέσος χρήστης να εκτελέσει λειτουργίες που πιο πριν ίσως χρειαζόντουσαν εξειδικευμένες γνώσεις. Οι γραμμές bus, οι οποίες αποτελούν μεγάλη επανάσταση στον τομέα της καλωδίωσης και επικοινωνίας

συστημάτων, επιτρέπουν στους αισθητήρες (π.χ. θερμοστάτες) να δίνουν τις κατάλληλες εντολές στους ενεργοποιητές για το τι θα ελέγξουν, για παράδειγμα, θέρμανση ή κλιματισμό στην εγκατάσταση. Οι λειτουργίες του συστήματος φυσικά μπορούν να ελεγχθούν και με απλά μπουτόν ή οθόνες ελέγχου. Μία ακόμα πολύ βασική δυνατότητα ελέγχου που μας δίνεται με το KNX, είναι μέσω διαδικτύου απομακρυσμένα ανά πάσα ώρα και στιγμή (Securnet , 2017).

### 2.3. «Εξυπνα» κτίρια

Με τη χρήση ενός συστήματος KNX ο όρος «εξυπνο» κτίριο παίρνει κυριολεκτική έννοια και δίνει λύσεις στις σύγχρονες απαιτήσεις αλλά ταυτόχρονα με τη δυνατότητα να εξοικονομεί ενέργεια.

Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι με τη χρήση του KNX μπορούμε να εξοικονομήσουμε μέχρι και 40% από την κατανάλωση της ενέργειας μας από τον έλεγχο της σκίασης, 50% από τον έλεγχο της θερμοκρασίας, 60% από τον έλεγχο του φωτισμού και το αξιοσημείωτο 60% από τον έλεγχο του αερισμού. Στο παρακάτω σχήμα 2.3 βλέπουμε ένα γράφημα που συγκρίνει την κατανάλωση μόνο από τη θέρμανση δύο δωματίων όμοιας αρχιτεκτονικής και χώρου που υλοποιήθηκαν από το πανεπιστήμιο της Βρέμης. Η μία ήταν εξοπλισμένη με συμβατικό εξοπλισμό και η άλλη είχε έλεγχο από σύστημα KNX.



**Εικόνα 2.3 Σύγκριση συμβατικής και KNX λειτουργίας συστήματος θέρμανσης από το Πανεπιστήμιο της Βρέμης. (KNX Association 2015)**

Στο χώρο με συμβατικό εξοπλισμό υπήρχαν απλοί θερμοστάτες. Στο χώρο που ελεγχόταν από σύστημα KNX υπήρχαν επαφές ελέγχου παραθύρων, στα θερμαντικά σώματα είχαν τοποθετηθεί βαλβίδες, σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας και ένας μετρητής ενέργειας. Όπως μπορούμε να

δύο και στο γράφημα, επιτεύχθηκε ένα ποσοστό εξοικονόμησης με το KNX, της τάξεως του 40% (KNX Association 2015).

## 2.4 Αντιμετώπιση παγκόσμιων προβλημάτων με τη χρήση του KNX

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα 2/3 της ενεργειακής κατανάλωσης παγκοσμίως, προέρχεται από τα αστικά κέντρα, όπως επίσης και το 60% της ύδρευσης και το συντριπτικό 70% των αερίων ρύπων. Όλα αυτά τα προβλήματα των καταναλώσεων αλλά και άλλα όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη και η ανεπάρκεια των φυσικών πόρων μπορούν να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό με τη χρήση συστημάτων KNX. (Ηλεκτρολόγος, 2014).

Για να αντιμετωπιστούν όλα τα παραπάνω προβλήματα, θα πρέπει να βρεθούν λύσεις οι οποίες επιτρέπουν την αλληλεπίδραση και επικοινωνία όλων των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός αστικού κέντρου. Δηλαδή τα μέσα μεταφοράς, οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας, οι εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, των κτιρίων και των υποδομών και επικοινωνιών. Σε όλους αυτούς τους τομείς το KNX είναι σε θέση να προσφέρει τα εξής:



Εικόνα 2.4 Έξυπνη πόλη. («knx-professionals», χ.χ.)

**Κτίριο:** Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, ένα σύστημα KNX είναι σε θέση να ελέγξει τα συστήματα αερισμού, φωτισμού, κλιματισμού κ.τ.λ. Ταυτόχρονα όμως όλες οι πληροφορίες του καταγράφονται με αποτέλεσμα συνεχώς να βελτιστοποιείται η χρήση της ενέργειας και να γίνεται η καλύτερη δυνατή εξοικονόμηση.

**Μέσα μεταφοράς:** Με την ολοένα αυξανόμενη χρήση ηλεκτροκίνησης, τα συστήματα KNX μελλοντικά θα μπορούν να προβλέψουν το πλεόνασμα της παραγωγής ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να το χρησιμοποιήσει για να φορτίσει τα ηλεκτρικά οχήματα.

**Υποδομές:** Το σύστημα KNX μέσω της διασύνδεσης με IP/Internet πρωτόκολλα μπορεί να επεκτείνει τον έλεγχο σε μεγάλα σύνολα κτιρίων και αυτά να «φέρονται» σαν να είναι ένα κτίριο.

**Σταθμοί παραγωγής ενέργειας και Α.Π.Ε.:** Με την περιβαλλοντική κρίση βλέπουμε καθημερινά την κατασκευή και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ένα σύστημα KNX μελλοντικά θα είναι σε θέση να διαμοιράσει αποδοτικά την ενέργεια που παράγεται από ανεμογεννήτριες και λοιπά συστήματα ανάλογα με τη ζήτηση της εκάστοτε περιοχής αλλά σε συνάρτηση με την προσφορά ενέργειας που θα υπάρχει

Με βάση τα προαναφερθέντα, το KNX είναι ήδη σε θέση να υποστηρίξει το μελλοντικό μοντέλο πόλης με καινοτόμες λύσεις, οικονομικά και ενεργειακά βιώσιμη με πολλές δυνατότητες. («knx-professionals», χ.χ.).

## **2.5. Ευελιξία στην αγορά προϊόντων**

Η συνεργασία και επικοινωνία προϊόντων από διαφορετικούς κατασκευαστές προσφέρει μια τεράστια γκάμα στους σχεδιαστές κτιριακών αυτοματισμών και με πλεονεκτήματα ως προς τη διαθεσιμότητα ή το κόστος ενός προϊόντος.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της πληθώρας κατασκευαστών προϊόντων KNX είναι ότι όσα χρόνια και αν περάσουν, στην περίπτωση που προκύψει κάποια βλάβη και πρέπει να αντικατασταθεί ένα προϊόν και ο κατασκευαστής έχει σταματήσει είτε την υποστήριξη αυτού, είτε έχει κλείσει, πάντα θα υπάρχει κάποιος άλλος κατασκευαστής να καλύψει την ανάγκη αυτή. (Bendsen M. , 2015).

Στο σχεδιασμό ενός συστήματος κτιριακού αυτοματισμού, το KNX παρέχει τη δυνατότητα δημιουργήσει έναν δίαυλο επικοινωνίας για όλα τα ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά συστήματα σε μια εγκατάσταση. Αυτά μπορεί να είναι, συστήματα ρύθμισης θερμοκρασίας του χώρου, , εξαερισμού, ασφαλείας, φωτισμού, λευκές συσκευές, ενεργειακών μετρήσεων και και συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου από οπουδήποτε μέσα από υπολογιστές ή κινητές συσκευές. (Bendsen M. , 2015).

Ένα ακόμα πλεονέκτημα στη χρήση του KNX το οποίο το κάνει τόσο ανοικτό, είναι ότι σε μια εγκατάσταση μπορούμε αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε πολλά πρωτόκολλα επικοινωνίας καθώς υπάρχει μία ποικιλία κατάλληλων διεπαφών (Gateways) με άλλα συστήματα. Αυτό του δίνει τεράστιες δυνατότητες συνεργασίας διαφορετικών συστημάτων στην ίδια εγκατάσταση. (σχήμα 2.5) (Ανδρικόπουλος Μ. , Μάρτιος 2021).



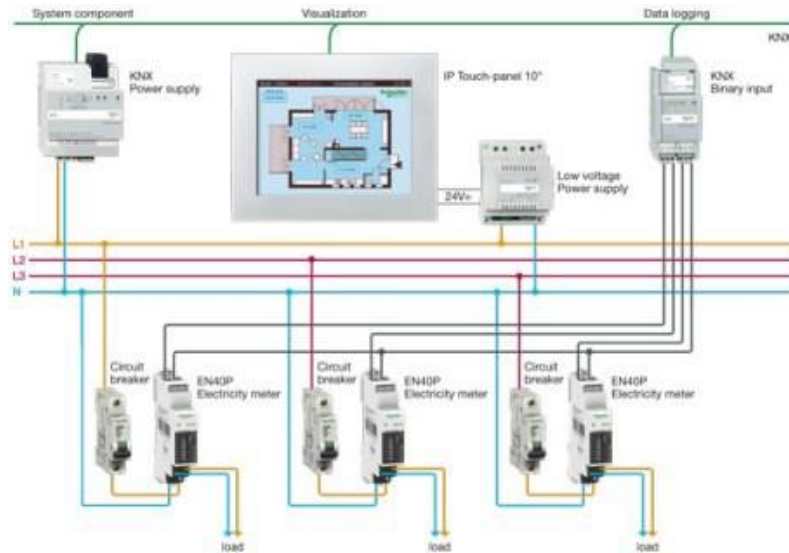
**Εικόνα 2.5 Συνεργασία διαφορετικών κατασκευαστών στην ίδια εγκατάσταση KNX.**

## 2.6. Εισαγωγή στην τεχνική Αρχιτεκτονική KNX

Η καλωδίωση KNX αποτελεί μια γραμμή ελέγχου η όπου εγκαθίσταται παράλληλα με τη γραμμή της κύριας τάσης του δικτύου και έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει πληροφορίες και δεδομένα μεταξύ των συνδεδεμένων KNX συσκευών. Αυτός ο καινοτόμος τρόπος, μειώνει και την πληθώρα καλωδιώσεων αλλά και το κόστος. Επίσης με το να έχουν όλες μας οι συσκευές τον ίδιο δίαυλο επικοινωνίας, μειώνεται σημαντικά η πολυπλοκότητα του συστήματος και αυξάνονται σημαντικά οι δυνατότητες του.

Στο Σχήμα 6 έχουμε ένα παράδειγμα μιας τέτοιας καλωδίωσης. Με το πράσινο χρώμα βλέπουμε ότι η γραμμή KNX συνδέει όλες τις συσκευές του συστήματος. Βλέπουμε το ειδικό τροφοδοτικό που είναι υπεύθυνο μέσω της ίδιας γραμμής να τροφοδοτήσει τις συσκευές KNX με την σωστή τάση. Το πόσο σημαντικό είναι αυτός ο καινοτόμος τρόπος σύνδεσης και επικοινωνίας των συσκευών, μπορούμε να το δούμε πολύ πρόχειρα και γρήγορα εάν φανταστούμε ότι χρειαζόμαστε ξεχωριστό καλώδιο για κάθε συσκευή KNX για την τροφοδοσία της και ξεχωριστό για την

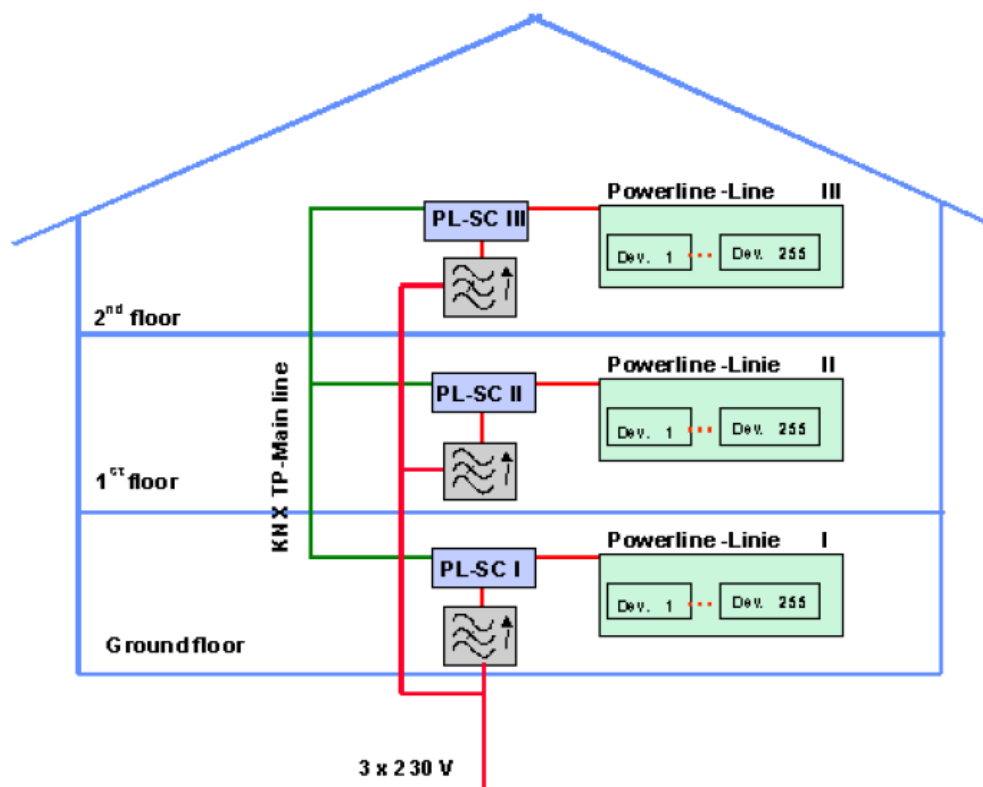
επικοινωνία της με κάθε άλλη συσκευή, όπως δηλαδή λειτουργεί ο απλός τρόπος σύνδεσης των απλών ηλεκτρολογικών συστημάτων μέχρι σήμερα και φαίνεται στην κάτω μεριά του σχήματος μας με κίτρινο, κόκκινο, μπλέ και μάρνο χρώμα.



**Εικόνα 2.6 Παράδειγμα καλωδίωσης KNX. («Schneider Electric», 2015)**

Ακόμα να προσθέσουμε ότι για ένα σύστημα KNX δεν είναι αναγκαίο να υπάρχει ξεχωριστή κεντρική μονάδα ελέγχου (ανεξαρτήτου μεγέθους εγκατάστασης) καθώς κάθε μια συσκευή ξεχωριστά, διαθέτει το δικό της μικροελεγκτή. Στην περίπτωση που δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση με καλωδίωση Bus, τότε το KNX μας παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης ασύρματα μέσω ραδιοσημάτων ή εναλλακτικά κάποιο μέρος της να μεταδοθεί μέσω της καλωδίωσης της παροχής ρεύματος με το σύστημα powerline (σχήμα 2.7). Η μεταφορά σήματος μέσω powerline επιτυγχάνεται μέσω της κεντρικής καλωδίωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέσα από τους αγωγούς της φάσης και του ουδετέρου. Οποιαδήποτε συσκευή όμως επιλέξουμε να επικοινωνεί με αυτό τον τρόπο, πρέπει να συνδεθεί με το δίκτυο ακόμα και μέσα από μια απλή πρίζα (Schneider Electric, 2015).

Οι παραπάνω λύσεις είναι χρήσιμες όταν θέλουμε να επεκτείνουμε μια εγκατάσταση και μειώνεται ο κόπος και το κόστος για νέες γραμμές bus. (KNX BASICS, χ.χ.).



Εικόνα 2.7 Μετάδοση σήματος KNX με το σύστημα powerline.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°:**

### **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BUS**

#### **3.1. Τι είναι διάυλος**

Διάυλος (bus) είναι ο δρόμος επικοινωνίας ο μεταξύ δύο ή περισσότερων συσκευών. Στην ουσία, είναι κοινό μέσο μετάδοσης πάνω στο οποίο συνδέονται πολλές συσκευές. Κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο διάυλο μπορεί να εκπέμψει ένα σήμα και αυτό μετά θα είναι σε θέση να ληφθεί από όλες τις υπόλοιπες συσκευές του διαύλου. Σημειώνεται όμως ότι μόνο μια συσκευή μπορεί να εκπέμψει κάθε φορά. Με την τεχνολογία διαύλου (BUS) μπορούμε να διαχειριζόμαστε λειτουργίες μέσα από ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία μπορούμε να προγραμματίζουμε. Οι πληροφορίες «ταξιδεύουν» μέσω του καλωδίου BUS. Σχετικά με την τεχνολογία διαύλου διακρίνονται τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η τεχνολογία BUS στην εποχή μας είναι συμφέρουσα κυρίως σε μεγάλες ανακαινίσεις ή σε νέες εγκαταστάσεις.
- Η τεχνολογία BUS δεν περιορίζεται στον έλεγχο μια συγκεκριμένης κατηγορίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε μετάδοση σήματος.
- Με τη χρήση της τεχνολογίας BUS είμαστε σε θέση να δημιουργούμε σενάρια τα οποία θα ενεργοποιούνται είτε αυτόματα μέσα από αισθητήρια, είτε χειροκίνητα με το πάτημα ενός κουμπιού. (KNX BASICS, χ.χ. ; EIB BUS YCYM χ.χ.).

#### **3.2. Κοινό πρωτόκολλο πυρήνα και μηνυμάτων στο KNX**

Ο κοινός πυρήνας για την επικοινωνία στο KNX σύστημα βρίσκεται πάνω από τα φυσικά επίπεδα και το επίπεδο “σύνδεσης δεδομένων για συγκεκριμένο μέσο”, και είναι κοινόχρηστος από όλες τις συσκευές στο δίκτυο KNX. Το δίκτυο KNX είναι συμβατό με το μοντέλο 7 επιπέδων OSI σύμφωνα με τα παρακάτω:

1. Ένα γενικό επίπεδο σύνδεσης δεδομένων, το οποίο βρίσκεται πάνω από τα συγκεκριμένα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων για κάθε μέσο. Το γενικό αυτό επίπεδο παρέχει έλεγχο πρόσβασης και έλεγχο λογικής σύνδεσης.
2. Το επίπεδο δικτύου (για κόμβους με λειτουργικότητα δρομολόγησης) που παρέχει ένα αναγνωρισμένο κατά τμήμα τηλεγράφημα ( πλαίσιο ) και ελέγχει τον αριθμό αναπήδησης ενός πλαισίου.



3. Το επίπεδο μεταφοράς, το οποίο επιτρέπει τέσσερις τύπους επικοινωνίας: ένας προς πολλούς χωρίς σύνδεση (πολυδιανομή), ένας προς όλους χωρίς σύνδεση (εκπομπή), ένας προς έναν χωρίς σύνδεση, ένας προς έναν προσανατολισμένο σε σύνδεση.
4. Τα επίπεδα συνεδρίας OSI και παρουσίασης είναι κενά και
5. Το επίπεδο εφαρμογής, που προσφέρει μια εργαλειοθήκη υπηρεσιών στη διαδικασία εφαρμογής (Ανδρικόπουλος Μ., Φλεβάρης 2021 ).

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε παρακάτω τις διάφορες τεχνολογίες διαύλου, ή τεχνολογίες bus όπως λέγονται κοινώς, θα πρέπει να καταλάβουμε κάποια πράγματα για τους διαύλους στα υπολογιστικά συστήματα γενικότερα πρώτα. Στην τεχνική EIB/KNX, η επικοινωνία γίνεται κατά κόρον μέσω ενός τύπου καλωδίου TP-1 (Twisted Pair, type 1). Το TP-1 είναι ενισχυμένο με αλουμινόχαρτο, μεμβράνη, έναν οδηγό στο κέντρο του και νήμα. Επιπλέον εμπεριέχει ένα ζευγός αγωγών, που έχει τη δυνατότητα μετάδοσης τηλεγραφήματος με ρυθμό 9600 bits/s. Επίσης έχει δύο ρόλους, να τροφοδοτεί με ρεύμα τις bus συσκευές, και να μεταφέρει τις πληροφορίες μεταξύ τους. Όλες οι συσκευές bus που συνδέονται στον κεντρικό αγωγό, επικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν δεδομένα. Οι συνήθεις τρόποι τοποθέτησης των bus συσκευών KNX στο KNX σύστημα είναι οι εξής:

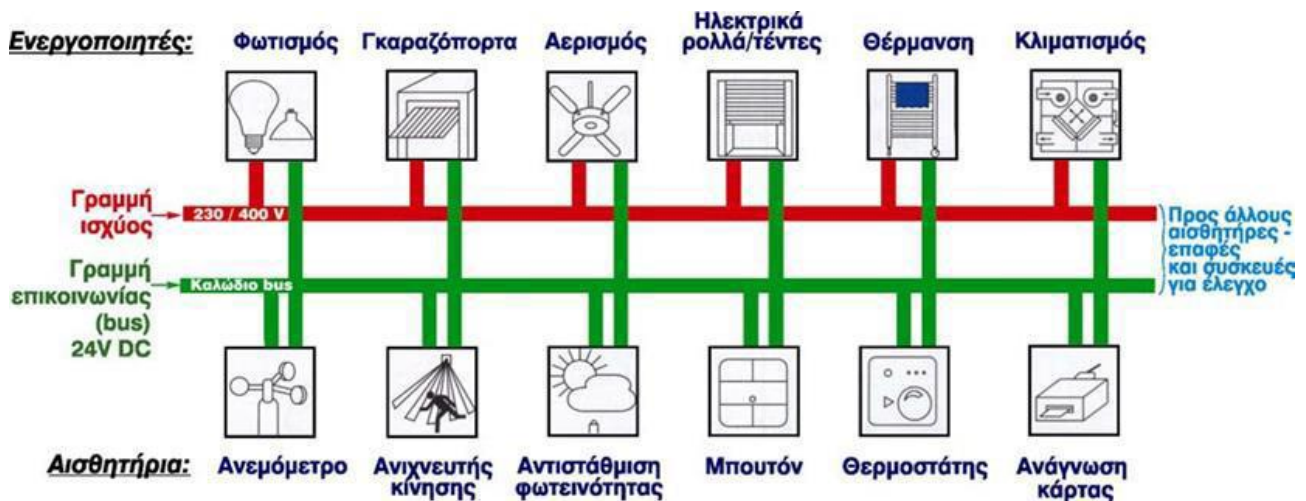
- Χωνευτή
- Σε ράγα ηλεκτρικού πίνακα διανομής
- Εξωτερική
- Σε μορφή μικροελεγκτή στο εσωτερικό άλλων συσκευών
- (Buddle S.,2018 ; KNX Association, χ.χ.)

### **3.3. Τεχνική EIB/KNX**

#### **3.3.1. Βασικά συστατικά του συστήματος EIB/KNX**

Στις εγκαταστάσεις με αυτή την τεχνική, συναντάμε τα λεγόμενα «αποκεντρωμένα συστήματα». Ένα αποκεντρωμένο σύστημα λοιπόν είναι αυτό το οποίο δε χρειάζεται μια κεντρική μονάδα ελέγχου αλλά μέσα από τις γραμμές bus κάθε μία συσκευή KNX επικοινωνεί και ανταλλάσσει πληροφορίες με την άλλη εκτελώντας κάθε φορά τις εντολές με τις οποίες έχουν προγραμματιστεί. Η κάθε συσκευή επίσης, μπορεί να ανήκει σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το ρόλο που έχει στο σύστημα. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής πέντε :

- Δίαυλος επικοινωνίας ( γραμμή bus)
- Ενεργοποιητές (Actuators)
- Ελεγκτές (Controllers)
- Δομικά εξαρτήματα
- Αισθητήρια (Sensors) (Τουλόγλου, 2010)



Εικόνα 3.2.1 Σχηματική παράσταση συστήματος τεχνικής EIB (Τουλόγλου, 2010)

Κάθε μία από τις bus συσκευές χωρίζεται δομικά σε τρία μέρη. Τον προσαρμοστή bus (Bus Coupling Unit – BCU) που είναι και ο «εγκέφαλος». Την μονάδα εφαρμογής (Application Module), η οποία είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία του χρήστη με το εκάστοτε φορτίο και τέλος το πρόγραμμα εφαρμογής (Application Program) που είναι αυτό που έχει τις πληροφορίες που του έχει δώσει ο εγκαταστάτης και τις διαμοιράζει στο σύστημα ώστε να εκτελέσει την επιθυμητή λειτουργία. Η κάθε bus συσκευή. Ο προγραμματισμός αυτός γίνεται μέσω του ειδικού και ενιαίου software ETS.

Ο BCU και η μονάδα εφαρμογής έχουν την ιδιαιτερότητα ότι πρέπει να είναι από τον ίδιο κατασκευαστή. Η ύπαρξη ενός BCU έχει δύο πιθανές περιπτώσεις:

- να βρίσκεται μέσα στην εκάστοτε συσκευή. Ενσωματωμένος δηλαδή με μορφή BIM – Bus Interface Module ή τη μορφή ενός Chipset
- να είναι ένα ξεχωριστό κομμάτι της συσκευής το οποίο μπορεί να βρίσκεται είτε έξω είτε μέσα σε αυτή ή ακόμα και σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα ή εντοιχισμένο.

Όταν ο BCU αφορά τη δεύτερη περίπτωση, να αποτελεί δηλαδή ξεχωριστό κομμάτι της συσκευής, φέρει επάνω του μια θύρα AST με 10 «θυληκές» επαφές. Αντίστοιχα η κάθε μονάδα εφαρμογής που συνδέεται μαζί του, έχει 10 pins ώστε να κουμπώσουν και να ξεκινήσουν να

ανταλλάσσουν πληροφορίες αλλά και να πάρει η μονάδα εφαρμογής την απαραίτητη τροφοδοσία της. Συνοψίζοντας, ένας BCU:

- Είναι υπεύθυνος να μεταφέρει τις πληροφορίες στις συσκευές με βάση τις εντολές που έχει δεχτεί από τον προγραμματισμό του.
- Εσωτερικά του έχει μια μονάδα μετάδοσης και έναν ελεγκτή.
- Με λίγα λόγια είναι υπεύθυνοι και για τη λήψη αλλά και για την αποστολή εντολών – πληροφοριών. Επίσης είναι υπεύθυνοι για τη σωστή τροφοδοσία των συσκευών του συστήματος και φέρουν στη μνήμη τους οποιαδήποτε σημαντική πληροφορία για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης με τεχνική EIB/KNX.
- Χρησιμοποιούνται στον έλεγχο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, όταν πρόκειται να μπει ένα αισθητήριο (π.χ. θερμοστάτης) και επικοινωνούν μέσω της γραμμής bus. (YMCYM 2 x 2 x 0,8 mm) (Legrand, χ.χ. ; Ανδρικόπουλος Μ., Φλεβάρης 2021 ; KNX BASICS χ.χ.).

### 3.4. Μέσα μετάδοσης

#### 3.4.1. Διαθέσιμα είδη μέσων μετάδοσης στο KNX

Για την αποστολή και τη λήψη μια πληροφορίας μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη σε ένα σύστημα επικοινωνίας με οποιοδήποτε τρόπο (είτε ενσύρματα, είτε ασύρματα) χρειαζόμαστε έναν τρόπο φυσικής σύνδεσης μεταξύ τους. Ο τρόπος αυτός ονομάζεται μέσο μετάδοσης και όπως είπαμε μπορεί να είναι είτε ασύρματος, είτε ενσύρματος. Ένα ενσύρματο μέσο μετάδοσης π.χ. είναι ένα χάλκινο καλώδιο και ένα ασύρματο, κάποια ραδιοσυχνότητα (Κοκκαλίδης Δ., χ.χ.).

Στην τεχνική EIB/KNX συναντάμε κυρίως τα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών. Ωστόσο, θα αναφέρουμε και τις υπόλοιπες μεθόδους που υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε ένα KNX. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα μέσα που χρησιμοποιούνται στα συστήματα KNX, ενώ στις επόμενες σελίδες θα γίνει εκτενέστερη περιγραφή για το καθένα:

#### 1. Συνεστραμμένα ζεύγη KNX (KNX Twisted Pair ή KNX TP):

Επιτυγχάνουν επικοινωνία μέσω ενός καλωδίου δεδομένων συνεστραμμένων ζευγών (καλώδιο διαύλου)

#### 2. Γραμμή ισχύος KNX (KNX Powerline ή KNX PL):

Χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα μέσα από το δίκτυο των 230V

### 3. Ραδιοσυχνότητες KNX (KNX Radio Frequency ή KNX RF):

Επιτυγχάνουν επικοινωνία μέσω ραδιοφωνικών σημάτων

### 4. KNX IP:

Επιτυγχάνεται επικοινωνία μέσω Ethernet σε ένα IP δίκτυο, είτε τοπικά είτε σε παγκόσμιο επίπεδο (KNXnet, χ.χ)

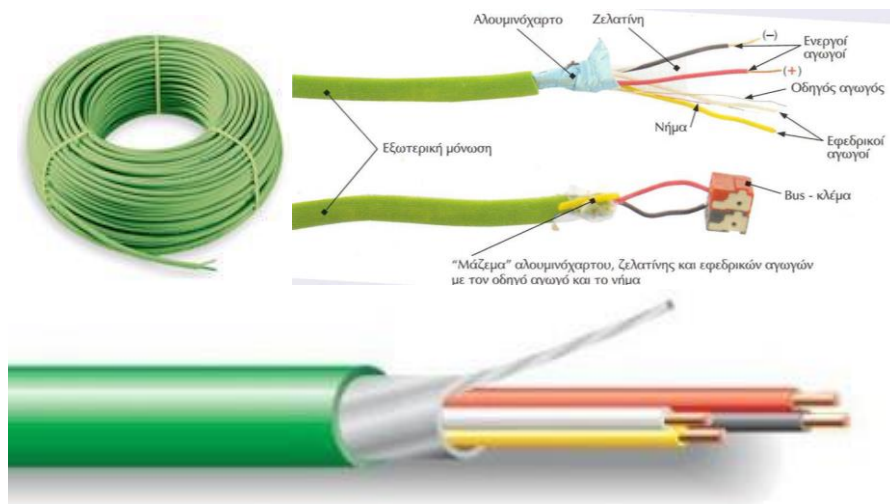
Τα συστήματα διαύλου πρέπει να είναι πολύ βολικά για εγκατάσταση, προσθήκη και γενικά για χρήση. Η μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων μέσων επικοινωνίας KNX σημαίνει ότι ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις, το KNX μπορεί να τα εκμεταλλευτεί -για παράδειγμα κατά την μετασκευή των συσκευών διαύλου- ακόμα και στα πιο δαιδαλώδη κτίρια (KNX BASICS , χ.χ.).

#### **3.4.1.1. KNX Twisted Pair (TP) ή Συνεστραμμένα ζεύγη KNX**

##### **Γενικά**

Στην τεχνική EIB/KNX, η επικοινωνία γίνεται μέσω του καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών bus TP-1 (Twisted Pair, type 1) του οποίου τις ιδιαιτερότητες έχουμε αναφέρει πιο πάνω. Επειδή όμως, και τα συνεστραμμένα ζεύγη ως μέσα επικοινωνίας έχουν ξεχωριστές κατηγορίες και τύπους ανάλογα τις απαιτήσεις του εγκαταστάτη σχετικά με τον θόρυβο.

Το καλώδιο δεδομένων συνεστραμμένου ζεύγους δύο πυρήνων (καλώδιο bus) είναι το συνηθέστερο μέσο επικοινωνίας για εγκαταστάσεις KNX. Εδώ όλες οι συσκευές συνδέονται μεταξύ τους με bus καλώδιο. Τα καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους είναι οικονομικά και εύκολα στην εγκατάσταση. Ένα από τα πλεονεκτήματά τους, είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να εξουδετερώνουν το θόρυβο που προκαλούν τα ίδια, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με αποτέλεσμα να έχουμε λιγότερες παρεμβολές αλλά και απώλειες ενέργειας. (KNX BASICS , χ.χ.).



**Εικόνα 3.3.1 Καλώδια bus**

### Υποείδη καλωδίων

Τα συνεστραμμένα ζεύγη, ως τύπος καλωδίου έχουν κι αυτά τα είδη τους. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα είδη των καλωδίων τύπου συνεστραμμένων ζευγών, και τα βασικά αλλά και τα πιο σύνθετα. Κάθε είδος διαφέρει από τα υπόλοιπα ως προς την προστασία του σήματος από το θόρυβο, ανάλογα με τη θωράκιση που φέρει. Ο τύπος των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα KNX πρέπει να είναι σύμφωνος με την τάξη θορύβου που επιτρέπεται να υπάρχει στο σύστημα. Τα είδη των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι τα εξής:

### Βασικοί τύποι καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών:

Παρακάτω θα αναλύσουμε τα βασικά είδη καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών που συναντάμε στα συστήματα.

- **UTP (Unshielded Twisted Pair):**

Το συγκεκριμένο καλώδιο εμπεριέχει 4 συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων τα οποία είναι μονωμένα με ειδικό πλαστικό. Δεν υπάρχει κάποιου είδους θωράκιση. Έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στη δικτύωση Η/Υ. Η κατηγορία CAT 5e έχει τη δυνατότητα να καλύψει ανάγκες ταχυτήτων

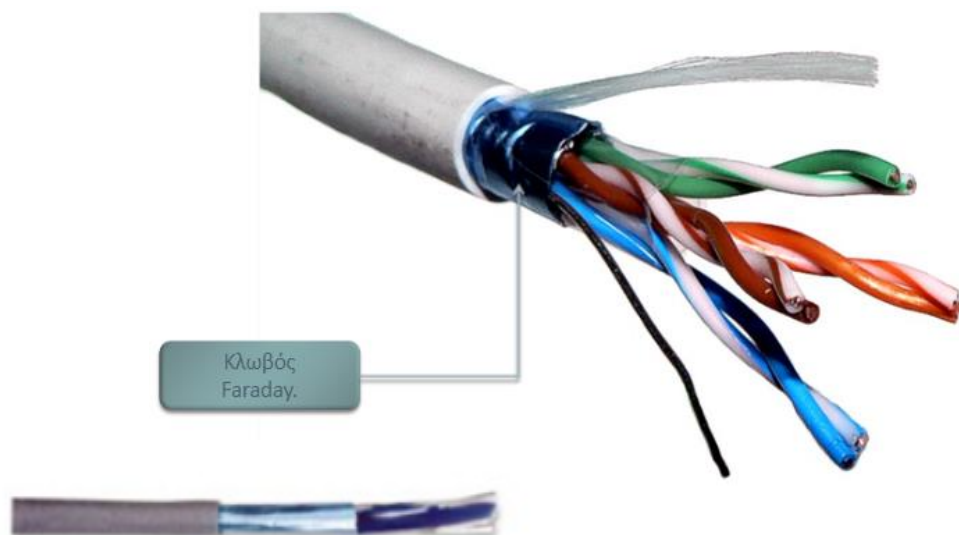
εως και 1 GBps αλλά μελλοντικά δε θα είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες δικτύων με ταχύτητες των 10 GBps.



**Εικόνα 3.3.2 Καλώδιο UTP**

- **FTP (Foiled Twisted Pair):**

Αυτός ο τύπος καλωδίου εμπεριέχει 4 συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων με θωράκιση αλουμινίου και πλαστική μόνωση. Η προστασία που χαρίζει είναι χάρη στο επάργυλο συνθετικό φύλλο που περιτυλίγεται συνήθως γύρω από το κάθε ζεύγος. Λειτουργεί σαν ένας κλωβός του Faraday, δηλαδή. Έχει πιο μεγάλη διάμετρο και υστερεί σε ελαστικότητα. Παρόλα αυτά, οι ηλεκτρικές του ιδιότητες είναι πολύ καλύτερες.



**Εικόνα 3.3.3 Καλώδια FTP**

- **STP (Shielded Twisted Pair):**

Εμπεριέχει 4 συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων με πλαστική μόνωση και χάλκινη θωράκιση.



**Εικόνα 3.3.4 Καλώδιο STP**

#### **Διάφοροι τύποι θωρακισμένων καλωδίων (S/FTP, S/STP):**

Με βάση τους προαναφερθέντες τύπους καλωδίων, μπορούμε να συναντήσουμε και συνδυασμό αυτών. Έτσι, αναλόγως με το πόσες θωρακίσεις χρησιμοποιεί ο κάθε τύπος, μπορεί να λειτουργεί σαν ένας κλωβός του Faraday και σε κάθε ζεύγος ξεχωριστά, αλλά και στο σύνολο του καλωδίου. Κάποια υποείδη καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι τα εξής:

- **S/FTP, F/FTP ή SF/FTP (Screened Foiled Twisted Pair):**

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε το κλασσικό καλώδιο FTP αλλά με μια επιπλέον θωράκιση. Ανάλογα με το γράμμα που υπάρχει στην αρχή, έχουμε και τον αντίστοιχο τύπο της θωράκισης. Το F (foil) υποδεικνύει εννιαίο μεταλλικό φύλο και το γράμμα S (shield), μεταλλικό πλέγμα.

- **S/UTP (Screened Unshielded Twisted Pair):**

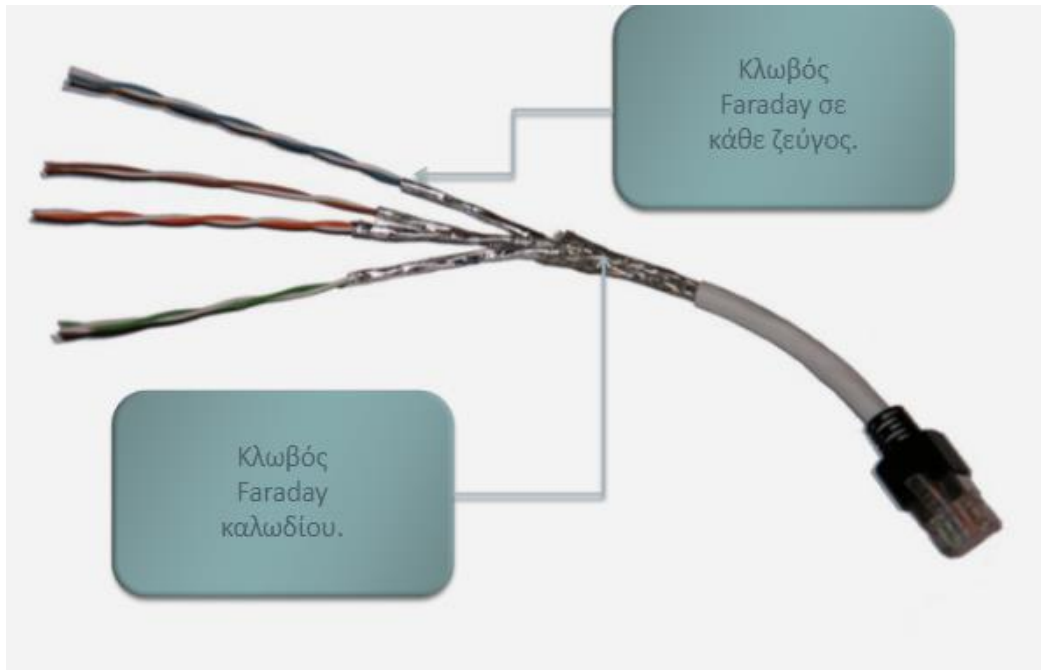
Επίσης και σε αυτή την κατηγορία έχουμε ένα απλό UTP αλλά με το αρχικό γράμμα (S) να μας υποδηλώνει την ύπαρξη μεταλλικού πλέγματος.

- **S/STP (Screened Shielded Twisted Pair ):**

Είναι καλώδιο τύπου STP, μόνο που εκτός από την θωράκιση πλέγματος, χρησιμοποιεί και την θωράκιση αλουμινίου σε κάθε ζεύγος (Bhakti T. , 2022 ; Generalnote, χ.χ. ; Scarpati J. , 8 Απριλίου 2019).



**Εικόνα 3.3.5 Καλώδια S/FTP και S/STP**



**Εικόνα 3.3.6 Καλώδιο S-FTP ως διπλός κλωβός του Faraday**

### **Καλώδιο τροφοδοσίας ισχύος**

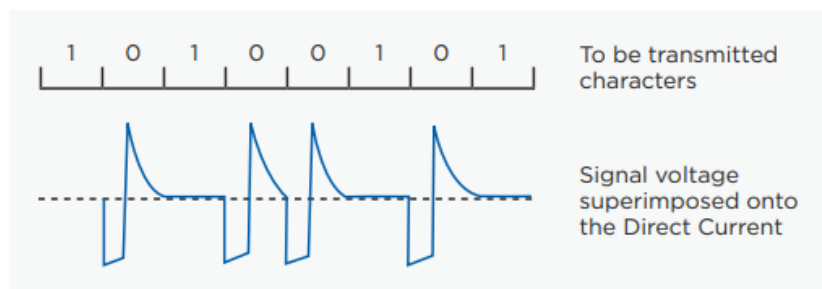
Στο KNX TP το καλώδιο διαύλου τροφοδοτεί όλες τις συσκευές διαύλου και με δεδομένα καθώς και με ισχύ. Η ονομαστική τάση του συστήματος διαύλου είναι 24 V, ενώ η τάση που παρέχουν τα τροφοδοτικά είναι 30 V. Οι συσκευές διαύλου λειτουργούν χωρίς σφάλματα σε τάσεις μεταξύ 21 V και 30 V. Έτσι είναι διαθέσιμο ένα εύρος ανοχής 9 V για την αντιστάθμιση της πτώσης τάσης στο καλώδιο και της αντίστασης επαφής. Στις συσκευές, η τάση τροφοδοσίας συνεχούς ρεύματος διαχωρίζεται πρώτα από όλα από την τάση εναλλασσόμενου ρεύματος που φέρει δεδομένα. Δημιουργείται η τάση τροφοδοσίας DC από έναν πυκνωτή, ενώ ένας μετασχηματιστής διαχωρίζει την AC τάση που μεταφέρει τα δεδομένα. Στις συσκευές μετάδοσης ο μετασχηματιστής εξυπηρετεί



και για την υπέρθεση των εξερχόμενων δεδομένων στην τάση του διαύλου (Ανδρικόπουλος Μ., Φλεβάρης 2021)

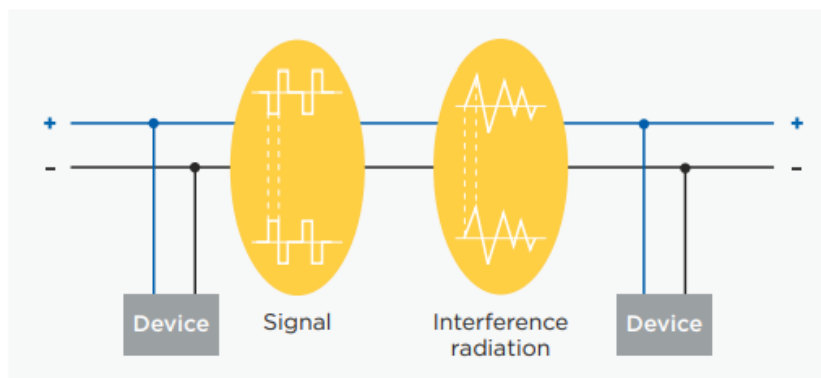
### Ρυθμός δεδομένων και σήμα σήματος

Ένα καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, αποτελείται από ζεύγη αγωγών με ρυθμό μετάδοσης ενός τηλεγραφήματος 9.600 bit/s. Ο ρόλος αυτού του καλωδίου είναι διπλός. Τόσο να τροφοδοτεί τις συσκευές, του συστήματος, όσο και να μεταφέρει τις πληροφορίες μεταξύ τους. Η ανταλλαγή των πληροφοριών με τη χρήση αυτού του τύπου καλωδίων, γίνεται σειριακά. Δηλαδή με τη χρήση bytes. Όταν έχουμε δηλαδή το λογικό μηδεν, η τάση μας πέφτει και όταν έχουμε το λογικό 1 ανεβαίνει στα αρχικά επίπεδα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση πηνίων. (Εικ. 3.3.7)(KNX BASICS , χ.χ.).



**Εικόνα 3.3.7 Μετατροπή λογικών σημάτων σε συνεχές ρεύμα**

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της επικοινωνίας μέσω KNX TP είναι ότι τα σήματα συνδέονται συμμετρικά στο δίαυλο, δηλ. το καλώδιο δεδομένων δεν έχει σταθερό σημείο αναφοράς ως προς το δυναμικό της γης. Αυτό το είδος της επικοινωνίας είναι γνωστό ως συμμετρική, μη γειωμένη μετάδοση.



**Εικόνα 3.3.8 Συμμετρία σημάτων στα επιμέρους καλώδια**

Ο δέκτης δεν καταγράφει το δυναμικό ως προς τη γη σε ένα μεμονωμένο καλώδιο δεδομένων (όπως π.χ. στη θύρα USB), αλλά αντ' αυτού αξιολογεί τις αλλαγές στη διαφορά τάσης μεταξύ των δύο καλωδίων δεδομένων (Εικ. 3.3.8). Αυτό σημαίνει ότι, χωρίς σημαντικό πρόσθετο εξοπλισμό, η σταθερότητα έναντι σημάτων συζευγμένων παρεμβολών αυξάνεται σημαντικά, γιατί π.χ. τα σήματα παρεμβολής και στους δύο πυρήνες αντισταθμίζουν ο ένας τον άλλον (διαφορικό).

Ο πομπός δημιουργεί την τάση AC που αντιστοιχεί στο λογικό μηδέν στέλνοντας μόνο ένα μισό κύμα, το οποίο γίνεται με τη μείωση της τάσης στο ζεύγος πυρήνων στο καλώδιο δεδομένων κατά περίπου 5 V. Μετά από περίπου μισή περίοδο ενός bit, ο αποστολέας ακυρώνει αυτήν την πτώση τάσης ξανά. Το υπόλοιπο σύστημα (το καλώδιο του διαύλου, οι μετασχηματιστές και οι πυκνωτές φόρτισης όλων των συσκευών διαύλου, και – πολύ σημαντικό – το πηνίο της τροφοδοσίας) στη συνέχεια δημιουργεί έναν θετικό αντισταθμιστικό παλμό (συντονιστής) (KNX BASICS , χ.χ.).

### **Συνεστραμμένα ζεύγη και EIB/KNX**

Όταν χρησιμοποιούμε την τεχνική EIB, καλό είναι να γίνεται η χρήση του πιστοποιημένου αγωγού τύπου YCYM 2x2x0.8mm<sup>2</sup>. Ο αγωγός αυτός εμπεριέχει δύο ζεύγη καλωδίων διατομής 0.8mm<sup>2</sup>. Το ένα ζεύγος (κόκκινο-μαύρο) αποτελεί την γραμμή bus, ενώ το δεύτερο ζεύγος είναι κενό ως εφεδρικό. Όλες οι συσκευές συνδέονται στην κεντρική καλωδίωση bus για να αλληλεπιδρούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Το καλώδιο χάρη στο στατικό πλέγμα προστατεύεται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από το περιβάλλον. Έτσι, εκτός από μέσο που μεταφέρει δεδομένα στο σύστημα KNX γενικά, είναι και κατάλληλο για ελέγχους πυρανίχνευσης, ασφάλειας, αλλά και για ελέγχους συστημάτων

ενδοεπικοινωνίας σε ξηρούς ή υγρούς χώρους σε σταθερές εγκαταστάσεις εσωτερικού περιβάλλοντος.



**Εικόνα 3.3.9 Καλώδιο YCYM 2x2x0.8mm<sup>2</sup> (MekasCable, χ.χ.)**

Παρακάτω παρατίθεται ως Εικόνα 3.3.10 ο πίνακας με κάποια από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του καλωδίου YCYM 2x2x0.8mm<sup>2</sup>, από την εταιρεία MekasCable.

ELECTRICAL PARAMETERS	
Working Temperature	- 30 °C + 70 °C
Bending Radius ( min.)	10 x D
Working Voltage	300 V
Insulation Resistance	>100 m Ω x km
Conductor Loop Resistance	0,60 mm : 130 Ω / km – 0,80 mm : 73,2 Ω / km – 1,00 mm : 44,4 Ω / km – 1,50 mm <sup>2</sup> : 24,2 Ω / km
Test Voltage	800 V
Capacity	100 nF / km
Capacity Imbalance	300 pF / 100 m

**Εικόνα 3.3.10 Χαρακτηριστικά καλωδίου YCYM 2x2x0.8mm<sup>2</sup> (MekasCable, χ.χ.)**

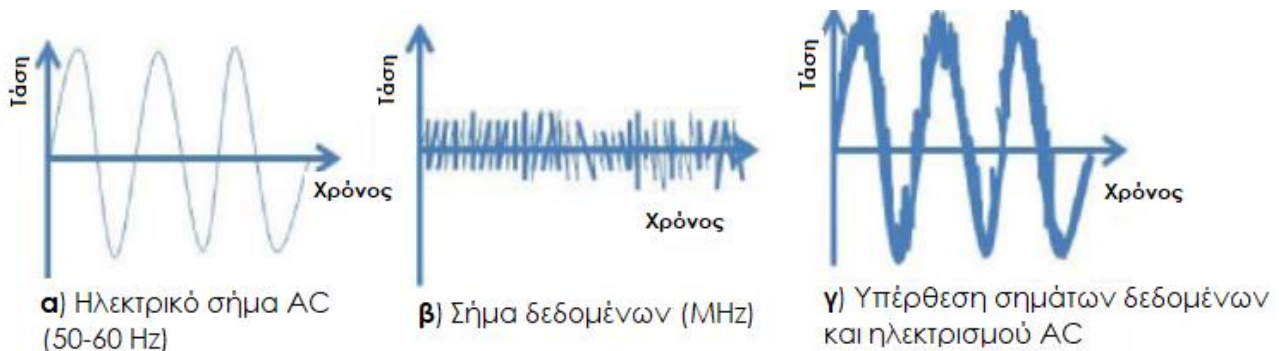
### 3.4.1.2. KNX Powerline (PL) ή Γραμμή Ισχύος KNX

#### Γενικά

Χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα καλώδια ρεύματος σε ένα κτίριο ως KNX μέσα επικοινωνίας είναι ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος για να μετασκευασθεί αυτό το κτίριο με το σύστημα KNX. Στο KNX Powerline (KNX PL) δεν υπάρχει η ανάγκη να τοποθετηθεί ένα αποκλειστικό καλώδιο διαύλου: τα καλώδια ηλεκτρικής ενέργειας που είναι ήδη εγκατεστημένα (μία από τις τρεις φάσεις + ο αγωγός του ουδετέρου) γίνονται οι ίδιοι το μέσο επικοινωνίας. Τα σήματα δεδομένων υπερτίθενται στην τάση του δικτύου (KNX BASICS , χ.χ.).

#### Τροφοδοσία ισχύος

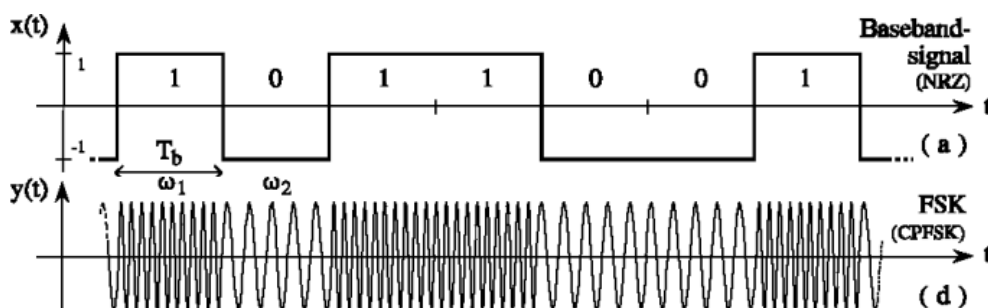
Δεν χρειάζονται πρόσθετα τροφοδοτικά για το KNX PL. Η ισχύς που απαιτείται από τις συσκευές διαύλου προέρχεται από τα μέσα του ήδη υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου (230V για Ελλάδα). Οι συζευκτήρες φάσης (phase couplers) χρησιμοποιούνται για να διασφαλίσουν ότι η επικοινωνία των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω και των τριών φάσεων, ενώ τα φίλτρα bandstop εμποδίζουν τη διάδοση των σημάτων δεδομένων μέσω της σύνδεσης του κτιρίου προς το δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος. Εναλλακτικά, αντί για συζευκτήρες φάσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συζευκτήρες συστήματος (KNX BASICS , χ.χ.).



Εικόνα 3.3.11 Υπέρθθεση σημάτων δεδομένων και ηλεκτρισμού (K. Suganya, M. Pandi Jothi, C. Selvam ,2014)

#### Ρυθμός δεδομένων και σχήμα σήματος

Στο KNX PL ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων είναι 1.200 bit/s. Λογικά μηδενικά και μονάδες μεταδίδονται μέσω ψηφιακής διαμόρφωσης με μεταβολή συχνότητας (S-FSK). Ένα σήμα συχνότητας 105,6 kHz που αποστέλλεται από έναν πομπό αντιστοιχεί σε ένα λογικό μηδέν, ενώ μια λογική μονάδα αντιπροσωπεύεται από ένα σήμα συχνότητας 115,2 kHz (Εικόνα 10). Τα σήματα υπερτίθενται στην τάση του δικτύου(ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, χ.χ.). Χάρη στις συγκριτικές τεχνικές και σε μια έξυπνη διορθωτική διαδικασία, τα σήματα που λαμβάνονται μπορούν να αξιολογούνται ακόμη και όταν υπάρχουν παρεμβολές. Η κεντρική συχνότητα των δύο κυματοειδών κινήσεων είναι 110 kHz, γι' αυτό και το σύστημα KNX PL είναι επίσης γνωστό ως PL110. Η ισχύς μετάδοσης των υπερτιθέμενων σημάτων είναι συχνά ίση με το επίπεδο θορύβου στα μέσα δικτύων που σήμερα πλήττονται από υψηλή ηχορύπανση. Σαν αποτέλεσμα, μπορούν να αξιολογηθούν μόνο χρησιμοποιώντας ειδικές μεθόδους επεξεργασίας ψηφιακών σημάτων, στις οποίες η ισχύς μετάδοσης και η ευαισθησία λήψης του διαύλου στις συσκευές προσαρμόζονται συνεχώς στις συνθήκες του δικτύου(KNX BASICS , χ.χ.; ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ , χ.χ.).



Εικόνα 3.3.12 Διαμόρφωση συχνότητας για αποστολή σημάτων

### 3.4.1.3. KNX Radio Frequency (RF) ή Ραδιοσυχνότητες KNX

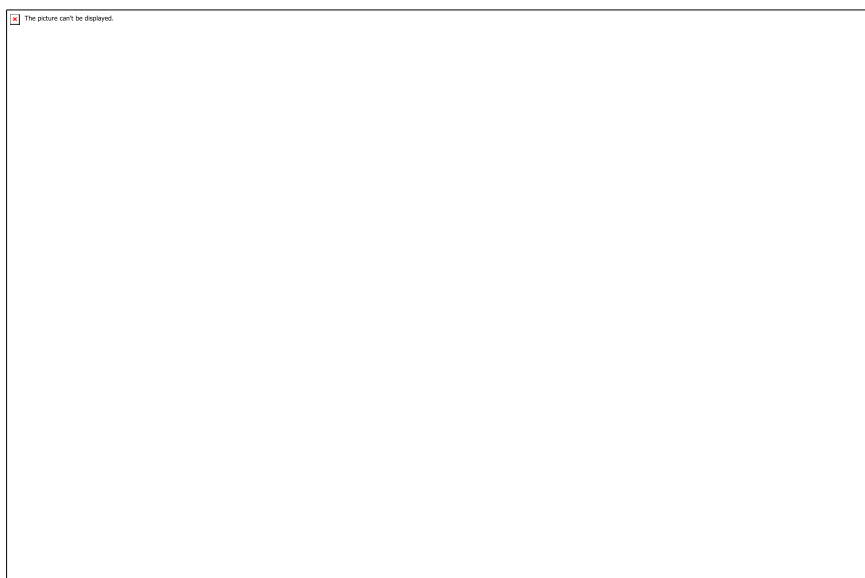
#### Γενικά

Τα ραδιοσήματα είναι πάντα το κατάλληλο μέσο επικοινωνίας KNX σε εκείνες τις καταστάσεις όπου δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση νέων καλωδίων στο κτίριο (π.χ. για αισθητήρες σε δυσπρόσιτες περιοχές). Το KNX RF είναι επίσης ιδιαίτερα κατάλληλο για την επέκταση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων KNX TP. Θεωρητικά το KNX RF θα μπορούσε να επιτρέψει σε όλη

την τεχνολογία σε ένα κτίριο να ελέγχονται ασύρματα, αλλά αυτό θα παραμείνει μάλλον η εξαίρεση αντί για τον κανόνα.

### **Τροφοδοσία ισχύος**

Για να μπορούν οι αισθητήρες ραδιοσυχνοτήτων να βρίσκονται σε μέρη που δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο, η τροφοδοσία τους γίνεται μέσω μπαταριών. Αυτό βέβαια είναι εφικτό μόνο εάν αυτές οι συσκευές δεν είναι απαραίτητο να είναι σε μόνιμη κατάσταση λήψης. Για να βοηθήσουμε εδώ, έχει οριστεί ένα μοντέλο συσκευής μονής κατεύθυνσης στο KNX που στέλνει τηλεγραφήματα μόνο όταν χρειάζεται και δεν περιέχει δέκτη. Οι ενεργοποιητές, από την άλλη πλευρά, πρέπει να μπορούν τόσο να λαμβάνουν όσο και να αποστέλλουν τηλεγραφήματα ανά πάσα στιγμή, άρα πρέπει να είναι αμφίδρομοι. Επομένως, οι ενεργοποιητές ραδιοσυχνοτήτων γενικά παίρνουν την ισχύ τους από το δίκτυο 230 V.



**Εικόνα 3.3.13 Διαμόρφωση συχνότητας για αποστολή σημάτων (bmskaren, χ.χ.)**

### **Ρυθμός δεδομένων και σχήμα σήματος**

Η τεχνολογία με ραδιοσήματα λειτουργεί διαμορφώνοντας ένα κύμα το οποίο περιέχει τις πληροφορίες που πρέπει να σταλούν. Αυτό μπορεί να γίνει διαμορφώνοντας είτε το πλάτος του, τη συχνότητα, τη φάση ή συνδυασμό αυτών. Το διαμορφωμένο σήμα αποστέλλεται στους δέκτες που

στη συνέχεια το αποκωδικοποιούν, δηλαδή αποσπάνε τις πληροφορίες. Το KNX RF χρησιμοποιεί διαμόρφωση συχνότητας, όπως είδαμε και παραπάνω στην Εικόνα 3.3.13.

Οι λογικές καταστάσεις για το μηδέν και το ένα παράγονται τροποποιώντας τη συχνότητα του εκάστοτε κύματος, γνωστό και ως κεντρική συχνότητα. Η επιλογή της σωστής κεντρικής συχνότητας είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό της απόδοσης μετάδοσης. Το KNX RF έχει δύο συμβατές εκδόσεις: την KNX RF Ready και την KNX RF Multi που θα δούμε παρακάτω.

- Στο KNX Ready η κεντρική συχνότητα είναι 868,3 MHz και μπορεί να επικοινωνήσει μόνο από ένα κανάλι επικοινωνίας. Ωστόσο, καταλαβαίνουμε ότι σε αυτή την περίπτωση η επικοινωνία είναι ευάλωτη από παρεμβολές ακόμα και από συστήματα που δεν είναι KNX αλλά βρίσκονται εντός εμβέλειας.
- Το KNX RF Multi έχει τη δυνατότητα να ξεπερνά αυτή την παρεμβολή ενεργοποιώντας συσκευές για εναλλαγή από κατειλημμένο κανάλι (π.χ. F1, το οποίο είναι πανομοιότυπο με το κανάλι που χρησιμοποιεί το KNX RF Ready) σε διαφορετικό κανάλι, δηλαδή ιδανικά δύο άλλα γρήγορα κανάλια (F2 και F3), ή δύο αργά κανάλια (S1 και S2). Τα γρήγορα κανάλια χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές που η λειτουργία τους εξαρτάται από ανθρώπινο χειρισμό, π.χ. φώτα, στόρια κ.λπ., ενώ τα αργά κανάλια είναι για συσκευές που δεν χρειάζεται να βρίσκονται μόνιμα σε λειτουργία λήψης, δηλ. συστήματα ελέγχου HVAC που έχουν να κάνουν με τη θέρμανση, τον εξαερισμό και τον κλιματισμό. Τα γρήγορα κανάλια έχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 16.384 kbps, ενώ τα αργά κανάλια έχουν μόνο το μισό από αυτό (ABB Building & Home Automation Solutions, 2020 ; bmskaren, χ.χ. )

### 3.5. KNX IP

#### Γενικά

Το Ethernet είναι ένα ανοιχτό (ανεξάρτητο από τον κατασκευαστή), υψηλής απόδοσης, τοπικό και ευρείας περιοχής δίκτυο συμβατό με διεθνές πρότυπο IEEE 802.3 (Ethernet). Το Ethernet χρησιμοποιείται για τοπικά δίκτυα, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το διαδίκτυο. Σε όλο τον κόσμο υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαφορετικών δομών δικτύου. Το πρότυπο Ethernet ορίζει τις φυσικές περιοχές (οι μηχανικοί δικτύων τις ονομάζουν επίπεδα). Σαν παράδειγμα, το Ethernet ορίζει τα ακόλουθα:

- Τι μορφή παίρνουν τα σήματα στο καλώδιο
- Τι καλώδια χρησιμοποιούνται
- Διαμορφώσεις ακίδων καλωδίων
- Πώς οι διάφορες συσκευές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα κοινό σύστημα
- Πώς αναπαρίστανται οι χαρακτήρες που αποστέλλονται
- Ποιες μέθοδοι δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας για τα δεδομένα χρησιμοποιούνται (Παπαπέτρου Ε. , χ.χ. ; Ionos , 2022 )

## **Βασικά πρωτόκολλα στο TCP/IP**

Ωστόσο, για την αποστολή δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών που συνδέονται μέσω διαδικτύου (κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις), χρειαζόμαστε κάποια πρωτόκολλα. Το TCP/IP (μια ομάδα πρωτοκόλλων ή κανόνων (οικογένεια πρωτοκόλλων) που εισήχθη το 1984) είναι σήμερα ευρέως διαδεδομένη.

Αν και συνήθως τη συναντάμε με τη μορφή «TCP/IP», τα TCP (Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς) και IP (Πρωτόκολλο Διαδικτύου) είναι στην πραγματικότητα δύο διαφορετικά πρωτόκολλα. Ωστόσο το TCP/IP περιλαμβάνει επίσης ένα τρίτο, εξίσου σημαντικό πρωτόκολλο: Το UDP (User Datagram Protocol).

Το βασικό πρωτόκολλο, IP, χρησιμεύει για να διασφαλίσει ότι τα πακέτα δεδομένων αποστέλλονται από μία συσκευή σε μία άλλη, και ότι ακολουθούν τις βέλτιστες διαδρομές. Αυτό καθίσταται δυνατό από τις λεγόμενες διευθύνσεις IP.

Το TCP βασίζεται στο πρωτόκολλο IP και χρησιμοποιείται για ένα μεγάλο αριθμό κοινών εφαρμογών δικτύου, π.χ. e-mail και σερφάρισμα στο διαδίκτυο. Το TCP δημιουργεί μια μόνιμη σύνδεση, ελεγχόμενη από σφάλματα και διασφαλίζει ότι όλα τα πακέτα δεδομένων έχουν σταλεί με τη σωστή σειρά και ανακατασκευάστηκαν με επιτυχία από τον δέκτη (πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση).

Εναλλακτικά του TCP, το πρωτόκολλο UDP χρησιμοποιείται για εφαρμογές (π.χ. ροή ήχου και βίντεο) στις οποίες είναι αποδεκτό να χάνονται περιστασιακά πακέτα δεδομένων. Η σύνδεση δεν ελέγχεται με σφάλματα και η παράδοση των δεδομένων των πακέτων είναι μη ελεγχόμενη (πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση). Το UDP είναι πολύ πιο αδύναμο αλλά και πιο γρήγορο από το TCP. Σε εφαρμογές όπως το μετάδοση ομιλίας και βίντεο, θα ήταν επίσης αντιπαραγωγική η εκ νέου αποστολή – π.χ. ένα δευτερόλεπτο αργότερα – ενός πακέτου που έχει χαθεί. Το UDP χρησιμοποιείται συχνά στον αυτοματισμό κτιρίων (Λεβέντης Κ. Σωτ. Δρ. & Σγουροπούλου Κ. , 1995).



## Πλεονεκτήματα σύνδεσης KNX με Ethernet

Η σύνδεση του KNX με το Ethernet έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Η υπάρχουσα δικτυακή υποδομή στο κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις κύριες και για τις βασικές γραμμές KNX (μεγαλύτερη ταχύτητα, πιο οικονομικά αποδοτικό και πιο βολικό)
- Τα κτίρια μπορούν να παρακολουθούνται και να ελέγχονται μέσω Ethernet από οπουδήποτε στον κόσμο
- Αρκετές μεμονωμένες τοποθεσίες μπορούν να παρατηρηθούν και να διατηρηθούν από μια κεντρική τοποθεσία μέσω Διαδικτύου
- Οι εγκαταστάσεις πελατών KNX μπορούν να αναλυθούν και να προγραμματιστούν εξ αποστάσεως μέσω Διαδικτύου από τον σχεδιαστή του συστήματος KNX (Ανδρικόπουλος Μ. , Μάρτιος 2021).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>:**

### **ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ KNX**

#### **Γενικά**

Τοπολογία δικτύου (network topology), γενικά, ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο έχουν διαταχθεί οι συσκευές (μέσα σύνδεσης, κόμβοι, κλπ) των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, είτε χρησιμοποιούν την τεχνική EIB/KNX είτε οποιαδήποτε άλλη. Η τοπολογία, δηλαδή, μιας εγκατάστασης τεχνικής EIB/KNX δείχνει τον τρόπο που οι συσκευές μπορούν επικοινωνούν μεταξύ τους. Με λίγα λόγια αποτελεί τη χωροταξική αναπαράσταση του εκάστοτε δικτύου και μπορούμε να την αναπαραστήσουμε είτε φυσικά είτε λογικά. Στη φυσική τοπολογία βλέπουμε την απεικόνιση των θέσεων που έχουν τα στοιχεία του δικτύου. Με τη λογική τοπολογία παρουσιάζουμε τη διαδρομή των πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. Ακόμα όμως και στην περίπτωση που δύο διαφορετικά δίκτυα έχουν την ίδια φυσική τοπολογία, δε σημαίνει ότι έχουν απαραίτητα και την ίδια λογική τοπολογία, καθώς μπορεί να έχουν διαφορές στα είδη των στοιχείων που τα αποτελούν.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε αναλυτικά και με τα δύο είδη τοπολογιών σε αυτό το κεφάλαιο.

#### **4.1. Λογική τοπολογία**

Τα είδη της λογικής τοπολογίας διακρίνονται σε βασικές και σε σύνθετες τοπολογίες, καθώς οι δεύτερες είναι είδη που στηρίζονται στα πρώτα βασικά είδη. Όσον αφορά τις βασικές τοπολογίες ιδίως, ένα ενσύρματο δίκτυο KNX μπορεί να δημιουργηθεί με τοπολογίες δέντρων , γραμμών ή και αστεριών , οι οποίες μπορούν να αναμειχθούν ανάλογα με τις ανάγκες. Σημειώνεται, όμως, ότι τοπολογίες δακτυλίου και οι κατανεμημένες τοπολογίες δεν χρησιμοποιούνται καθώς αποφεύγονται οι σχηματισμοί βρόχων στα συστήματα KNX. Θα τις αναφέρουμε, όμως, και αυτές εν συντομία ως ένα είδος λογικής τοπολογίας σε ένα δίκτυο γενικότερα. Επειδή, όμως, οι τοπολογίες στα δίκτυα χωρίζονται και σύμφωνα με το αν είναι ενσύρματες ή ασύρματες, θα τις μελετήσουμε και στις δύο αυτές ενότητες.

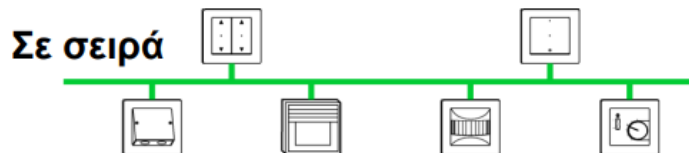
##### **4.1.1. Τοπολογίες ενσύρματων δικτύων**

###### **A1. Βασικές τοπολογίες δικτύων:**

## 1. Γραμμή (Line):

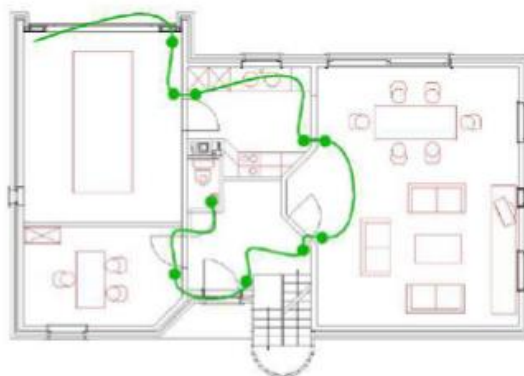
Η τοπολογία της γραμμής, ή γραμμή bus ή αρτηρία, είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική εφαρμογή στην τοπολογία δικτύων. Επειδή πρόκειται απλώς για την γραμμή που συνδέονται οι συσκευές του συστήματος, γι' αυτό έχουν πάρει και την ονομασία τους οι συσκευές του συστήματος KNX ως bus-συσκευές ή bus-συνδρομητές. Όλη η εγκατάσταση του συστήματος KNX είναι συνδεδεμένη στη γραμμή bus. Με βάση αυτή τη γραμμή στήνεται ολόκληρο το δίκτυο της εγκατάστασης KNX καθώς εκεί συνδέονται όλα τα ενεργά μέρη του συστήματος. Η κάθε μία συσκευή μπορεί να προγραμματιστεί ξεχωριστά εφόσον διαθέτει εσωτερικά δικό της «εγκέφαλο» και δε υπάρχει η ανάγκη μιας κεντρικής μονάδας ελέγχου.

Για να υπάρχει διαχωρισμός των συσκευών αυτών με αυτές του οικιακού τύπου, τις ονομάζουμε συνδρομητές του δικτύου.. Η τοπολογία αυτή είναι η πιο σημαντική από όλες και αποτελεί κομμάτι όλων των υπόλοιπων τοπολογιών που χρησιμοποιούνται, ακόμη και όταν πρόκειται για ένα μεγαλύτερο σύστημα που διακρίνεται από σύνθετη τοπολογία.



**Εικόνα 4.1: Τοπολογία διαύλου (bus)**

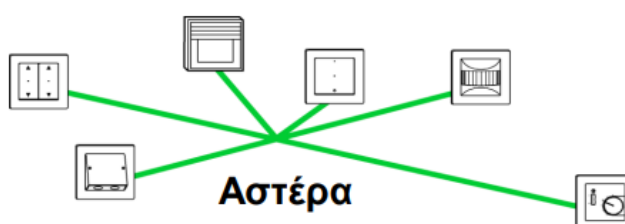
Παρακάτω βλέπουμε και ένα παράδειγμα απεικόνισης της λογικής τοπολογίας αρτηρίας σε ένα σύστημα KNX, στο φυσικό χώρο όπου είναι τοποθετημένες οι KNX συσκευές:



**Εικόνα 4.2: Τοπολογία διαύλου στο χώρο**

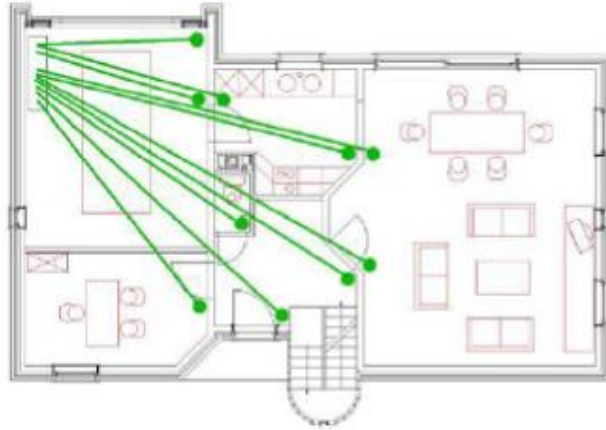
## 2. Αστέρας (Star):

Στην περίπτωση τοπολογίας αστέρα, κάθε συσκευή αποτελεί και έναν κόμβο ο οποίος είναι σε επικοινωνία με έναν άλλο κεντρικό. Άρα σε αυτή την περίπτωση, κάθε εντολή-πακέτο που ξεκινά από κάθε μια συσκευή-κόμβο, περνάει πρώτα από τον κεντρικό ώστε να την ανακατευθύνει στην αντίστοιχη συσκευή-παραλήπτη. Όλοι λοιπόν οι κόμβοι για να είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους πρέπει να αλληλεπιδράσουν πρώτα με τον κεντρικό. Συνεπώς ο κεντρικός κόμβος είναι αυτός που έχει τον πρωταρχικό ρόλο για την ομαλή λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος.



**Εικόνα 4.3: Τοπολογία αστέρα (star)**

Παρακάτω δίνεται και για αυτήν την λογική τοπολογία ένα παράδειγμα απεικόνισης των συσκευών ενός συστήματος KNX στο φυσικό χώρο :



**Εικόνα 4.4: Τοπολογία αστέρα στο χώρο**

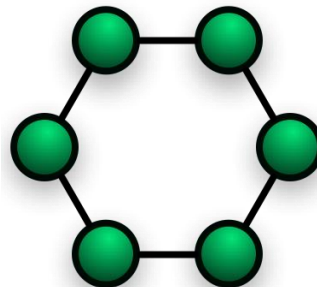
### **3. Δακτύλιος (Ring):**

Στα συστήματα KNX γενικά οι βρόχοι πρέπει να αποφεύγονται, οπότε η τοπολογία δακτυλίου δε χρησιμοποιείται. Γενικά, όμως, πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει και η τοπολογία του δακτυλίου, καθώς είναι και αυτή μια πιθανή λογική τοπολογία για ένα δίκτυο συσκευών. Ο δακτύλιος βασίζεται στην τοπολογία διαύλου (bus) αλλά τα δύο άκρα της όμως ενώνονται σε έναν κλειστό βρόχο.

Είδη τοπολογίας δακτυλίου:

#### **i) Μονός δακτύλιος (single-ring):**

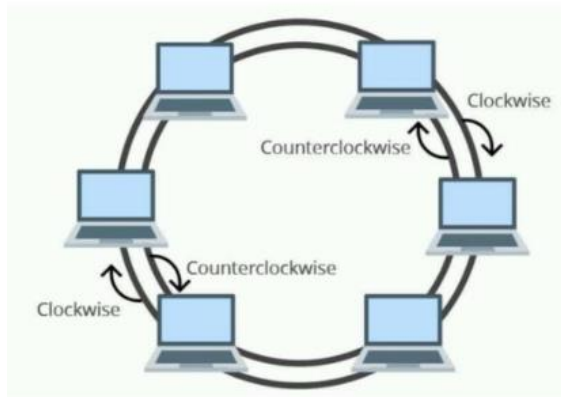
Σε αυτόν, η επικοινωνία είναι ημι-αμφίδρομη (half-duplex), με τη μετάδοση δεδομένων γίνεται προς μία μόνο κατεύθυνση κάθε φορά.



**Εικόνα 4.5: Τοπολογία αστέρα απλού δακτυλίου (single-ring)**

## ii) Διπλός δακτύλιος (dual-ring):

Δίνεται η δυνατότητα επικοινωνίας και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, ενώ η γραμμή του δεύτερου δακτυλίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφεδρική, σε περίπτωση βλάβης της πρώτης γραμμής.



Εικόνα 4.6: Τοπολογία αστέρα Διπλού δακτυλίου (dual-ring)

## Σύνθετες τοπολογίες δικτύων:

### 4. Κατανεμημένη ή πλέγματος (mesh):

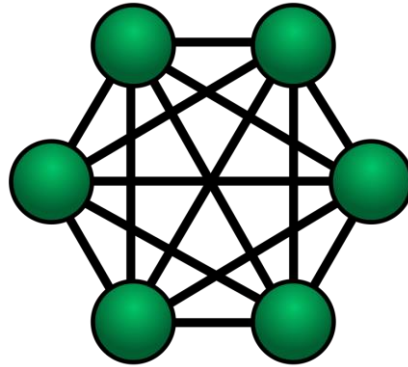
Στο συγκεκριμένο τύπο τοπολογίας, όλες οι συσκευές - κόμβοι του δικτύου συνδέονται μεταξύ είτε μεμονωμένα είτε συνολικά, χωρίς να κατατάσσονται σε κάποιο από τους προηγούμενους τύπους τοπολογίας. Όπως στην περίπτωση του δακτυλίου, έτσι και στην κατανεμημένη τοπολογία, δεν χρησιμοποιείται στα συστήματα KNX, καθώς οι βρόχοι είναι σημαντικό να αποφεύγονται, ωστόσο θα αναφερθεί και αυτή ως ένα είδος τοπολογίας. Η κατανεμημένη τοπολογία διακρίνεται σε:

i) Πλήρως κατανεμημένη τοπολογία (fully connected topology ή fully connected mesh topology) όπου ο αριθμός των συνδέσεων (connections) καθορίζεται σε :

$$connections = \frac{nodes(nodes - 1)}{2}$$

στα δίκτυα που υπάρχουν πολλοί κόμβοι είναι:

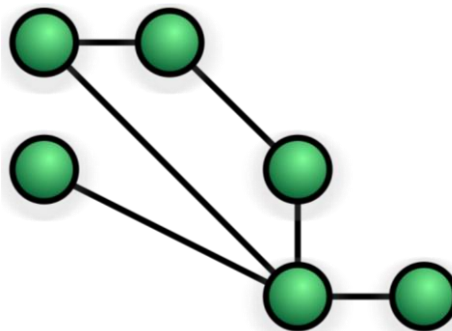
$$\frac{nodes^2}{2}$$



**Εικόνα 4.7: Πλήρως καταναμημένη τοπολογία (fully connected)**

και σε:

ii) Μερικώς καταναμημένη τοπολογία (partially connected mesh topology) όπου δεν συνδέονται όλοι με όλους όπως γίνεται στην πλήρως καταναμημένη και δεν είναι αυστηρός ο αριθμός των συνδέσεων.



**Εικόνα 4.8: Μερικώς καταναμημένη τοπολογία (partially connected)**

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα καταναμημένης:

Το θετικό στοιχείο αυτής της τοπολογίας είναι ότι μπορούμε να έχουμε πολλαπλές διαδρομές αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο κόμβους. Το αρνητικό στοιχείο της είναι αρχικά η ανάγκη για την ύπαρξη αλγορίθμου δρομολόγησης και η αρκετά μεγάλη καθυστέρηση. Στην

πράξη, αυτού του είδους η τοπολογία δεν εφαρμόζεται σε μεγάλα δίκτυα (Ariyan, 2020 ; Microsoft Geek 2012).

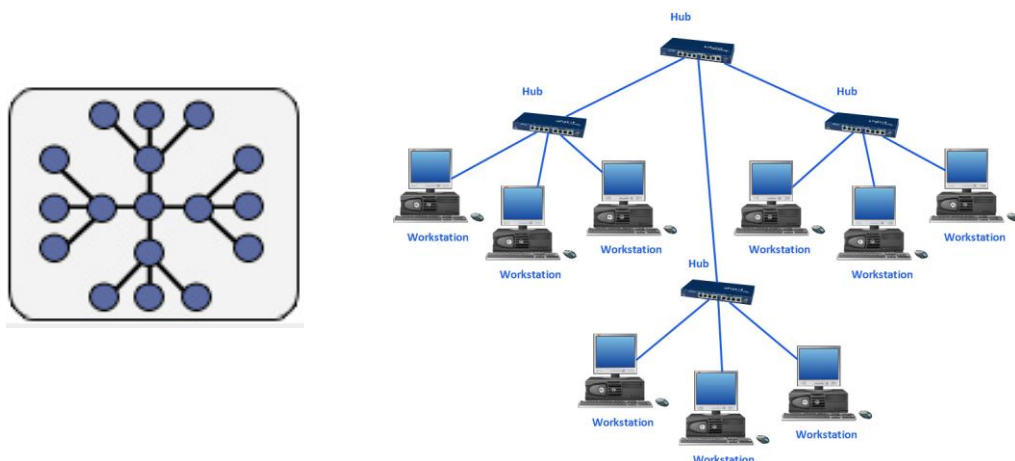
## 5. Υβριδικές ή μεικτές τοπολογίες:

Οι υβριδικές τοπολογίες είναι σε θέση να συνδυάσουν δύο ή περισσότερες από τις βασικές τοπολογίες που είδαμε προηγουμένως. Οι πιο συνηθισμένες υβριδικές τοπολογίες είναι οι εξής:

- **Δένδρου:**

Αυτού του είδους η τοπολογία δίνει τη δυνατότητα να κατασκευαστούν πιο σύνθετα συστήματα, με συνδυασμούς τοπολογιών διαύλου-αστέρα και αστέρα-αστέρα, και αποτελείται από έναν ή περισσότερους υποσταθμούς οι οποίοι εξαρτώνται άμεσα από έναν κόμβο ρίζας.

- Στην τοπολογία αστέρα-αστέρα (star-star) ή εκτεταμένου αστέρα (extended star) έχουμε μια τοπολογία αστέρα όπου διακλαδώνεται με συσκευές-κόμβους οι οποίες βρίσκονται με τη σειρά τους επίσης σε μια τοπολογία αστέρα. Οι τοπολογίες αστέρα γίνεται να υλοποιηθούν σε πολλά επίπεδα, πάντα όμως κύριος κόμβος θα είναι ο αρχικός..



**Εικόνα 4.9: Τοπολογία δέντρου, τύπου αστέρα-αστέρα**



- Στην τοπολογία αστέρα-διαύλου (star-bus) ή ιεραρχική τοπολογία (hierarchical topology), δύο ή περισσότερες τοπολογίες αστέρα διασυνδέονται μέσω μίας τοπολογίας διαύλου. Και εδώ μπορούμε να έχουμε πολλούς συνδυασμούς με πολλά επίπεδα όπου όλα βασίζονται σε έναν αρχικό κόμβο ή δίαυλο. Η τοπολογία δένδρου τύπου αστέρα-διαύλου είναι και αυτή που χρησιμοποιείται κατά κόρον στα συστήματα KNX.

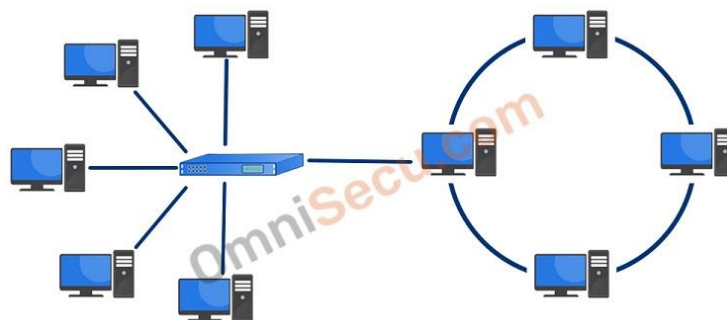


**Εικόνα 4.10: Τοπολογία δένδρου, τύπου αστέρα-διαύλου**

Η τοπολογία δένδρου έχει το πλεονέκτημα του να μπορεί να διαιρεθεί σε πολλά τμήματα με αποτέλεσμα την πιο εύκολη ρύθμιση τους και εντοπισμό προβλημάτων. Το βασικό της μειονέκτημα όμως είναι ότι η καλή λειτουργία του συστήματος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την εύρυθμη λειτουργία του κεντρικού κόμβου.

- **Αστέρα-δακτυλίου:**

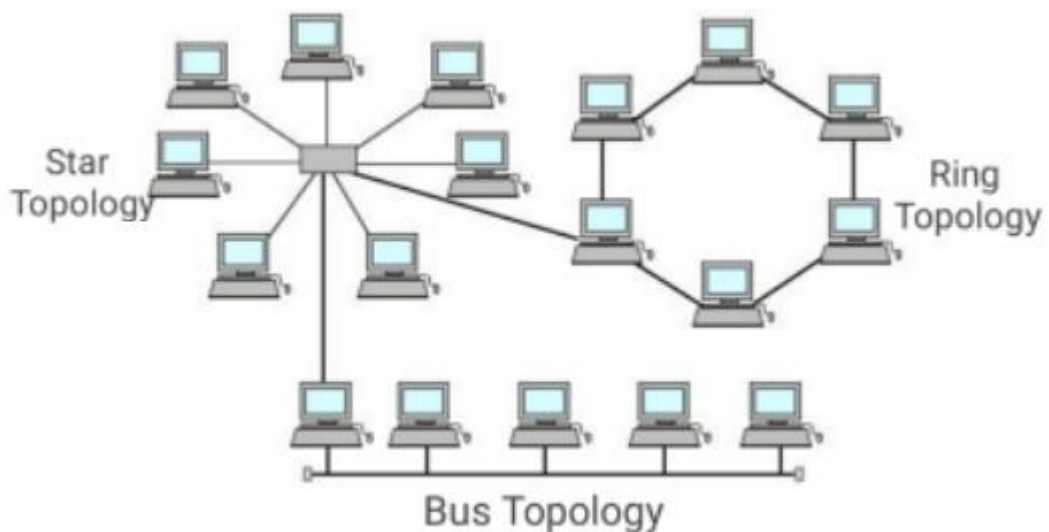
Δύο οι περισσότεροι δακτύλιοι συνδέονται σε έναν κεντρικό κόμβο. Δεν χρησιμοποιείται στα συστήματα KNX λόγω του δακτυλίου. Αναφέρεται μόνο ως πιθανή περίπτωση δικτύου γενικά.



**Εικόνα 4.11: Τοπολογία μεικτή, τύπου αστέρα-δακτυλίου**

- **Υβριδική-κατανεμημένη:**

Ένας ή περισσότεροι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν με διαφορετικούς τύπους τοπολογιών. Αυτού του είδους την τοπολογία τη συναντάμε στο διαδίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί μερικώς κατανεμημένη υβριδική τοπολογία. Στα συστήματα KNX μπορούμε να συναντήσουμε συνδυασμό των τοπολογιών αστέρα-αστέρα και αστέρα-διαύλου μαζί (Ariyan, 2020 ; Microsoft Geek 2012).



**Εικόνα 4.12: Τοπολογία μεικτή**

## **A2. Τοπολογίες ασύρματων δικτύων**

Για να δημιουργήσουμε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο, πρέπει απαραίτητα να έχουμε μια κεντρική μονάδα που θα λειτουργεί σαν πομπός αλλά και δέκτης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτή, την ονομάζουμε «Ασύρματο Σημείο Πρόσβασης» , κάτι σαν τον κεντρικό κόμβο στην τοπολογία αστέρα σε ένα ενσύρματο δίκτυο. Γενικά, τα ασύρματα δίκτυα αποτελούνται κάποια συγκεκριμένα βασικά στοιχεία, τα οποία θα δούμε παρακάτω.

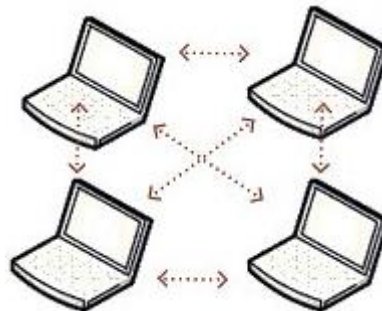
### **Στοιχεία ασυρμάτων δικτύων:**

- 1. Ασύρματο Σημείο Πρόσβασης (Access Point A.P.):** Ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης είναι η κεντρική συσκευή που διαχειρίζεται τα σήματα τόσο σαν πομπός όσο και σαν δέκτης στα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN). Είναι επίσης ο συνδετικός κρίκος των ασύρματων συσκευών με το ενσύρματο δίκτυο.
- 2. Κόμβοι Διανομής:** Η εμβέλεια που έχουν τα A.P. είναι περιορισμένη το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την χρήση πολλών APs ώστε να επεκταθεί το σήμα. Οι κόμβοι διανομής έχουν σαν στόχο να διασυνδέουν τα A.P. με το εκάστοτε ενσύρματο δίκτυο.
- 3. Κόμβοι Κορμού:** Οι κόμβοι διανομής με τη σειρά τους, χρειάζονται επίσης έναν τρόπο επικοινωνίας. Αυτό επιτυγχάνεται με τους κόμβους κορμού. Ανάλογα το είδος της τοπολογίας που έχουμε σε κάθε περίπτωση όταν συνδέουμε κόμβους κορμού, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλαπλές συνδέσεις (τοπολογία πλέγματος) με αποτέλεσμα να μειώνουμε σημαντικά τον κίνδυνο απώλειας επαφής.
- 4. Ασύρματο Μέσο Μετάδοσης (Wireless Medium):** Στα ασύρματα τοπικά δίκτυα , η επικοινωνία δε γίνεται μέσω καλωδίων αλλά μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων οποιουδήποτε φάσματος (ραδιοσυχνότητες, μικροκύματα).
- 5. Ασύρματοι Σταθμοί (Stations):** Οι ασύρματοι σταθμοί είναι αυτοι που χρησιμοποιεί ο χρήστης ώστε να συνδεθεί σε ένα δίκτυο (π.χ. Η/Υ, κινητές συσκευές, κ.α.)
- 6. Γέφυρες (Bridges):** Για να επιτύχουμε μια σύνδεση μεταξύ δύο ή περισσότερων ασύρματων τοπικών δικτύων θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε γέφυρες με ασύρματη σύνδεση μεταξύ τους.
- 7. Προσαρμογείς (Interfaces):** Για να συνδεθεί ένα A.P. με έναν σταθμό ασύρματα , χρειάζεται να έχει μια κάρτα δικτύου με κεραία ώστε να επικοινωνήσει με τα κατάλληλα ραδιοκύματα. Αυτές οι κάρτες λοιπόν αποτελούν τα λεγόμενα interfaces.

**8. Κεραίες (Antennas):** Οι κεραίες είναι υπεύθυνες να μεταδώσουν και να λάβουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Ανάλογα με το φάσμα της συχνότητας και το εύρος της ακτινοβολίας, ορίζεται και η αρχιτεκτονική τους και ο τρόπος κατασκευής τους. (Ασύρματο δίκτυο , χ.χ.).

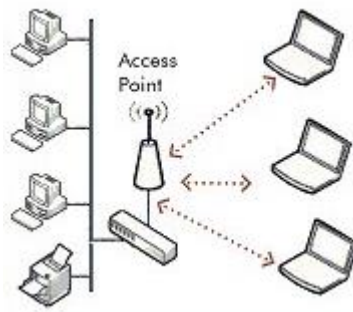
Στην περίπτωση διασύνδεσης ασύρματων σταθμών, έχουμε δύο περιπτώσεις.

**1. Αυτοοργανωμένη ή κατ' απαίτηση σύνδεση (ad hoc):** Με αυτό τον τρόπο σύνδεσης, κάθε ασύρματη συσκευή συνδέεται απευθείας με την άλλη, χωρίς τη χρήση A.P. Όταν έχουμε αυτό τον τρόπο, λέμε ότι έχουμε σύνδεση peer to peer. Αυτού του είδους τη σύνδεση τη χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να επικοινωνήσουν δύο ασύρματοι σταθμοί χωρίς A.P. Γενικά μπορούμε να συνδέσουμε πολλούς ασύρματους σταθμούς δημιουργώντας έτσι μία τοπολογία πλέγματος όπως αυτήν των ενσύρματων δικτύων (Viraj S. & Ritesh P. & Rikin N. , 2017).



**Εικόνα 4.13: Αυτοοργανωμένης ή κατ' απαίτηση σύνδεσης (Ad-hoc)**

**2. Σύνδεση Υποδομής (Infrastructure Mode):** Στη σύνδεση υποδομής μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν ή περισσότερους σταθμούς βάσης (π.χ. servers, εκτυπωτές κ.α.) με τους οποίους συνδέονται οι ασύρματοι σταθμοί. Οι σταθμοί βάσης μπορούν να συνδεθούν και ενσύρματα. Η εμβέλεια που εκπέμπει ο κάθε σταθμός βάσης, ονομάζεται κυψέλη. Οι σταθμοί που είναι μέσα στα όρια αυτής της κυψέλης, «εξυπηρετούνται» από τον σταθμό βάσης και τους ονομάζουμε πελάτες (clients). Οι περιοχές που καλύπτουν διαφορετικές κυψέλες, έχουν άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ τους ώστε όταν ένας ασύρματος σταθμός κινείται από μία κυψέλη σε μια άλλη, να μην χάνει την επικοινωνία με το δίκτυο (Viraj S. & Ritesh P. & Rikin N. , 2017).



**Εικόνα 4.14: Σύνδεση υποδομής (Infrastructure mode)**

Όταν σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο υπάρχει σταθμός βάσης, σχηματίζεται τοπολογία αστέρα καθώς όλοι οι ασύρματοι σταθμοί του δικτύου, συνδέονται σε αυτόν. Την περίπτωση αυτή τη χρησιμοποιούμε κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις όπως π.χ. σε οικίες ή μικρές επιχειρήσεις. Εάν χρησιμοποιηθούν περισσότεροι από έναν σταθμό βάσης τότε έχουμε τοπολογία πλέγματος. Αυτό το είδος θα το συναντήσουμε για παράδειγμα σε δίκτυα ξενοδοχείων, αεροδρομίων κ.τ.λ.

Τέτοια τοπολογία, ασύρματου δικτύου, υλοποιείται στα συστήματα KNX μέσω της φυσικής τοπολογίας KNX RF. Στη φυσική τοπολογία KNX RF εξ ορισμού το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται είναι οι ραδιοσυχνότητες. Περισσότερα για το KNX RF θα δούμε στο αντίστοιχο υποκεφάλαιο παρακάτω.



**Εικόνα 4.15: Συσκευές ασύρματης σύνδεσης KNX RF**

## **B. ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ**

### **Γενικά**

Ένα σύστημα KNX είδαμε ότι αποτελείται από έναν αριθμό συσκευών και αντίστοιχα προσφέρει ορισμένες επιθυμητές λύσεις. Πολλές φορές, όμως, η ανάγκη για σύνδεση περισσότερων συσκευών KNX μεταξύ τους, ή καλύτερα για τη σύνδεση ολόκληρων συστημάτων KNX μεταξύ τους, απαιτεί και τις αντίστοιχες ρυθμίσεις και πρωτόκολλα.

Πολλά συστήματα KNX είναι δυνατό να προστεθούν μεταξύ τους κατά το επιθυμητό ή αντίστοιχα ένα μεγάλο, να αποτελείται από πολλά υποσυστήματα που βασίζονται σε διαφορετικά επικοινωνιακά μέσα (TP, PL, RF, IP). Για να εξασφαλιστεί η μετάδοση των τηλεγραφημάτων χωρίς να υπάρχουν προβλήματα μεταξύ μεμονωμένων συσκευών διαύλου, τα συστήματα KNX πρέπει τηρούν μια συγκεκριμένη τοπολογία με τις ανάλογες ρυθμίσεις.

Η bus – γραμμή επικοινωνίας έχει ένα όριο χωρητικότητας το οποίο είναι από 2 μέχρι 64 συσκευές. Πρακτικά όμως οι εγκαταστάτες χρησιμοποιούν μέχρι 55 - 60 ώστε να υπάρχει η δυνατότητα για κάποια μελλοντική επέκταση. Οι γραμμές bus για να λειτουργήσουν χρειάζονται ένα τροφοδοτικό και ένα πηνίο για να έχει την κατάλληλη τάση (24 VDC). Το πηνίο υπάρχει για τον εκμηδενισμό των σημάτων τα οποία και καταπνίγει στο τροφοδοτικό το οποίο έχει μεγάλη αντίσταση. Για να μπορέσουμε να προγραμματίσουμε τις συσκευές μα βέβαια, χρειάζεται μια θύρα USB ή RS-23 η οποία είναι απαραίτητη μόνο για να μπορέσει να περαστεί το εκάστοτε πρόγραμμα από έναν Η/Υ. (KNX BASICS , χ.χ).

### **1) Τοπολογία συστήματος KNX με συνεστραμμένα ζεύγη (KNX TP)**

Η βασική μονάδα μιας εγκατάστασης KNX TP είναι μια γραμμή (main line ή γραμμή 0). Αυτή η γραμμή περιλαμβάνει τροφοδοτικό KNX και συνήθως όχι περισσότερες από **64 άλλες συσκευές** διαύλου (Parthoens C. , 2018). Στην πράξη, ο πραγματικός αριθμός των υποστηριζόμενων συσκευών εξαρτάται από το τροφοδοτικό και το φορτίο ισχύος των μεμονωμένων συσκευών. Το τροφοδοτικό και η γραμμή συνεστραμμένου ζεύγους (καλώδιο διαύλου) εκτελούν δύο λειτουργίες:

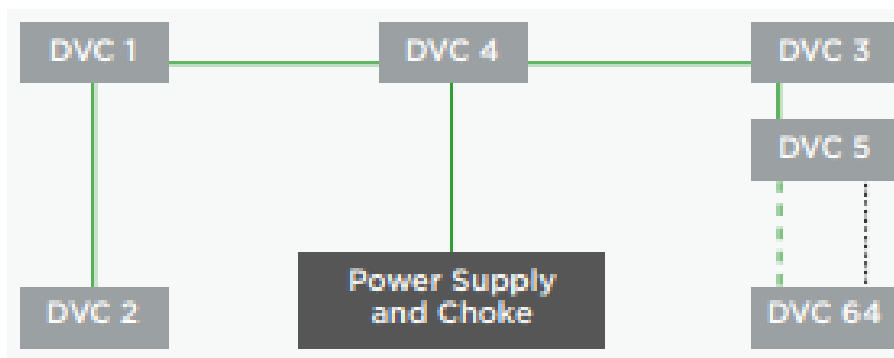
i) τροφοδοτούν τις συσκευές διαύλου με την ισχύ που χρειάζονται και

ii) επιτρέπουν την ανταλλαγή των πληροφοριών (τηλεγράφημα) μεταξύ τους.



**Εικόνα 4.16: Καλώδιο bus**

Το καλώδιο του διαύλου μπορεί να τοποθετηθεί ανάλογα με την επιθυμία του εγκαταστάτη με τη δυνατότητα να προστεθούν διακλαδώσεις σε οποιοδήποτε σημείο. Η λογική τοπολογία που προκύπτει είναι μια **ελεύθερη δομή δέντρου**, η οποία δίνει μεγάλη ευελιξία όσον αφορά στη διάταξη.



**Εικόνα 4.17: Σύνδεση συσκευών σε KNX TP**

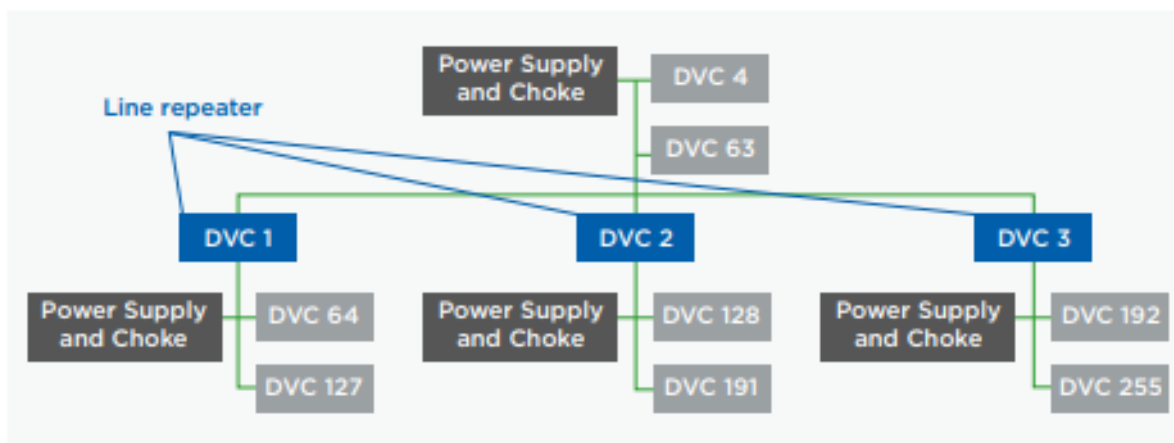
Εάν σε μια γραμμή, χρειαστούμε πάνω από 64 συσκευές, τότε έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε επαναλήπτες γραμμής.

Τα τμήματα που προστίθενται επιπλέον των πρώτων 64 συσκευών είναι γνωστά ως **τμήματα γραμμής**. Κάθε τμήμα απαιτεί τοπική παροχή ρεύματος και το μέγιστο μήκος ενός τμήματος είναι 1000 m. Ένα τμήμα γραμμής αποτελείται από:

- έναν Επαναλήπτη Γραμμής,
- ένα τροφοδοτικό και
- όχι περισσότερο από 64 συσκευές διαύλου περαιτέρω (οι Επαναλήπτες Γραμμής υπολογίζονται ως συσκευές διαύλου στην αρχική γραμμή).

Το όριο που έχουμε για τη χρήση επαναληπτών γραμμής σε μία γραμμή είναι τρεις. Δηλαδή ο μέγιστος αριθμός συσκευών διαύλου είναι 256 (TP1-256). Δηλαδή, 65 συσκευές (μαζί με το

τροφοδοτικό) στην κάθε γραμμή \* 4 γραμμές-τμήματα (όπου 1η είναι η αρχική γραμμή και οι υπόλοιπες 3 αυτές των επαναληπτών). Ως προς τη γεωγραφική διάσταση του δικτύου, τα τμήματα που συνδέονται με επαναλήπτες γραμμής μπορούν να εκτείνονται σε μήκος 4000 m.

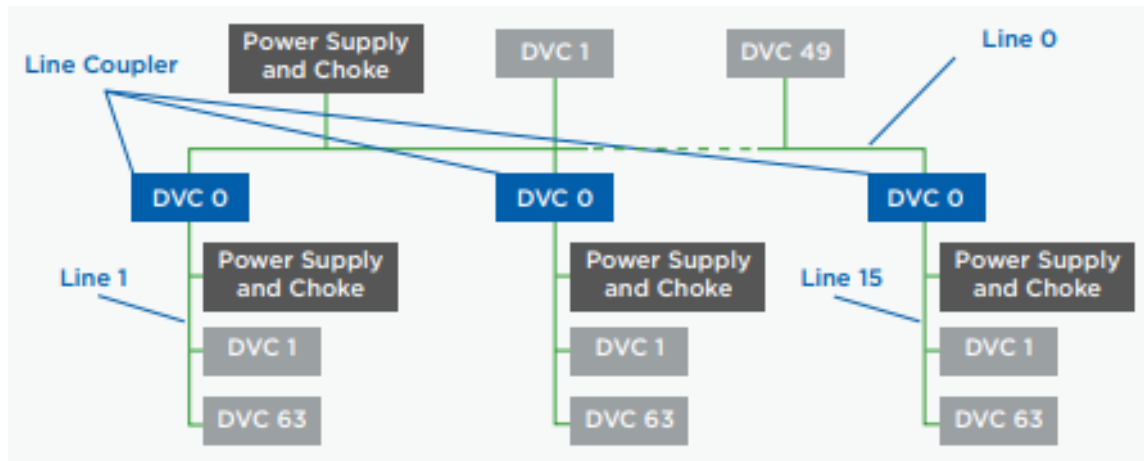


**Εικόνα 4.18: Σύνδεση συσκευών σε KNX TP με τρεις επαναλήπτες**

Ένας άλλος τρόπος επέκτασης της εγκατάστασης είναι η δημιουργία νέων γραμμών χρησιμοποιώντας **Συζευκτές Γραμμής** (Line Coupler – LC). Επειδή, στην πράξη, οι Επαναλήπτες Γραμμών και οι Συζευκτές/ Προσαρμοστές Γραμμής (ή Συζευκτές/ Προσαρμοστές Περιοχής, Area Coupler – AC) είναι συχνά το ίδιο υλικό, οι γραμμές δεν επεκτείνονται κανονικά στο μέγιστο μέγεθός τους χρησιμοποιώντας τους Επαναλήπτες Γραμμής. Αντ' αυτού, δημιουργούνται γενικά νέες γραμμές. Από τη μια πλευρά, αυτό κάνει το σύστημα πιο διαχειρίσιμο. Από την άλλη πλευρά, όμως, μειώνει τον αριθμό των τηλεγραφημάτων που ταξιδεύουν μαζί σε κάθε γραμμή (εξαιτίας της λειτουργίας φίλτρου των Συζευκτών Γραμμής). Επίσης, ένας Συζευκτής Γραμμής δεν θα στείλει τηλεγράφημα σε μια γραμμή για την οποία δεν προορίζεται αυτό.

Μέσω Συζευκτών Γραμμής μπορούν να λειτουργήσουν έως και **15 άλλες Γραμμές** σε μια γραμμή -την κύρια γραμμή- για να σχηματίσουν **μία περιοχή**. Στην τοπολογία της περιοχής, η κύρια και η κάθε επόμενη γραμμή μπορεί επίσης να φιλοξενήσει έως και 64 συσκευές. Άρα, υπολογίζοντας έχουμε 15 bus-γραμμές οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω προσαρμοστών γραμμής, δημιουργείται μια περιοχή με μέχρι **960 bus-συνδρομητές** (= 15 x 64) bus –πέρα από τις άλλες 49 συσκευές της κύριας γραμμής.

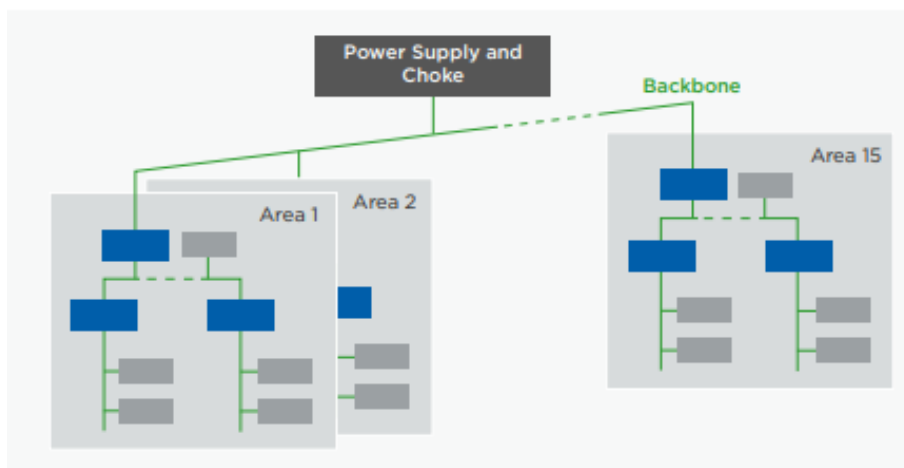




**Εικόνα 4.19: Σύνδεση συσκευών σε KNX TP με 15 Συζευκτές Γραμμής**

Μία γραμμή περιοχής, αντίστοιχα μπορεί να αποτελείται από **έως και 15 περιοχές** μέσω Συζευκτών Γραμμής /Περιοχής, για να σχηματιστεί **ένα πλήρες σύστημα**. Ακριβώς όπως η κύρια γραμμή, η γραμμή περιοχής μπορεί να φιλοξενήσει έως 64 συσκευές διαύλου (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι Επαναλήπτες Γραμμής). Δηλαδή ένα πλήρες σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει **14.400 bus-συνδρομητές** (= 15 περιοχές \* 15 γραμμές/περιοχή \* 64 bus-συνδρομητές/γραμμή/περιοχή). Η κατανόηση και αποστήθιση των μέγιστων αριθμών bus-συνδρομητών σε ένα δίκτυο, ανάλογα με την φυσική του τοπολογία, μπορεί να γίνει ευκολότερη μέσα από τις δύο εικόνες που παρατίθενται (Εικόνες 4.18, 4.19 και 4.20).

Οι Συζευκτές Περιοχής υπολογίζονται στη γραμμή περιοχής ή γραμμή κορμού ως συσκευές διαύλου. Στην πράξη, η σύζευξη περιοχής συνήθως εκτελείται με χρήση Συζευκτών Γραμμής που παραμετροποιούνται ως Συζευκτές Περιοχής. Η γραμμή περιοχής ονομάζεται επίσης **ραχοκοκαλιά**, άρα χρειάζεται και δικό της τροφοδοτικό. Σημειώνεται ότι οι Επαναλήπτες Γραμμής δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κύρια γραμμή και κάθε γραμμή χρειάζεται τη δική της τροφοδοσία ισχύος (KNX BASICS , χ.χ.).



**Εικόνα 4.20: Σύνδεση συσκευών σε KNX TP με 15 Συζευκτές Περιοχές**

Ο διαχωρισμός του συστήματος σε γραμμές και περιοχές έχει τα ακόλουθα ουσιαστικά οφέλη:

1. Πιο αξιόπιστη λειτουργία χάρη στις γραμμές γαλβανικού διαχωρισμού, καθώς όλες οι γραμμές και οι περιοχές έχουν η καθεμία το δικό τους τροφοδοτικό. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μάλιστα, το σύστημα μπορεί και συνεχίζει να λειτουργεί ακόμα κι αν αποτύχουν κάποια από τα μεμονωμένα τροφοδοτικά.
2. Η κυκλοφορία τοπικών δεδομένων σε μια γραμμή ή περιοχή δεν επηρεάζει το ρυθμό δεδομένων σε άλλες γραμμές και περιοχές.
3. Η τοπολογία είναι εύλογη και διαχειρίσιμη ώστε να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα σύμφωνα με τους εκάστοτε σκοπούς.
4. Συνοψίζοντας, σε ένα KNX σύστημα οι γραμμές μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μια **περιοχή**, με έως και 15 γραμμές συνδεδεμένες σε **μια κύρια γραμμή** μέσω συζευκτών γραμμής. Με 15 περιοχές που συνδέονται σε μια γραμμή **κορμού** μπορεί να σχηματιστεί ένας ολόκληρος τομέας, χρησιμοποιώντας συζεύκτες κορμού. Στην ραχοκοκαλιά ή κύρια γραμμή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν επαναλήπτες γραμμής.

5. Ουσιαστικά, λοιπόν, όταν διαχωρίζουμε μιας εγκατάσταση KNX σε γραμμές και περιοχές, έχουμε μια πιο ασφαλή λειτουργία. Η χρήση προσαρμοστών γραμμής ή περιοχής έχει σαν αποτέλεσμα την ανεξάρτητη λειτουργία των γραμμών bus όταν τα τηλεγραφήματα που λαμβάνονται, περιλαμβάνονται σε πίνακα φίλτρων. Ο πίνακας φίλτρων θα επεξεργαστεί τις πληροφορίες των συσκευών μιας εγκατάστασης KNX πολλών γραμμών, μόνο στην περίπτωση που αυτές τις αφορούν (KNX BASICS , χ.χ.).

## **2) Τοπολογία συστήματος KNX με γραμμής ισχύος (KNX PL)**

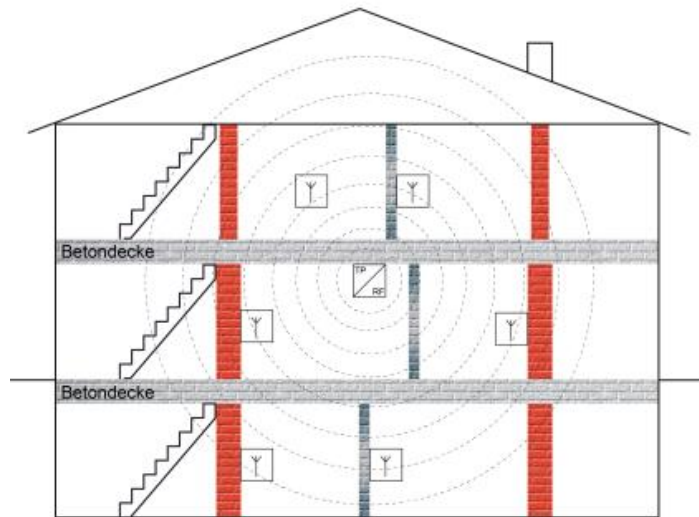
Η τοπολογία στο KNX PL είναι παρόμοια με αυτή του KNX TP και αποτελείται και αυτή από γραμμές και περιοχές. Η βασική μονάδα μιας εγκατάστασης είναι μια γραμμή που περιέχει το πολύ 255 συσκευές. Μια περιοχή δημιουργείται με σύζευξη 15 γραμμών KNX PL χρησιμοποιώντας συνεστραμμένα ζεύγη KNX TP. Ωστόσο, στην τοπολογία PL **ο μέγιστος αριθμός περιοχών είναι 8.**

Αντί για Συζευκτές Γραμμής, μέσα χρησιμοποιούνται **Συζευκτές Συστήματος KNX PL**. Οι μεμονωμένες γραμμές KNX PL πρέπει να διαχωριστούν το ένα από το άλλο χρησιμοποιώντας φίλτρα band-stop. Οι Συζευκτές Συστήματος, όπως όλοι οι άλλοι Συζευκτές, έχουν λειτουργίες φίλτρου που καθιστούν δυνατή τη μείωση του αριθμού των τηλεγραφημάτων στα διάφορα υποσυστήματα.

Επειδή ο αριθμός των τηλεγραφημάτων σε μια εγκατάσταση του KNX με αποστολή δεδομένων μέσω της γραμμής ισχύος (KNX PL) είναι σημαντικά μικρότερος από ό,τι σε μια εγκατάσταση KNX με συνεστραμμένα ζεύγη (KNX TP,) η χρήση του KNX PL μπορεί να αποτελεί ένα απαραίτητο μέτρο για την πρόληψη συμφόρησης στο σύστημα διαύλων (KNX BASICS , χ.χ.).

## **3) Τοπολογία συστήματος KNX με ραδιοσυχνότητες (KNX RF)**

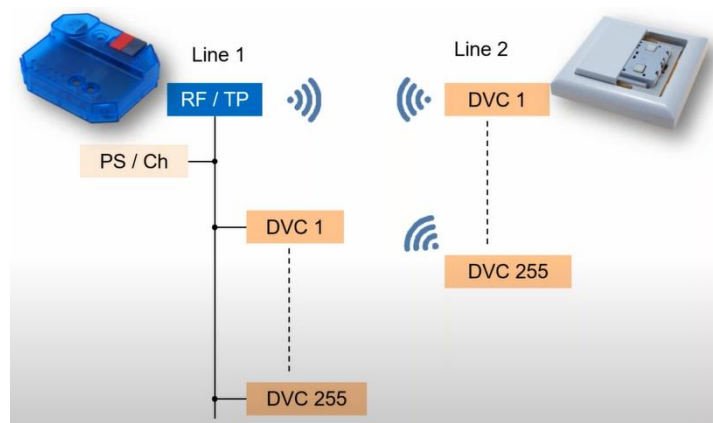
Οι συσκευές σε μια εγκατάσταση KNX RF δεν χρειάζεται να μουν σε ιεραρχική διάταξη και μπορούν να εγκατασταθούν σχεδόν οπουδήποτε. Υπό την προϋπόθεση ότι βρίσκονται εντός εμβέλειας το ένα από το άλλο, οποιοσδήποτε αισθητήρας μπορεί να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε ενεργοποιητή.



**Εικόνα 4.21: Σύνδεση συσκευών σε οικία με KNX RF**

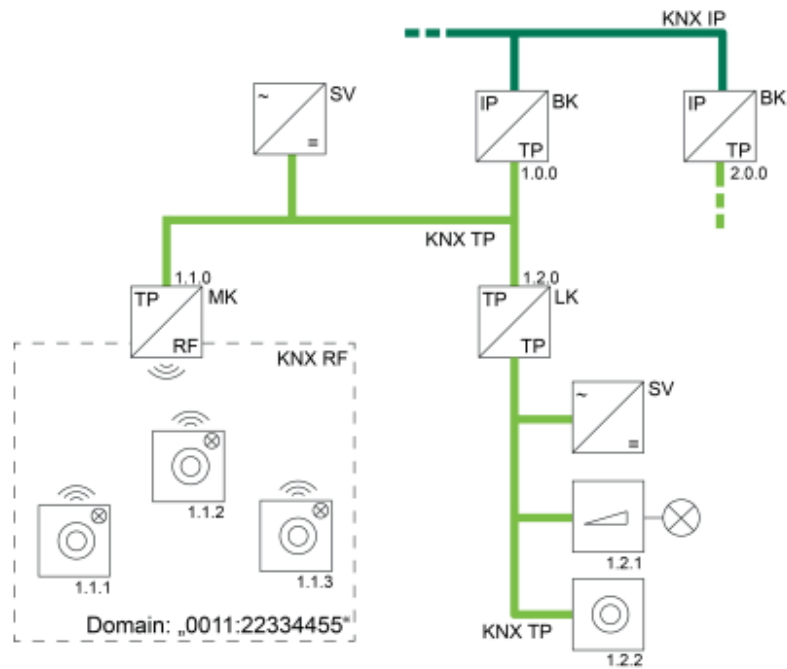
Δεν είναι δυνατός ο περιορισμός της εμβέλειας των ραδιοφωνικών σημάτων RF γεωγραφικά, δηλ. τα τηλεγραφήματα KNX RF μπορούν να λαμβάνονται από συσκευές σε άλλες κοντινές εγκαταστάσεις KNX RF. Σε αυτήν την εγκατάσταση λοιπόν θα πρέπει να διασφαλιστεί με κάποιον τρόπο ότι οι γειτονικές εγκαταστάσεις δεν θα μπορούν να παρεμβαίνουν η μία στην άλλη.

Τα τηλεγραφήματα που αποστέλλονται από τους πομπούς ραδιοσυχνοτήτων KNX περιλαμβάνουν πάντα τον σειριακό αριθμό/διεύθυνση περιοχής της συσκευής ως μοναδικό αναγνωριστικό. Μόνο όσοι δέκτες έχουν συζευχθεί με τον πομπό μπορούν να επεξεργάζονται τα τηλεγραφήματα που αποστέλλονται από αυτόν.



**Εικόνα 4.22: Σύνδεση συσκευών KNX RF**

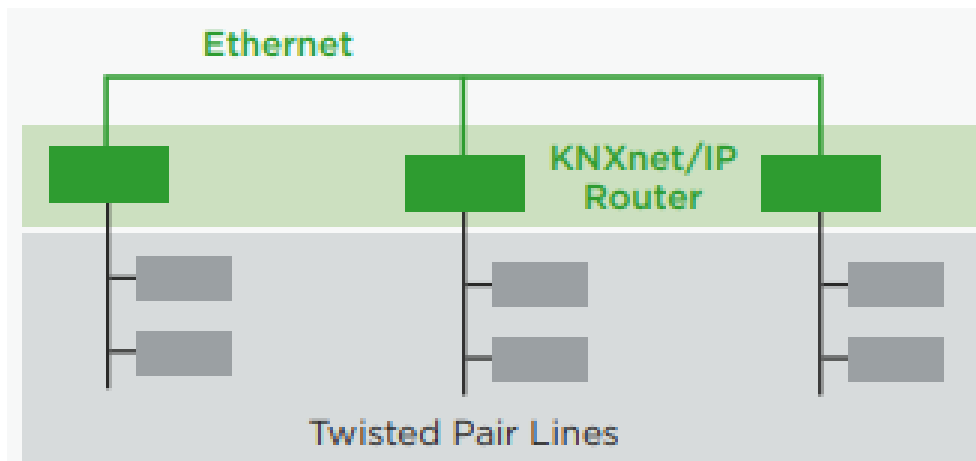
Ένα σύστημα KNX μπορεί να είναι καθαρά ραδιοδίκτυο ή μπορεί να συνδυάσει το ραδιόφωνο με άλλο μέσο επικοινωνίας (π.χ. KNX TP). Σε αυτήν την περίπτωση, οι **Συζευκτές Πολυμέσων** είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς της ζεύξης των διαφορετικών συστημάτων KNX (KNX Association 2019).



**Εικόνα 4.23: Σύνδεση συσκευών KNX RF μαζί με άλλα είδη τοπολογίας**

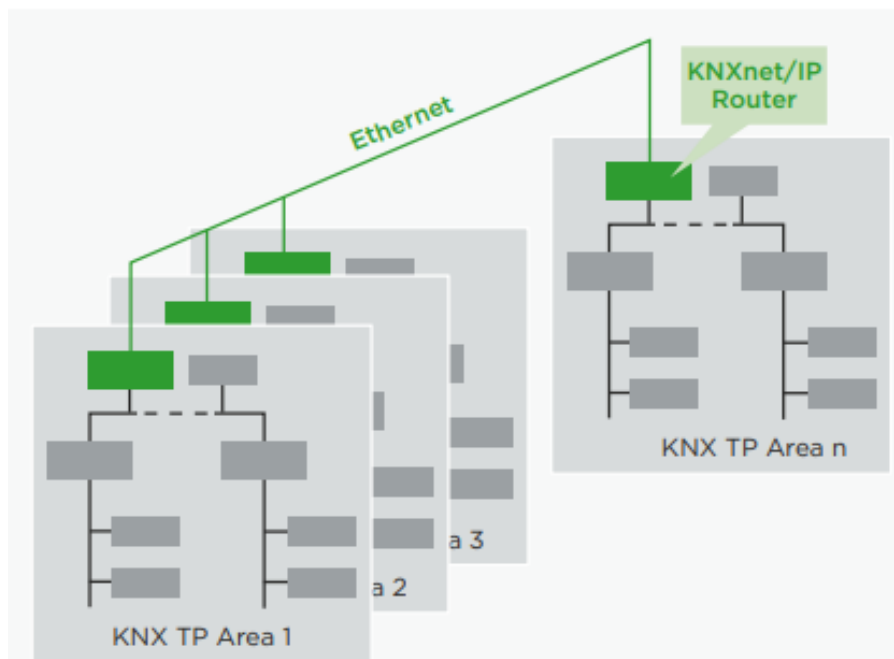
#### 4) Τοπολογία συστήματος KNX IP

Το σύστημα KNX IP μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέση των κύριων γραμμών και περιοχών. Αυτό απαιτεί τη χρήση δρομολογητών KNXnet/IP. Στην κορυφή των δρομολογητών KNXnet/IP υπάρχει μια θύρα Ethernet και μια σύνδεση KNX TP.



**Εικόνα 4.24: Σύνδεση γραμμών μέσω δρομολογητών KNXnet/IP σε σύστημα KNX IP**

Οι δρομολογητές προωθούν τα τηλεγραφήματα KNX σε άλλους δρομολογητές KNXnet/IP χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της δρομολόγησης. Η διαθεσιμότητα του Ethernet ως περαιτέρω μέσο επικοινωνίας αυξάνει ακόμη περισσότερο την ευελιξία των τοπολογιών των KNX συστημάτων. Οι δρομολογητές KNXnet/IP μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως Συζευκτές Γραμμής και Συζευκτές Περιοχής .

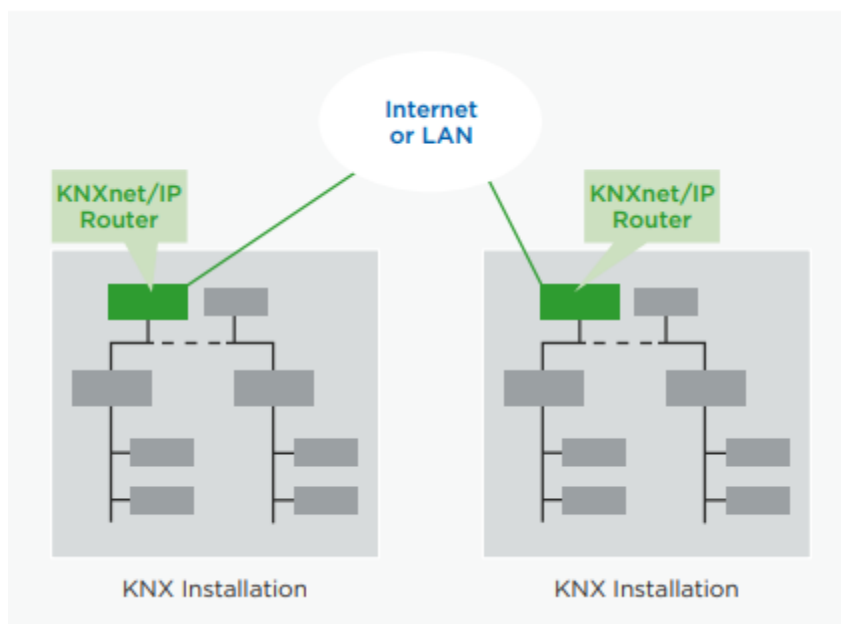


**Εικόνα 4.25: Σύνδεση περιοχών μέσω δρομολογητών KNXnet/IP σε σύστημα KNX IP**

Όπως όλοι οι συζευκτές, έτσι και οι δρομολογητές KNXnet/IP μπορούν επίσης να φιλτράρουν τηλεγραφήματα. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να προγραμματίζουν συσκευές από διαφορετικές γραμμές. Ορισμένοι κατασκευαστές δρομολογητών KNXnet/IP υποστηρίζουν επιπλέον το φιλτράρισμα τηλεγραφημάτων με Μεμονωμένες Διευθύνσεις, ως αποτροπή προγραμματισμού σε διαφορετικές γραμμές ή περιοχές.

Κατά τη λειτουργία, οι δρομολογητές KNXnet/IP επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και με τις άλλες συσκευές KNX στο σύστημα μέσω Ethernet. Οι περισσότεροι δρομολογητές KNXnet/IP υποστηρίζουν επίσης tunneling, δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως διεπαφή προγραμματισμού IP για τον προγραμματιστή ETS του συστήματος.

Οι δρομολογητές μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση ολόκληρων χωριστών συστημάτων μεταξύ τους μέσω Ethernet. Αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο π.χ. αν δύο κτίρια είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα KNX συνεστραμμένων ζευγών και αυτές οι δύο εγκαταστάσεις πρέπει να συνδυαστούν σε ένα ενιαίο σύστημα. Εάν υπάρχει ήδη η σύνδεση Ethernet μεταξύ των δύο κτιρίων (κάτι που συμβαίνει συχνά σε εμπορικά κτίρια), τότε δεν υπάρχει ανάγκη τοποθέτησης ενός νέου καλωδίου μεταξύ τους. Το KNX IP μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για δικτύωση συσκευών KNX, π.χ. Οθόνες KNX, μεταξύ τους (Bergant N. , 2020).



**Εικόνα 4.26: Σύνδεση συστημάτων μέσω δρομολογητών KNXnet/IP σε σύστημα KNX IP**

## 5) Μεικτή τοπολογία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί εντός των ανωτέρω παραγράφων, όλες οι τοπολογίες για τα διάφορα μέσα επικοινωνίας (TP, PL, RF και IP) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό μεταξύ τους, εάν αυτό είναι το επιθυμητό. Έτσι προσφέρεται και το κατάλληλα προσαρμοσμένο σύστημα KNX, για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά (Bergant N. , 2020).

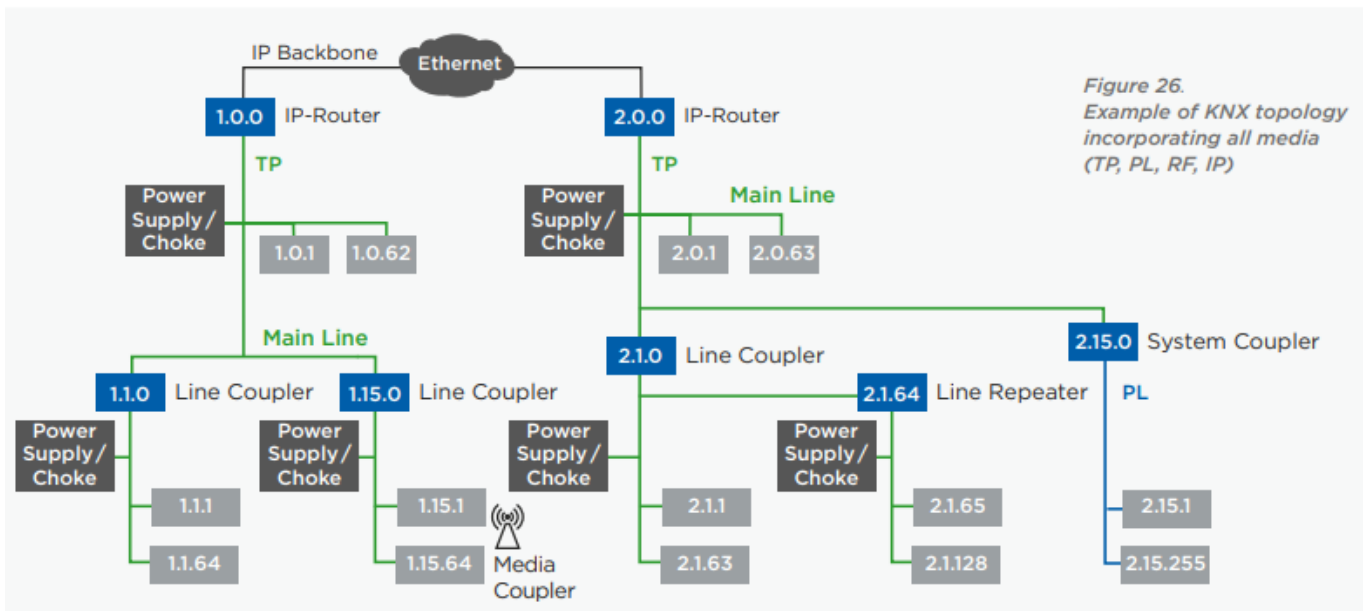


Figure 26.  
Example of KNX topology  
incorporating all media  
(TP, PL, RF, IP)

Εικόνα 4.27: Σύνδεση συστημάτων KNX διαφορετικών τεχνολογιών μεταξύ τους



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°:

### ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ

#### Γενικά

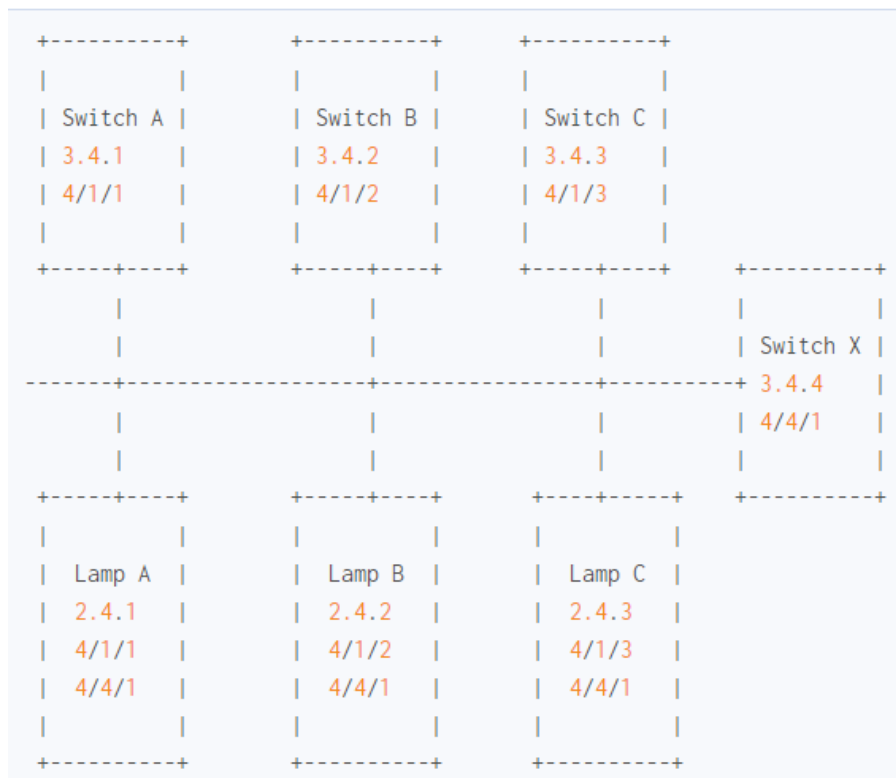
Η τεχνική EIB/KNX χρησιμοποιεί μια πολύ βασική τεχνολογία που βρίσκουμε στον κόσμο της πληροφορικής. Αυτό είναι το γνωστό δυαδικό σύστημα με το λογικό 0 και 1 όπου κάθε πληροφορία ορίζεται ως 1 bit. Όταν εισάγεται μία συσκευή λοιπόν στην εγκατάσταση μας, το λογισμικό της δίνει μια φυσική διεύθυνση. Οι διευθύνσεις αυτές πάνε με αύξουσα σειρά. Βέβαια διευθυνσιοδοτούνται μόνο οι συσκευές που αποτελούν συνδρομητές, δηλαδή όχι το τροφοδοτικό για παράδειγμα. Δηλαδή η πρώτη συσκευή θα έχει φυσική διεύθυνση 01.01.001, η δεύτερη 01.01.002 κ.τ.λ. Στην περίπτωση βέβαια που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε άλλες διευθύνσεις, το λογισμικό μας επιτρέπει να τις επεξεργαστούμε και να τις αλλάξουμε.

Η φυσική διεύθυνση λοιπόν αποτελείται από τρία τμήματα. Το κάθε τμήμα έχει τις παρακάτω μονάδες αποθήκευσης:

<b>Περιοχή (Area) - (A)</b> ↓ <b>4 bit</b>	<b>Γραμμή (Line) - (L)</b> ↓ <b>4 bit</b>	<b>Bus – συσκευή (Bus Device) - (BD)</b> ↓ <b>8 bit (= 1 Byte)</b>
--	---	--

**Εικόνα 5.1: Διευθυνσιοδότηση σύμφωνα με τη θέση της συσκευής**

Για τη δημιουργία ενός δικτύου KNX, όλες οι συσκευές αυτοματισμού κτιρίου συνδέονται σε ένα δίαυλο και επικοινωνούν στέλνοντας και λαμβάνοντας μηνύματα (τα τηλεγραφήματα) στο δίαυλο (bus). Ένα παράδειγμα δικτύου μπορεί να μοιάζει με αυτό:



**Εικόνα 5.2: Παράδειγμα διευθύνσεων δικτύου**

Σε αυτόν το διάλο υπάρχουν τρεις λάμπες και τέσσερις διακόπτες. Κάθε συσκευή στο διάλο έχει μια μοναδική μεμονωμένη διεύθυνση (ονομάζεται επίσης **φυσική διεύθυνση**). Οι μεμονωμένες διευθύνσεις είναι αριθμοί που χωρίζονται με τελείες, π.χ. ο διακόπτης A έχει ατομική διεύθυνση 3.4.1. Οι μεμονωμένες διευθύνσεις χρησιμοποιούνται κατά τον προγραμματισμό των συσκευών και για την αναγνώριση του αποστολέα ενός δεδομένου τηλεγραφήματος.

Εκτός από μεμονωμένες διευθύνσεις, μια συσκευή μπορεί επίσης να συσχετιστεί με μία (ή περισσότερες) διευθύνσεις ομάδας. Οι **διευθύνσεις ομάδας** είναι αριθμοί που χωρίζονται με κάθετες, π.χ. ο διακόπτης A σχετίζεται με τη διεύθυνση ομάδας 4/1/1. Οι διευθύνσεις ομάδας χρησιμοποιούνται κατά τη δημιουργία της λογικής του δικτύου. Όταν ο διακόπτης A συσχετίζεται με το 4/1/1, αυτό σημαίνει ότι το πάτημα του διακόπτη θα έχει ως αποτέλεσμα ο διακόπτης να στείλει ένα τηλεγράφημα στη διεύθυνση της ομάδας 4/1/1. Η λάμπα A σχετίζεται επίσης με τη διεύθυνση ομάδας 4/1/1 - αυτό σημαίνει ότι αυτός ο ενεργοποιητής θα ακούει τηλεγραφήματα σε αυτήν τη διεύθυνση. Όταν λαμβάνει ένα τηλεγράφημα, είτε θα ενεργοποιείται είτε θα απενεργοποιείται, ανάλογα με το περιεχόμενο του τηλεγραφήματος που λαμβάνει.

Έτσι, για το συγκεκριμένο δίκτυο, οι διακόπτες A σε C χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των λαμπτήρων A έως C, καθώς οι διευθύνσεις της ομάδας τους ταιριάζουν. Επιπλέον, όλες οι λάμπες

συνδέονται με το 4/4/1, με το οποίο συνδέεται και ο διακόπτης X. Αυτό σημαίνει ότι ο διακόπτης X μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο όλων των λαμπτήρων με ένα μόνο πάτημα.

Οι διευθύνσεις ομάδων μπορούν να θεωρηθούν ως καθολικές μεταβλητές. Οποιαδήποτε συσκευή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο μπορεί να γράψει και να διαβάσει από αυτές τις μεταβλητές. Για να γίνει αυτό απαιτείται μόνο η δυνατότητα αποστολής τηλεγραφήματος στο δίκτυο.

## **Τηλεγραφήματα KNX**

Ας ρίξουμε μια πιο προσεκτική ματιά στα τηλεγραφήματα. Όταν ένας διακόπτης (ή κάποιος άλλος αισθητήρας) χρειάζεται να πει στο δίκτυο ότι άλλαξε κατάσταση, το κάνει στέλνοντας ένα τηλεγράφημα GroupValueWrite στο δίκτυο. Το τηλεγράφημα θα περιέχει μερικά διαφορετικά πεδία, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι:

**Υπηρεσία:** Ο τύπος του τηλεγραφήματος - GroupValueWrite στην περίπτωση ομαδικής εγγραφής.

**Αποστολέας:** Η μεμονωμένη διεύθυνση της συσκευής που έστειλε το μήνυμα.

**Προορισμός:** Η διεύθυνση της ομάδας για την οποία προορίζεται.

**Τιμή:** Η νέα τιμή στον αισθητήρα.

Εάν πατήσετε τον διακόπτη A παραπάνω όταν είναι εκτός κατάστασης, θα στείλει ένα τηλεγράφημα όπως αυτό:

**Υπηρεσία:** GroupValueWrite.

**Αποστολέας:** 3.4.1.

**Προορισμός:** 1/4/1.

**Τιμή:** Ενεργό.

Το τηλεγράφημα θα ληφθεί από κάθε συσκευή στο δίκτυο και όσοι είναι προγραμματισμένοι να ακούν σε αυτήν τη διεύθυνση ομάδας μπορούν πλέον να ενεργήσουν ανάλογα.

Εάν μια συσκευή χρειάζεται να γνωρίζει την κατάσταση του διακόπτη A, πρέπει να στείλει ένα τηλεγράφημα GroupValueRead στο δίκτυο. Ας υποθέσουμε ότι ο μικροελεγκτής στη λάμπα A επανεκκινήθηκε και έχασε την κατάστασή του. Θα στείλει ένα τηλεγράφημα όπως αυτό:

**Υπηρεσία:** GroupValueRead.

**Αποστολέας:** 2.4.1.

**Προορισμός:** 1/4/1.

**Αξία:** N/A.

Και πάλι, όλες οι συσκευές θα λάβουν το μήνυμα. Εφόσον ο διακόπτης A κατέχει αυτήν τη διεύθυνση ομάδας, είναι υπεύθυνος για την απάντηση. Θα το κάνει στέλνοντας μια GroupValueResponse:

**Υπηρεσία:** GroupValueResponse.

**Αποστολέας:** 3.4.1.

**Προορισμός:** 1/4/1.

**Τιμή:** Ενεργό.

Όπως αναφέρθηκε, μια διεύθυνση ομάδας μπορεί να θεωρηθεί ως μεταβλητή και ως εκ τούτου έχει επίσης έναν τύπο που σχετίζεται με αυτήν. Αυτό ονομάζεται τύπος σημείου δεδομένων (Data Point Type, DPT για συντομία). Όλα τα DPT έχουν όνομα και αναγνωριστικό (π.χ. το DPT\_TimePeriodMsec έχει ID 7.002). Τα DPT περιγράφουν μερικές διαφορετικές ιδιότητες:

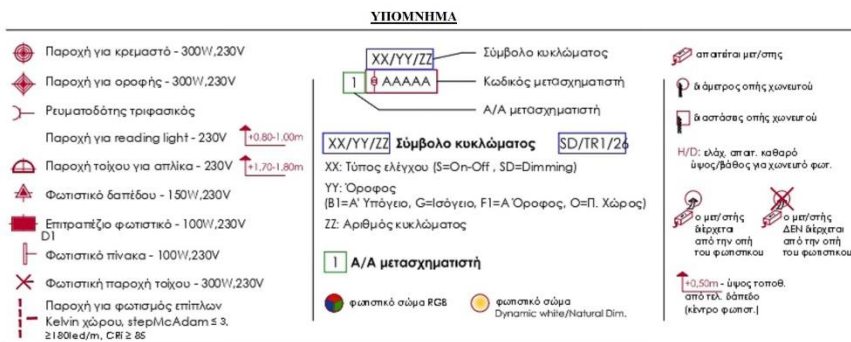
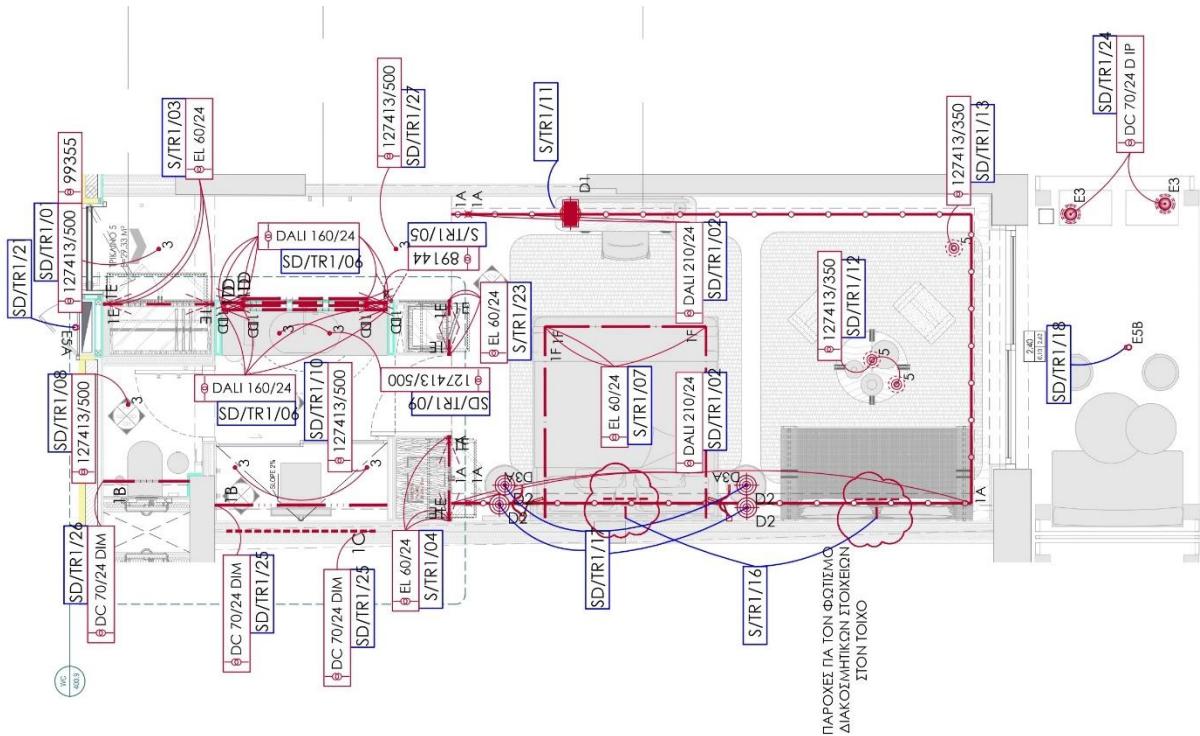
- Ο βασικός τύπος (π.χ. δεκαδικός, ακέραιος, χαρακτήρας κ.λπ. για απλούς τύπους - μπορεί επίσης να έχει πολλές τιμές για πεδία όπως ημερομηνίες).
- Το έγκυρο εύρος τιμών (π.χ. 0 ms ... 65535 ms).
- Η μονάδα (π.χ. ms).
- Η ανάλυση (π.χ. 1 ms).
- Πώς πρέπει να κωδικοποιηθεί η τιμή.

- Η τιμή όλων των GroupValueWrites και GroupValueResponses που απευθύνονται σε μία διεύθυνση ομάδας θα κωδικοποιηθεί με το ίδιο DPT. Καθώς ο τύπος του σημείου δεδομένων δεν καθορίζεται στο τηλεγράφημα, το σωστό σχήμα αποκωδικοποίησης για ένα τηλεγράφημα μπορεί να εντοπιστεί μόνο αντιστοιχίζοντας τη διεύθυνση της ομάδας σε έναν τύπο σημείου δεδομένων (KNXnetIP v0.2.0 , χ.χ.).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°:

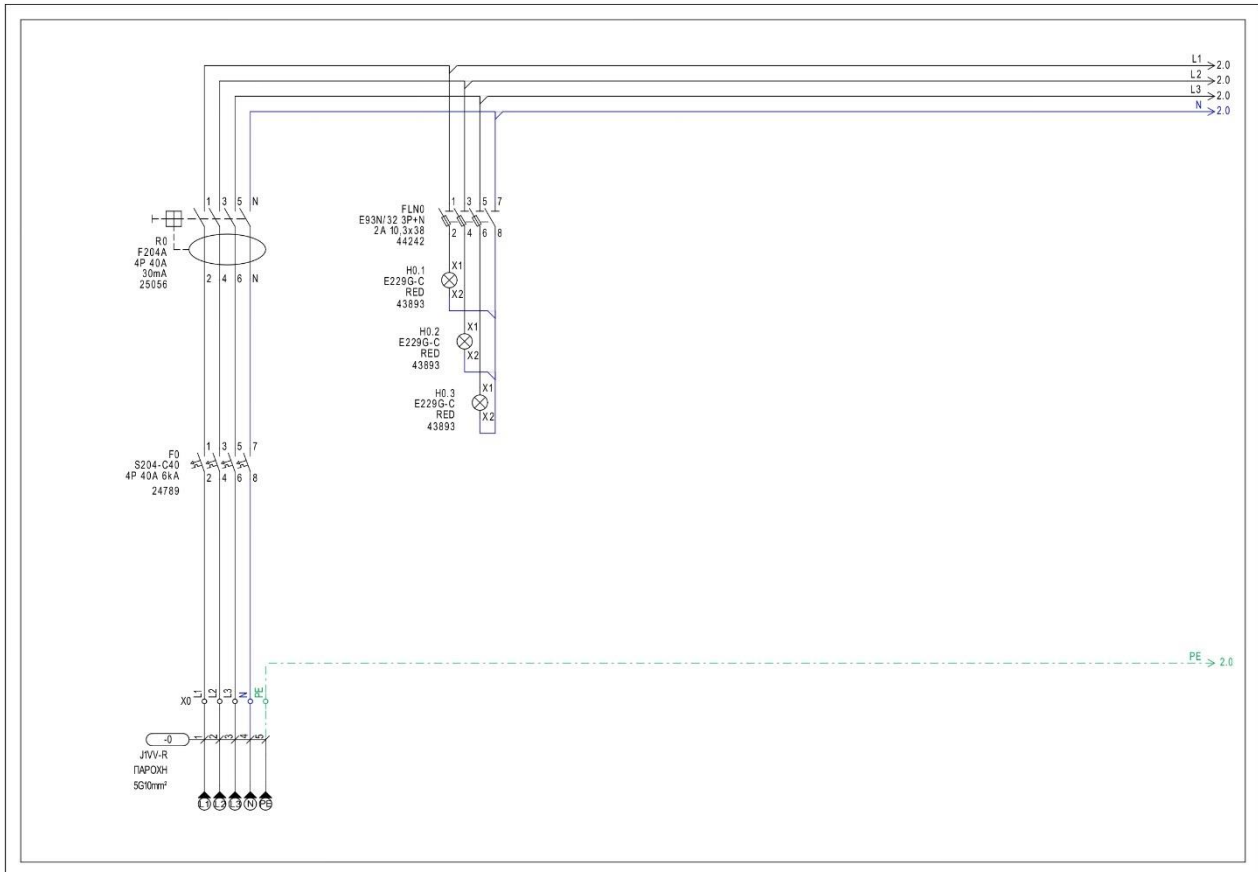
### ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ KNX

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πρακτικής μου άσκησης σε μονάδα κατασκευής ηλεκτρολογικών πινάκων, μας ανατέθηκε το έργο μιας ξενοδοχειακής μονάδας, της οποίας ο φωτισμός θα ελέγχεται με σύστημα KNX. Στη συνέχεια λοιπόν θα δούμε την κάτοψη του χώρου που θα ελεγχθεί ο φωτισμός, καθώς και το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα που δημιουργήσαμε.

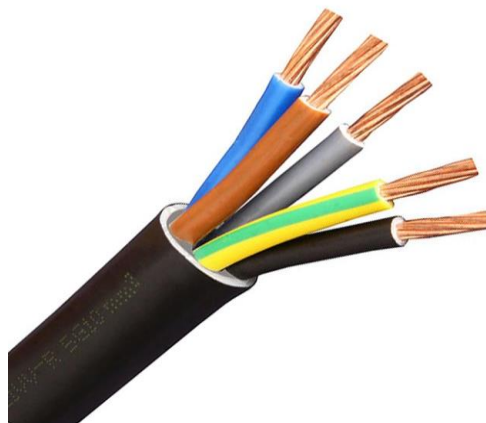


Εικόνα 6.1 : Κάτοψη χώρου

Στο σχήμα αυτό λοιπόν βλέπουμε την κάτοψη του χώρου μαζί με τη λεπτομερή ηλεκτρολογική εγκατάσταση του φωτισμού και των συσκευών KNX. Εν συνεχεία, θα δούμε το ηλεκτρολογικό σχέδιο του πίνακα ελέγχου.



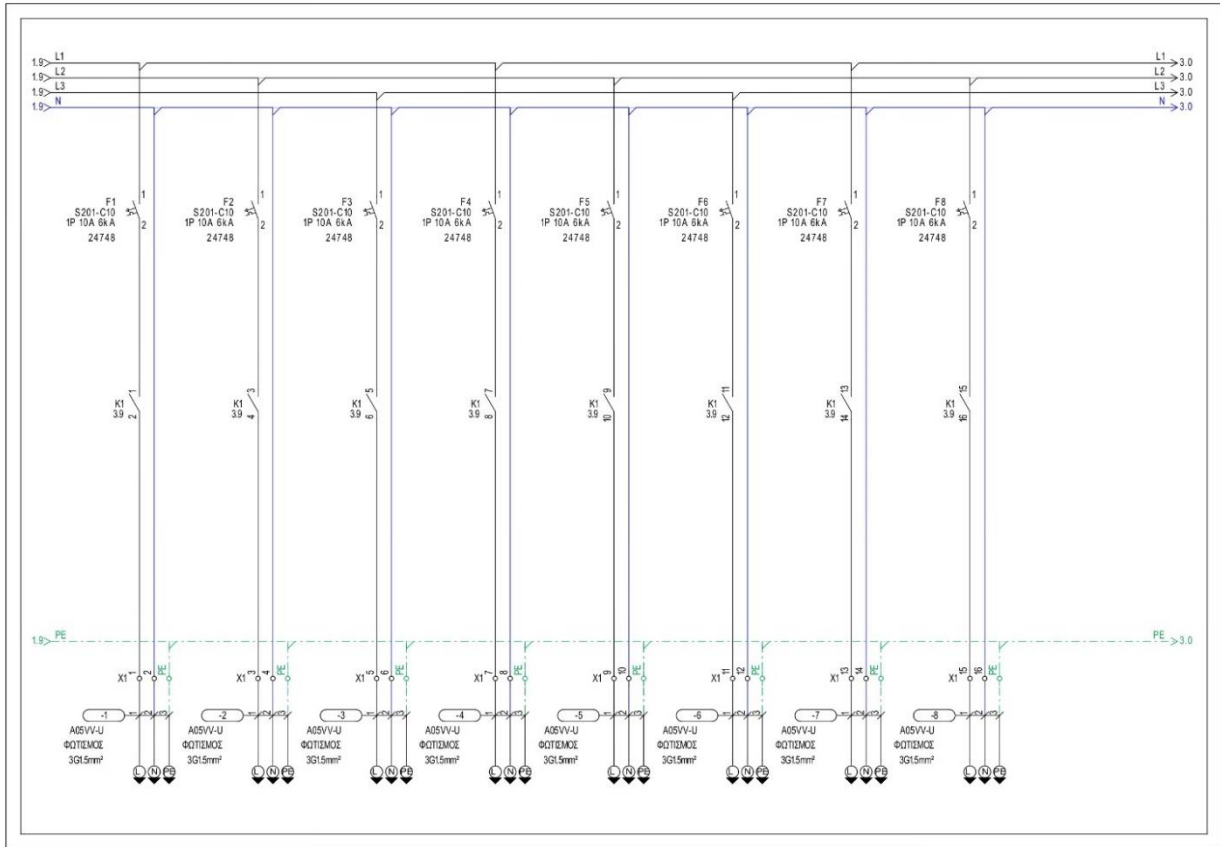
**Εικόνα 6.2 : 1η σελίδα σχεδίου**



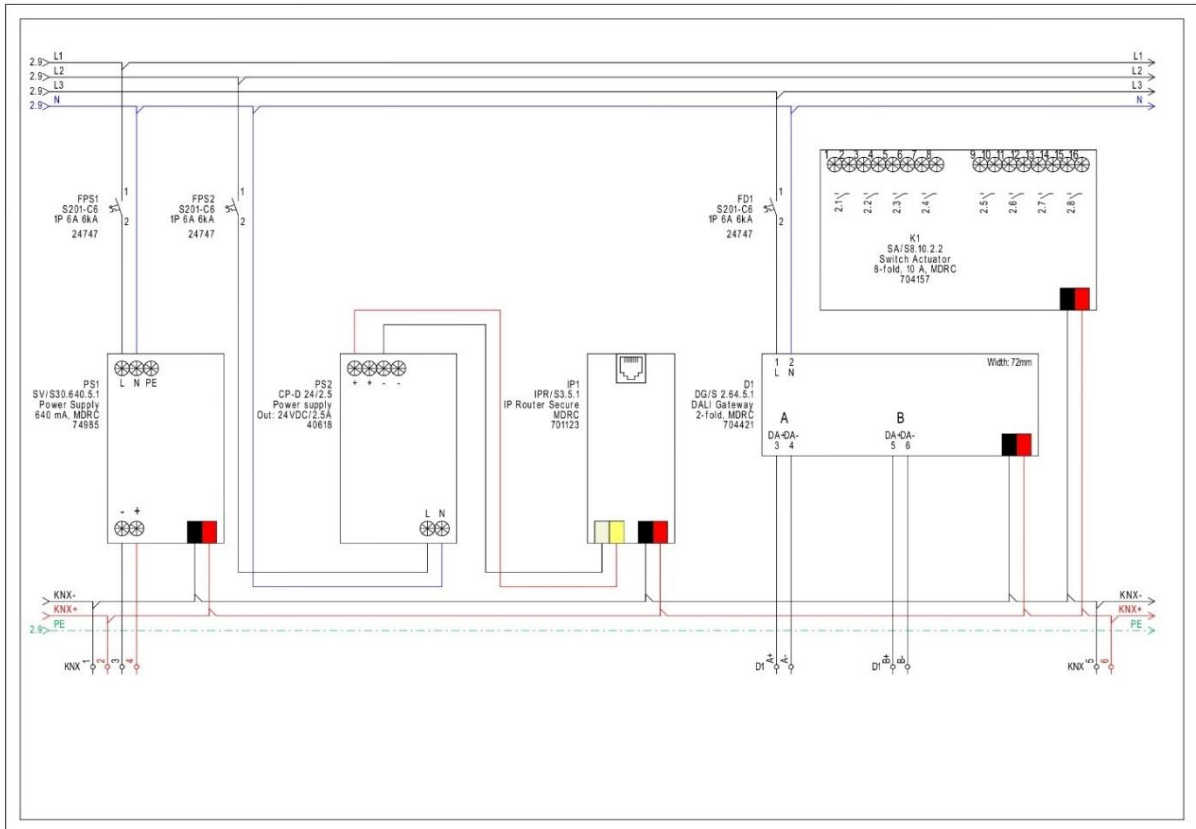
**Εικόνα 6.3 : Καλώδιο ισχύος NYY J1VV-R 5X10mm<sup>2</sup>**

Ξεκινώντας λοιπόν με την 1η σελίδα του σχεδίου μας (εικόνα 6.2) βλέπουμε ότι πρόκειται για μια τριφασική παροχή (L1,L2,L3) με ουδέτερο (N). Οι γραμμές λοιπόν στην πάνω πλευρά, μας δείχνουν την παροχή ρεύματος μας. Στο κάτω μέρος φαίνεται η είσοδος της παροχής στον πίνακα μας, η οποία ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να είναι είτε κατευθείαν από το δίκτυο της ΔΕΗ, είτε από κάποιον άλλο πίνακα, εάν πρόκειται για κάποιον υποπίνακα. Το καλώδιο της παροχής μας είναι τύπου J1VV-R διατομής 5X10mm<sup>2</sup> (εικόνα 6.3), δηλαδή ένα καλώδιο χρώματος μαύρου με μόνωση και μανδύα από PVC, το οποίο είναι κατάλληλο τόσο για υγρούς όσο και για ξηρούς χώρους και ενδείκνυται για εξωτερική χρήση (Πολυκράτη Αι., χ.χ.). Η διατομή των 10 mm<sup>2</sup> έχει επιλεγεί από τον ηλεκτρολόγο που έχει αναλάβει τη μελέτη, όπως επίσης και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία που θα δούμε παρακάτω (ασφάλειες, διακόπτες διαρροής, αντικεραυνικές ασφάλειες κ.ο.κ) βάση του Ελληνικού προτύπου ΕΛΟΤ HD 384. Στη συνέχεια βλέπουμε ότι η εξωτερική παροχή μας, συνδέεται στην κλεμοσειρά Χ0 όπου θα συνδεθεί η καλωδίωση της εγκατάστασης μας για να τροφοδοτηθεί. Το πρώτο στοιχείο που συναντάμε πάντοτε σε έναν πίνακα είναι η γενική του ασφάλεια. Στην περίπτωση μας έχουμε μία τύπου μικροαυτόματου με προστασία 40A (F0). Οι ασφάλειες είναι υπεύθυνες για την προστασία από υπερτάσεις και βραχυκυκλώματα (Βικιπαίδεια, χ.χ.). Αμέσως μετά είναι ο διακόπτης διαρροής ή αλλιώς το γνωστό ρελέ διαφυγής (R0) ο οποίος προστατεύει τον άνθρωπο από ηλεκτροπληξία αλλά και από το να μην προκληθεί κάποια πυρκαγιά, αφού δεν επιτρέπουν στο ρεύμα να διαρρεύσει από κάποια κακή μόνωση και να αυξήσει τη θερμοκρασία (hlektrikesegkatastaseis, χ.χ.). Η επόμενη ασφάλεια που βλέπουμε (FLN0) ονομάζεται ασφαλειοαποζεύκτης. Ο ασφαλειοαποζεύκτης είναι ο συνδυασμός ασφάλειας και αποζεύκτη, είναι δηλαδή ασφάλεια τήξεως (που λιώνει όταν περάσει υπερβολική ένταση ρεύματος) με δυνατότητα να τραβηχθεί κόβοντας την παροχή στο κύκλωμα, να λειτουργήσει επομένως ως διακόπτης (Δημήτρης, χ.χ.). Ο λόγος που χρησιμοποιείται αυτού του είδους η ασφάλεια σε αυτή την περίπτωση και όχι ένας μικροαυτόματος όπως είδαμε και θα δούμε και στο υπόλοιπο κύκλωμα, είναι καθώς η ύπαρξη τους είναι για την προστασία των ενδεικτικών λυχνιών φάσεων (H0.1, H0.2, H0.3) και η αντικατάστασή τους είναι πιο οικονομική, εύκολη και γρήγορη.

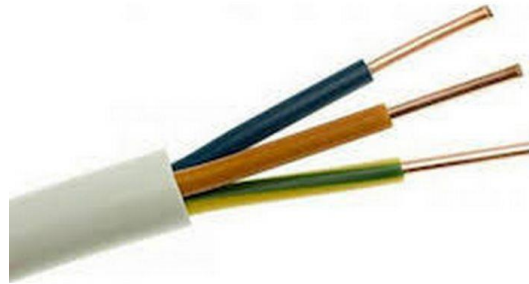




Εικόνα 6.4 : 2η σελίδα σχεδίου



Εικόνα 6.5 : 3η σελίδα σχεδίου



**Εικόνα 6.6 : Καλώδιο A05VV-U 3X1.5mm<sup>2</sup>**

Στη 2η σελίδα του σχεδίου μας (εικόνα 6.4) έχουμε 8 αναχωρήσεις φωτισμού στην κάτω πλευρά με την επιλογή του καλωδίου αυτή τη φορά να διαφέρει σε A05VV-U (ή αλλιώς NYM) 3X1.5mm<sup>2</sup> (εικόνα 6.6). Η πρώτη διαφορά που βλέπουμε είναι το χρώμα και αυτό γιατί στην περίπτωση του J1VV-R ή αλλιώς NYΥ όπως έχει καθιερωθεί με την παλιά του ονομασία λόγω ευκολίας και συντομίας, η εξωτερική του επένδυση είναι πιο ενισχυμένη, για μεγαλύτερη αντοχή και σε εξωτερικούς χώρους όπως προαναφέραμε. Συνεπώς, τα καλώδια NYM συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται σε εσωτερικές εγκαταστάσεις όπου οι συνθήκες είναι πιο ευνοϊκές (Πολυκράτη Αι. , χ.χ.). Το επόμενο που παρατηρούμε είναι ότι ο αριθμός των καλωδίων που βρίσκονται μέσα σε αυτό, είναι τρία με διατομή κατά πολύ μικρότερη (1.5mm<sup>2</sup>). Ο λόγος είναι γιατί πλέον η κάθε αναχώρηση «τραβάει» το ρεύμα που της αναλογεί από μία φάση κάθε φορά. Άρα χρειαζόμαστε ένα καλώδιο για τη φάση, ένα για τον ουδέτερο και ένα για τη γείωση. Επίσης η διατομή που έχει επιλεγεί από τον ηλεκτρολόγο της μελέτης είναι μικρότερη γιατί η ένταση του ρεύματος (Ampere) που τα διαρρέει είναι κατά πολύ ασθενέστερη από αυτή της παροχής μας που τροφοδοτεί όλη την εγκατάσταση.

Όλες μας οι αναχωρήσεις προστατεύονται από ασφάλειες τύπου μικροαυτόματου (F1-F8), αλλά βλέπουμε την ύπαρξη κάποιων ανοιχτών επαφών (K1) οι οποίες ουσιαστικά είναι αυτές που ελέγχουν το φωτισμό. Η ονομασία όλων των επαφών είναι K1 γιατί όλες τους ανήκουν σε έναν ενεργοποιητή (actuator) του οποίου τη σύνδεση βρίσκεται στην 3η σελίδα του σχεδίου μας (εικόνα 6.5).

Στην τελευταία σελίδα λοιπόν έχουμε τη σύνδεση των συσκευών KNX. Η πρώτη μας συσκευή λοιπόν, είναι ένα KNX τροφοδοτικό (PS1) που ασφαλίζεται από μια μικροαυτόματη

ασφάλεια (FPS1) των 6A. Το KNX power supply όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενα κεφάλαια είναι αυτό το οποίο τροφοδοτεί τη γραμμή bus και είναι υπεύθυνο για την αποστολή των παλμών της κάθε εντολής. Στο σχήμα του PS1 φαίνεται να υπάρχουν δύο outputs. Το + και το – που συνδέονται σε μια ξεχωριστή κλεμοσειρά (KNX) από το υπόλοιπο κύκλωμα και εκεί θα συνδεθεί οποιαδήποτε συσκευή KNX χρειάζεται τροφοδοσία και τα τετραγωνάκια με μαύρο και κόκκινο χρώμα που συνδέονται με τη γραμμή bus και από εκεί φεύγουν τα κατάλληλα σήματα - παλμοί.

Το μέσο μετάδοσης που έχει επιλεγεί από τον πελάτη, είναι KNX IP. Για αυτό η επόμενη συσκευή που θα δούμε είναι ένα IP ROUTER SECURE (IP1) το οποίο έχει το δικό του τροφοδοτικό (PS2) και ασφαρίζεται ξεχωριστά με μικροαυτόματη ασφάλεια (FPS2). Το IP ROUTER δουλεύει και ως συζεύκτης γραμμής (Line Coupler) αλλά με το πλεονέκτημα να επικοινωνεί μέσω δικτύου ethernet και να μπορεί να προγραμματιστεί ανά πάσα στιγμή από τον υπολογιστή του χρήστη και να ελέγξει τυχόν σφάλματα στην εγκατάσταση. Επίσης έχει ταχύτερη επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων KNX ανεξαρτήτου διάταξης τοπολογίας και τα τηλεγραφήματα που στέλνει είναι κωδικοποιημένα για μεγαλύτερη ασφάλεια του χρήστη.

Η επόμενη συσκευή και τελευταία για αυτή μας την εγκατάσταση είναι ένα DALI (D1) το οποίο βλέπουμε ότι παίρνει τροφοδοσία από το δίκτυο και ασφαρίζεται ξεχωριστά με μικροαυτόματο (FD1) καθώς σε αυτό θα συνδεθεί ο φωτισμός μας. Το DALI είναι ένα σύστημα KNX το οποίο ελέγχει τον φωτισμό με ποικίλους τρόπους. Για παράδειγμα μπορεί να αυξομειώσει τη φωτεινότητα ή να προγραμματιστεί να ανοίγει το φωτισμό σε συγκεκριμένους χώρους της εγκατάστασης, διαφορετικές ώρες της ημέρας. Επίσης έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί και να συνεργαστεί με διάφορους αισθητήρες όπως π.χ. αισθητήρα λυκόφως. Μία ακόμη δυνατότητα του, είναι σε περίπτωση βλάβης μιας λάμπας για παράδειγμα, να στείλει το κατάλληλο σήμα και να ενημερωθεί ο χρήστης για την επίλυση της. Αυτοί οι λόγοι και πολλοί άλλοι, καθιστούν το DALI μία από τις καλύτερες επιλογές για τον έλεγχο φωτισμού των τελευταίων χρόνων (KNXIRELAND, 2019; Price, C. & Egg l., 2019).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο:**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στο 1ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας αναφερθήκαμε στο τι είναι ένα έξυπνο σπίτι και τι ένα σύστημα BMS. Είδαμε ότι με τη χρήση τέτοιων συστημάτων, μπορούμε να έχουμε οφέλη προς το περιβάλλον και ανοίγει ένας πολύ σημαντικός δρόμος προς την πράσινη ανάπτυξη.

Το 2ο κεφάλαιο σταθήκαμε και θα εστίασαμε στο πρωτόκολλο KNX το οποίο ήρθε να καλύψει ένα μεγάλο κενό στον κτιριακό αυτοματισμό, βελτιστοποιώντας τον τρόπο συνδεσιμότητας και επικοινωνίας των συσκευών. Το σημαντικότερο στοιχείο που έχει οδηγήσει και στην επικράτηση του, είναι ότι όλα αυτά τα καταφέρνει, τηρώντας τα Ευρωπαϊκά αλλά και τις παγκόσμιες απαιτήσεις και πρότυπα. Επίσης, πρόκειται για ένα ανοικτό σύστημα, που προσφέρει μας ποικιλία στην επιλογή προϊόντων. Αυτό βέβαια έχει σαν αποτέλεσμα τη συνεχή βελτίωση των εταιριών, ώστε να επιβιώσουν στον συνεχώς αυξανόμενο ανταγωνισμό. Βλέπουμε παραδείγματα με σημαντική εξοικονόμηση νερού αλλά και ενέργειας σε εγκαταστάσεις που χρησιμοποιήθηκε το σύστημα KNX.

Στο 3ο κεφάλαιο εμβαθύνουμε στους τρόπους επικοινωνίας των συσκευών σε ένα σύστημα KNX, καθώς η πρωτοποριακή τεχνολογία BUS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε εγκατάσταση χωρίς περιορισμούς στο τι θα ελέγχεται. Με τις τεχνικές και τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιεί η τεχνολογία αυτή, εκτός από την ποιότητα και την αξιοπιστία που προσφέρει, καταφέρνει κάτι πολύ σημαντικό και για την οικολογία. Μειώνεται σημαντικά ο αριθμός των καλωδίων που χρησιμοποιούνται από ότι σε μια συνηθισμένη ηλεκτρολογική εγκατάσταση καθώς τόσο η τροφοδοσία, όσο και η ανταλλαγή πληροφοριών (τηλεγραφήματα), γίνονται από την ίδια γραμμή καλωδίωσης, κάνοντας επίσης πιο εύκολη και την επιδιόρθωση των σφαλμάτων. Βέβαια πέρα από την ενσύρματη διασύνδεση, ο χρήστης έχει την επιλογή της ασύρματης επικοινωνίας που βεβαίως με τα κατάλληλα πρωτόκολλα προσφέρουν ασφαλή επικοινωνία αλλά και μεγαλύτερη ευελιξία ως προς την ευκολία προσθήκης συσκευών και ελέγχου του συστήματος.

Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάσαμε την τοπολογία, δηλαδή τον τρόπο διασύνδεσης των συσκευών μεταξύ τους. Βλέποντας μία προς μία τις δυνατότητες, καταλήγουμε σε ένα πολύ ασφαλές και απλό αποτέλεσμα. Ο χρήστης έχει τόσες επιλογές που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει περιορισμός στο πως θα συνδέσει τις συσκευές του ή ακόμα και το να προσθέσει μελλοντικά μία στο δίκτυο του, μπορεί να γίνει με εξαιρετική ευκολία. Ωστόσο δεν μπορούμε να παραλείψουμε το γεγονός ότι υπάρχει ένας περιορισμός περί των 14.400 bus-συνδρομητών σε ένα πλήρες σύστημα KNX.

Στο 5ο κεφάλαιο μελετήσαμε το πως γίνεται η διευθυνσιοδότηση κάθε συσκευής στο σύστημα μας. Αυτό είναι απαραίτητο για τον προγραμματισμό του συστήματος μας ώστε να γνωρίζει

η κάθε συσκευή με ποια πρέπει να επικοινωνήσει και να αλληλεπιδράσει. Η αναγκαία βεβαίως αυτή διευθυνσιοδότηση, αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο «αγκάθι» σε ένα KNX σύστημα, καθώς χρειάζεται η γνώση του σε βάθος, ώστε να προγραμματιστεί σωστά ένα σύστημα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μην είναι σε θέση ένας μέσος χρήστης να προγραμματίσει τη λειτουργία του εκάστοτε συστήματος και να πρέπει να προσφύγει σε κάποιον επαγγελματία.

Με βάση τα προαναφερθέντα κεφάλαια, λοιπόν, συμπεραίνουμε ότι η τεχνολογία όσο αμφιλεγόμενη και αν είναι σχετικά με την αρνητική της επίδραση στον πλανήτη μας, είναι αυτή που μπορεί να μας δώσει λύσεις στο να καλυφθούν οι ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου, ακόμα και παραπάνω από τις βασικές, μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό την οικολογική της επίδραση. Ακόμη, θα παρατηρήσουμε ότι το πρωτόκολλο KNX βασίζεται στη χρήση ήδη υπάρχουσών τεχνολογιών. Αυτό όμως που το κάνει καινοτόμο είναι ο τρόπος που τις συνδυάζει, ώστε να δομήσει ένα τόσο ασφαλές και αξιόπιστο πρωτόκολλο. Ο χρήστης δεν έχει κανένα περιορισμό ως προς τον τρόπο διασύνδεσης της εγκατάστασης. Μπορεί να ελέγξει το χώρο του από απόσταση μέσω διαδικτύου και να αποφύγει πολλά ανεπιθύμητα σενάρια. Άλλος ένας σημαντικός λόγος που αναπτύσσεται ραγδαία σαν σύστημα, είναι ότι αποτελεί ένα ανοικτό σύστημα, με αποτέλεσμα να αυξάνει τον ανταγωνισμό για τις εταιρίες και να ωφελούνται από αυτό ο χρήστης αλλά και το περιβάλλον.

Όπως είδαμε όμως, υπάρχουν ακόμα κάποιοι περιορισμοί, όπως αριθμός των 14.400 συσκευών που είναι το μέγιστο για χρήση σε ένα σύστημα. Σίγουρα αποτελεί ένα σεβαστό μέγεθος, ωστόσο παραμένει να αποτελεί περιορισμό στο χρήστη. Επίσης η πολυπλοκότητα της διευθυνσιοδότησης και προγραμματισμού όπως προαναφέραμε, πρέπει να γίνεται από ειδικό. Αυτό σίγουρα αποτελεί μια δυσκολία στο χρήστη σε περιπτώσεις προσθήκης κάποιας απλής συσκευής

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

- ABB Building & Home Automation Solutions. (2020). *Webinar about Knx Radio Frequency. YouTube*. Ανακτήθηκε 15 Μαρτίου 2022, από [https://www.youtube.com/watch?v=CTxMYKxKnoM&ab\\_channel=ABBBuilding%26HomeAutomationSolutions](https://www.youtube.com/watch?v=CTxMYKxKnoM&ab_channel=ABBBuilding%26HomeAutomationSolutions).
- Ariyan (10 Οκτωβρίου 2020) , What is Bus Topology, Ring, Mesh, Star and Wireless in Network Topology , UTechnoWorld. Ανακτήθηκε 18 Μαρτίου 2022 από <https://utechnoworld.com/what-is-bus-topology-in-network-topology/>
- Attica Executive Energy (χ.χ.), Smart Home, demo.daidalos, Ανακτήθηκε 18 Μαρτίου 2022 από, <http://demo.daidalos.teipir.gr/smart-home/>
- Bhakti Tanna (27 Μαΐου 2022), Network Connectivity with Twisted Pair Cables , Ανακτήθηκε 20 Δεκεμβρίου του 2022 από, <https://www.stl.tech/blog/network-connectivity-with-twisted-pair-cables/>
- Buddle S. (5 Δεκεμβρίου 2018), Trade Talk: KNX Twisted Pair – it’s not Just a Little Piece of Wire, Ανακτήθηκε 20 Μαΐου 2022 από, <https://www.knxtoday.com/2018/12/12745/trade-talk-knx-twisted-pair-its-not-just-a-little-piece-of-wire.html>
- Bendsen M. , (3 Οκτωβρίου 2015), What is a KNX Smart Home or Building: A Complete Guide , Ανακτήθηκε 25 Μαΐου 2022 από, <https://www.bemi.fi/what-is-knx-smart-home-or-building/>
- Bergant N. (28 Σεπτεμβρίου 2020) , KNX IP Router: Connecting wired and wireless , Ανακτήθηκε 26 Μαΐου 2022 <https://www.1home.io/blog/knx-ip-router-connecting-wired-and-wireless/>
- EIB BUS YCYM, MekasCable (χ.χ.), Ανακτήθηκε 27 Μαΐου 2022 από, <https://mekascable.com/eib-bus-ycym/>
- Twisted Pair Cable. GeneralNote (χ.χ.), Ανακτήθηκε 20 Δεκεμβρίου του 2022 , <http://2.com/Computer-Network/Transmission-Media/Twisted-Pair-Cable.php>
- KNX BASICS , knx.org (χ.χ.). Ανακτήθηκε 26 Μαρτίου 2022 από, [https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics\\_en.pdf](https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf)
- KNX vs DALI, KNXIRELAND (2019), Ανακτήθηκε 24 Μαρτίου από, <https://knxireland.com/2019/10/24/knx-vs-dali/>
- KNX Association (χ.χ), KNX TP1 Installation, KNX Association
- KNX Association (2019). KNX RF & KNX Secure, the perfect symbiosis. Ανακτήθηκε 29 Μαΐου 2022 από, [https://www.youtube.com/watch?v=4H\\_Q5KHQ4EU](https://www.youtube.com/watch?v=4H_Q5KHQ4EU)
- KNX Association (2015), KNX Green Buildings, Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2022 από, <https://www.knxtoday.com/2015/03/5602/knx-green-buildings.html>

- KNXnet/IP introduction, KNXnetIP v0.2.0 (χ.χ.) , Ανακτήθηκε 1 Μαΐου του 2022 από, [https://hexdocs.pm/knxnet\\_ip/introduction.html](https://hexdocs.pm/knxnet_ip/introduction.html)
- knx-professionals (χ.χ.), KNX ΠΟΛΗ, knx-professionals
- K. Suganya, M. Pandi Jothi, C. Selvam, (2014) , Development of control application using power line communication , Ανακτήθηκε 14 Μαΐου 2022 από, <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-control-application-using-power-line-Suganya-Jothi/0d68839a78412ae894b84ffc7f254bcde4dfb0f3/figure/1>
- Legrand, (χ.χ), KNX SYSTEM, Legrand
- Microsoft Geek (2 Μαρτίου 2012), A Guide to Network Topology , Microsoft Geek, Ανακτήθηκε 23 Απριλίου 2022 από, <http://microsoftgeek.com/?p=533>
- Radio Frequency (RF) communication platform of KNX protocol in smart building , Bmskaren (χ.χ.), Ανακτήθηκε 20 Μαΐου 2022 από, <https://bmskaren.ir/en/knx-smart-home-en/knx-radio-frequency-rf-in-smart-building/>
- Scarpati J. (8 Απριλίου 2019), Unshielded Twisted Pair (UTP) , TechTarget. Ανακτήθηκε 20 Δεκεμβρίου του 2022 από, <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Unshielded-Twisted-Pair>
- Schneider Electric (2015), «Schneider Electric» , Ανακτήθηκε 10 Μαΐου 2022 από, <http://www.schneiderelectric.com/sites/corporate/en/customers/contractors/energy-efficiency-solutionfor-buildings/view-and-monitor-the-energy.page>.
- Parthoens C. (2018) , TP1: capacity , Ανακτήθηκε 10 Νοεμβρίου 2022 από, <https://support.knx.org/hc/en-us/articles/115003185589-Line>
- Price, C. & Egg I. (6 Ιουνίου 2019), Lighting: Pros and Cons of using DALI with KNX forHomes Ανακτήθηκε 10 Δεκεμβρίου 2022 από, <https://www.knxtoday.com/2019/06/13755/lighting-pros-and-cons-of-using-dali-with-knx-for-homes.html>
- Securnet (8 Ιουνίου 2017), KNX: Το παγκόσμιο πρότυπο για Οικιακό & Κτιριακό Αυτοματισμό, Ανακτήθηκε 8 Απριλίου 2022 από, <http://www.securnet.gr/2017/06/knx.html>
- Ionos (8 Δεκεμβρίου 2022) , What is Ethernet (IEEE 802.3) , Ανακτήθηκε 10 Γενάρη 2023 από, <https://www.ionos.com/digitalguide/server/know-how/ethernet/>
- Viraj S. & Ritesh P. & Rikin N. (Απρίλιος 2017) , Short Range Inter-satellite Link for Data Transfer and Ranging using IEEE802.11n , Ανακτήθηκε 15 Μαρτίου 2022 από, [https://www.researchgate.net/publication/316175326\\_Short\\_Range\\_Inter-satellite\\_Link\\_for\\_Data\\_Transfer\\_and\\_Ranging\\_using\\_IEEE80211n](https://www.researchgate.net/publication/316175326_Short_Range_Inter-satellite_Link_for_Data_Transfer_and_Ranging_using_IEEE80211n)
- Ασύρματο δίκτυο (χ.χ.) , Wikipedia, [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF)
- Ανδρικόπουλος Μ. (Φλεβάρης 2021), Webinar “Basic Course KNX” , KAFKAS INSTITUTE.
- Ανδρικόπουλος Μ. , (Μάρτιος 2021) , Webinar "Εισαγωγή στο KNX και προγραμματισμός με ETS5" , KAFKAS INSTITUTE

- Δημήτρης (χ.χ.) , Αλλαγή ασφαλειοαποξεύκτη με αυτόματο διακόπτη,  
<https://greekelectrician.blogspot.com/2015/07/aftomatos.diakoptis.html>
- Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (Πελέ), hlektrikesegkatastaseis (χ.χ.) , Ανακτήθηκε 15 Ιανουαρίου 2023 από, <https://sites.google.com/site/hlektrikesegkatastaseis/diakoptes-diaphyges-rele>
- «ΕΞΥΠΝΑ ΚΤΙΡΙΑ 2016» (χ.χ.), Ανακτήθηκε 10 Μαΐου 2022 από,  
<https://sites.google.com/site/exypnakthria2015/systema-kn-ch/1-pleonektemata-chreses-kn-ch>
- Η αυτοματοποίηση KNX καθιστά τα κτίρια πιο αποτελεσματικά, Crushtymks, (2011) , Ανακτήθηκε 20 Μαΐου 2022 από, <https://crushtymks.com/el/energy-efficiency/893-knx-automation-makes-buildings-more-efficient.html>
- Ηλεκτρική ασφάλεια , Βικιπαίδεια (χ.χ.) , Ανακτήθηκε 9 Ιανουαρίου 2023 από,  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CE%B1%CF%83%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B1%CF%83%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%B1)
- Ηλεκτρολόγος (2014) , ΒΟΛΤΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΚΝΧ , Ανακτήθηκε 7 Μαΐου 2022 από,  
<https://www.electrologos.gr/volta-stin-poli-toy-knch/>
- Θερμοπλαστική (χ.χ), Τι είναι το έξυπνο σπίτι – και γιατί το θέλετε, Ανακτήθηκε Μάρτιο του 2022 από <https://thermoplastiki.gr/smart-home/>
- Κοκκαλίδης Δ. (χ.χ.), Μέσα Μετάδοσης, kokkalidis.files.wordpress
- Κουτρούλης Χ. (χ.χ.) Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές Ανακτήθηκε 13 Μαρτίου 2022 από,  
<https://elke.hmu.gr/LinkClick.aspx?fileticket=prKexYfnp3I%3D&tabid=1034>
- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΝΧ, NATIONAL ΚΝΧ GREECE (χ.χ.) Ανακτήθηκε 19 Απριλίου 2022 από, <http://www.knx.gr/tauiota-epsilon943nualphaiota-tauomicron-kappanuchi.html>
- Λεβέντης Κ. Σωτ. Δρ. & Σγουροπούλου Κ. (Νοέμβριος 1995) , ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ Internet ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ , Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ Τμήμα Η/Υ Συστημάτων Ο.Μ. μικροΥπολογιστές Εργ. Περιφερειακά και Δίκτυα , Ανακτήθηκε 19 Μαΐου 2022 από,  
[http://web.teipir.gr/new/ecs/pelab\\_1/tcp/index1.htm](http://web.teipir.gr/new/ecs/pelab_1/tcp/index1.htm)
- Τουλόγλου Σ. (2010) , Σύστημα ΕΙΒ – instabus της Berker ή αλλιώς το έξυπνο σπίτι της Berker. electricallab
- Μαγκανιάρη Μ. Α. (χ.χ) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (Γ' ΕΠΑΛ) : ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ Β.Μ.Σ (Building Management System) (σσ.68-87)
- Παπαπέτρου Ε (χ.χ.) , Δίκτυα άμεσου συνδέσμου: Μέρος Β', Τμ. Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής, Παν. Ιωαννίνων
- Πολυκράτη Αι. (χ.χ.), Καλώδια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ισχύοντα Πρότυπα και σήματα συμμόρφωσης electrologos
- Σαρρής, Γ. (2001). ΕΙΒ/KNX η νέα τεχνική ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτιρίων στην πράξη, Θεσσαλονίκη: Τζιόλα



Τουλόγλου, Σ. (2006). ΕΙΒ/KNX – Τεχνική Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων. Αθήνα: ΙΩΝ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ (χ.χ.), ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΖΩΝΗΣ, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων