

In Vehicle Networking

Ένα In Vehicle Networking είναι ένα εξειδικευμένο δίκτυο εσωτερικών επικοινωνιών που διασυνδέει στοιχεία μέσα σε ένα όχημα (π.χ. αυτοκίνητο, λεωφορείο, τρένο, βιομηχανικό ή αγροτικό όχημα, πλοίο ή αεροσκάφος). Στα ηλεκτρονικά, ένα λεωφορείο είναι απλώς μια συσκευή που συνδέει πολλές ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές μαζί. Ειδικές απαιτήσεις για τον έλεγχο του οχήματος, όπως η διασφάλιση της παράδοσης μηνυμάτων, των μη συγκρουσιακών μηνυμάτων, του ελάχιστου χρόνου παράδοσης, του χαμηλού κόστους και της ανθεκτικότητας του θορύβου EMF , καθώς και η περιττή δρομολόγηση και άλλα χαρακτηριστικά επιβάλλουν τη χρήση λιγότερο κοινών πρωτοκόλλων δικτύωσης . Τα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν το **Controller Area Network (CAN)**, το **Local Interconnect Network (LIN)** και άλλα. Οι συμβατικές τεχνολογίες δικτύωσης υπολογιστών (όπως Ethernet και TCP/IP) χρησιμοποιούνται σπάνια, εκτός από αεροσκάφη, όπου χρησιμοποιούνται υλοποιήσεις του ARINC 664 όπως το Avionics Full-Duplex Switched Ethernet . Τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν AFDX περιλαμβάνουν το B787 , το A400M και το A380 . Τα τρένα χρησιμοποιούν συνήθως Ethernet Consist Network (ECN). Όλα τα αυτοκίνητα που πωλούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1996 απαιτείται να διαθέτουν υποδοχή On-Board Diagnostics , για πρόσβαση στους ηλεκτρονικούς ελεγκτές του αυτοκινήτου.

Οι κύριες κινητήριες δυνάμεις για την ανάπτυξη της τεχνολογίας δικτύου οχημάτων ήταν οι πρόοδοι που έγιναν στη βιομηχανία ηλεκτρονικών εν γένει και οι κυβερνητικοί κανονισμοί που επιβλήθηκαν, ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες, προκειμένου να γίνουν τα αυτοκίνητα φιλικά προς το περιβάλλον.

Με αυστηρά πρότυπα εκπομπών για τα αυτοκίνητα, κατέστη αδύνατο να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός ελέγχου χωρίς τη βοήθεια ενσωματωμένων υπολογιστικών συσκευών. Οι ενσωματωμένες ηλεκτρονικές συσκευές έχουν επίσης συμβάλει ουσιαστικά στην απόδοση του οχήματος, στην άνεση των επιβατών, στην ευκολία κατασκευής και στην οικονομική αποδοτικότητα.

Κάποτε, το ραδιόφωνο αυτοκινήτου ήταν πιθανότατα η μόνη ηλεκτρονική συσκευή σε ένα αυτοκίνητο, αλλά τώρα σχεδόν κάθε εξάρτημα του οχήματος έχει κάποιο ηλεκτρονικό χαρακτηριστικό. Οι τυπικές ηλεκτρονικές μονάδες στα σημερινά οχήματα περιλαμβάνουν τη μονάδα ελέγχου κινητήρα (ECU), τη μονάδα ελέγχου κιβωτίου ταχυτήτων (TCU), το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης (ABS) και τις μονάδες ελέγχου αμαξώματος (BCM).

Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου λαμβάνει συνήθως την είσοδο της από αισθητήρες (ταχύτητα, θερμοκρασία, πίεση, κ.λπ.) που χρησιμοποιεί στον υπολογισμό της. Διάφοροι ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για την επιβολή των ενεργειών που καθορίζονται από τη μονάδα (ενεργοποίηση του ανεμιστήρα ψύξης, αλλαγή ταχύτητας κ.λπ.). Οι μονάδες πρέπει να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους κατά την κανονική λειτουργία του οχήματος. Για παράδειγμα, ο κινητήρας πρέπει να λέει στο κιβώτιο ταχυτήτων ποιες είναι οι στροφές του κινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων πρέπει να ενημερώνει τις άλλες μονάδες όταν συμβαίνει αλλαγή ταχύτητας. Αυτή η ανάγκη για γρήγορη και αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων οδήγησε στην ανάπτυξη του δικτύου οχημάτων, ως μέσου ανταλλαγής δεδομένων.

Η αυτοκινητοβιομηχανία συνειδητοποίησε γρήγορα την πολυπλοκότητα της καλωδίωσης κάθε μονάδας σε κάθε άλλη μονάδα. Ένας τέτοιος σχεδιασμός καλωδίωσης όχι μόνο θα ήταν περίπλοκος, αλλά θα έπρεπε να αλλάξει ανάλογα με το ποιες μονάδες περιλαμβάνονται στο συγκεκριμένο όχημα. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο χωρίς τη μονάδα αντιμπλοκαρίσματος φρένων θα έπρεπε να καλωδιωθεί διαφορετικά από ένα αυτοκίνητο που περιλαμβάνει αντιμπλοκάρισμα φρένων.

Η απάντηση της βιομηχανίας σε αυτό το πρόβλημα ήταν να δημιουργήσει ένα κεντρικό δίκτυο στο όχημα. Οι μονάδες θα μπορούσαν να «συνδεθούν» στο δίκτυο και θα μπορούσαν να επικοινωνούν με οποιαδήποτε άλλη μονάδα που είναι εγκατεστημένη στο δίκτυο. Αυτός ο σχεδιασμός ήταν ευκολότερος στην κατασκευή, ευκολότερος στη συντήρηση και παρείχε την ευελιξία για προσθήκη και αφαίρεση επιλογών χωρίς να επηρεάζεται η αρχιτεκτονική καλωδίωσης ολόκληρου του οχήματος. Κάθε μονάδα, ένας κόμβος στο δίκτυο του οχήματος, ελέγχει συγκεκριμένα στοιχεία που σχετίζονται με τη λειτουργία του και επικοινωνεί με τις άλλες μονάδες όπως απαιτείται, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό πρωτόκολλο , μέσω του δικτύου του οχήματος.

Τα δίκτυα δεν ήταν νέα, αλλά η εφαρμογή τους στο όχημα ήταν. Τα δίκτυα για τα οχήματα απαιτούσαν:

- Χαμηλό κόστος
- Ανοσία από εξωτερικούς θορύβους
- Δυνατότητα λειτουργίας σε σκληρά περιβάλλοντα
- Συνολική στιβαρότητα και αξιοπιστία

Παρόλο που το δίκτυο οχημάτων είχε μέτριες απαιτήσεις σχετικά με τη διεκπεραίωση δεδομένων, η ζήτηση για περισσότερους υπολογιστές ενσωματωμένο συνεχίζει να οδηγεί τις αλλαγές σε αυτά τα δίκτυα για την παροχή επικοινωνίας υψηλότερης ταχύτητας μεταξύ των μονάδων. Το δίκτυο της περιοχής ελέγχου περιλαμβάνει τον δέκτη και τον πομπό για τη μετάδοση από τον κεντρικό υπολογιστή στον ελεγκτή και τη διασύνδεση μεταξύ των υπολογιστών.

Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκαν σημαντικές εξελίξεις στην τεχνολογία για αυτοοδηγούμενα οχήματα και έξυπνα αυτοκίνητα. Τα δίκτυα οχημάτων είναι δίκτυα κόμβων οχημάτων που παρέχουν διάφορες διευκολύνσεις, όπως διαχείριση κυκλοφορίας, διαχείριση στάθμευσης, αποφυγή ατυχημάτων, διάδοση κρίσιμων μηνυμάτων κ.λπ. Υπάρχουν διάφορα ερευνητικά πεδία όπου αυτοί οι κόμβοι οχημάτων λειτουργούν ως αγγελιοφόροι επικοινωνίας, όπως τα Δίκτυα Ad-hoc Οχημάτων (VANETs), το Internet of Vehicles (IoV), τις επικοινωνίες Vehicle-to-Everything (V2X), κ.λπ. Υπάρχει ένα ξεχωριστό ερευνητικό πεδίο για τα δίκτυα εντός οχημάτων (IVN), που ασχολείται με τις συνδέσεις μεταξύ της Μονάδας Ελέγχου Κινητήρα (ECU), τη μονάδα ελέγχου κιβωτίου ταχυτήτων (TCU), το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης (ABS), τις μονάδες ελέγχου αμαξώματος (BCM) και τους διάφορους αισθητήρες μέσα στο όχημα. Υπάρχουν πρωτόκολλα όπως το Controller Area Network (CAN), το FlexRay και το Ethernet, τα οποία βοηθούν στην ομαλή λειτουργία των δικτύων εντός του οχήματος.

Η αυτοκινητοβιομηχανία κινείται προς αυτόνομα και συνδεδεμένα οχήματα. Υπάρχουν διάφορα οφέλη από αυτήν την επιλογή. Πρώτα από όλα, τα συνδεδεμένα οχήματα παρέχουν άνεση και ευελιξία στους επιβάτες. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι, με τις διασυνδέσεις μεταξύ των οχημάτων, μοιράζονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια και την ασφάλεια, γεγονός που οδηγεί σε πιο ασφαλή συστήματα μεταφοράς. Μέχρι τώρα, οι VANET επικεντρώνονταν κυρίως στην παροχή αποτελεσματικότητας και ασφάλειας για οδηγούς και επιβάτες σε ένα δίκτυο οχημάτων. Σήμερα, τα συνδεδεμένα και αυτόνομα ηλεκτρικά οχήματα (CAEV) είναι μια νέα τεχνολογία που βρίσκεται σε άνθηση. Η κύρια ιδέα είναι ότι τα οχήματα μπορούν να αλληλεπιδρούν με τον εξωτερικό κόσμο μέσω έξυπνων συσκευών. Αυτό οδηγεί σε διάφορα ζητήματα ασφάλειας καθώς τα οχήματα συνδέονται στο διαδίκτυο. Ο κύριος στόχος του VANET είναι να παρέχει στα οχήματα κρίσιμες πληροφορίες (όπως αναφορές ατυχημάτων) με εγγυημένη απόδοση όσον αφορά την καθυστέρηση και την ακρίβεια. Ωστόσο, αυτό είναι ένα δύσκολο έργο, όπως συζητήθηκε στο [4]. Η αύξηση της συνδεσιμότητας μεταξύ των μεταφορικών εγκαταστάσεων και οι εξελίξεις στις τεχνολογίες, όπως οι επικοινωνίες V2X, έχουν επεκτείνει τις οπές ασφαλείας, μέσω των οποίων οι επιτιθέμενοι μπορούν να διαρρήξουν ένα δίκτυο εντός του οχήματος. Οι ερευνητές έχουν δείξει ότι είναι δυνατό να παραβιαστεί ένα όχημα (είτε σωματικά είτε εξ αποστάσεως) μέσω τηλεματικών συστημάτων, της θύρας διαγνωστικού ελέγχου επί του οχήματος (OBD-II), συστημάτων ψυχαγωγίας και ούτω καθεξής. Ο Miller και ο Valasek μπόρεσαν να σκοτώσουν εξ αποστάσεως ένα τζιπ στον αυτοκινητόδρομο, έχοντας πρόσβαση στα δίκτυά του εντός του οχήματος μέσω του CAN-bus. Υπάρχουν διάφοροι ερευνητές που εστιάζουν στα μειονεκτήματα του σχεδιασμού πρωτοκόλλου δικτύου εντός οχήματος που μπορεί να επιτρέψουν σε έναν χάκερ πρόσβαση σε δίκτυα εντός οχήματος.

Το πρωτόκολλο CAN χρησιμοποιείται ευρέως για επικοινωνίες εντός του οχήματος για τον έλεγχο και την παροχή διαφόρων λειτουργιών σε ένα σύστημα οχημάτων. Βοηθά τις κρίσιμες επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο για τη διαχείριση του κινητήρα, τον έλεγχο των φρένων, τους αερόσακους, τον έλεγχο συστημάτων αμαξώματος, κ.λπ.

- Το πρωτόκολλο CAN βοηθά στη μετάδοση πακέτων CAN μεταξύ διαφόρων ECU μέσω διασυνδεδεμένων λεωφορείων μέσα σε ένα δίκτυο οχημάτων.
- Αρχικά, το CAN χρησιμοποιήθηκε στα αυτοκίνητα λόγω της απλότητάς του, του ντετερμινιστικού μηχανισμού επίλυσης διαφωνιών, της μειωμένης πολυπλοκότητας του δικτύου και του χαμηλού κόστους καλωδίωσης.
- Ωστόσο, δεν σχεδιάστηκε με γνώμονα την ασφάλεια. Το CAN βασίζεται σε επικοινωνίες εκπομπής, δηλαδή, κάθε ECU που είναι συνδεδεμένο στο δίαυλο μπορεί να στέλνει/λαμβάνει μηνύματα στο δίαυλο. Δεν υπάρχει μηχανισμός ελέγχου ταυτότητας για μηνύματα και δεν εφαρμόζεται κρυπτογράφηση. Επιπλέον, οι χάκερ μπορούν να πραγματοποιήσουν επιθέσεις για να απενεργοποιήσουν τις λειτουργίες του οχήματος, είτε τοπικά χρησιμοποιώντας ένα διαγνωστικό εργαλείο OBD-II είτε μέσω απομακρυσμένης πρόσβασης στα συστήματα τηλεματικής ή ψυχαγωγίας. Έτσι, η ασφάλεια των δικτύων CAN εντός του οχήματος είναι ζωτικής σημασίας για τη συνολική ασφάλεια στα σύγχρονα συστήματα μεταφορών. Αυτό το έγγραφο παρέχει μια ολοκληρωμένη έρευνα τελευταίας τεχνολογίας για διάφορες επιθέσεις ασφαλείας που τοποθετούνται σε πρωτόκολλα δικτύου εντός του οχήματος. Διερευνούμε επίσης συστήματα ανίχνευσης εισβολής (IDS) και άλλες λύσεις ασφαλείας που αναπτύχθηκαν ως αντίμετρα σε αυτές τις επιθέσεις. Επιπλέον, παρέχουμε λύσεις ασφαλείας για δίκτυα εντός οχήματος χρησιμοποιώντας ένα υβριδικό πλαίσιο blockchain.

Το Blockchain είναι ένα ασφαλές πλαίσιο που είναι ανθεκτικό στην τροποποίηση δεδομένων. Διαθέτει χαρακτηριστικά όπως η αποκέντρωση (δηλαδή, δεν χρειάζεται να βασίζεστε σε έναν κεντρικό κόμβο για την καταγραφή, αποθήκευση και ενημέρωση δεδομένων), διαφάνεια (τα αρχεία δεδομένων είναι ορατά σε όλους τους κόμβους του δικτύου blockchain) και είναι ανοιχτού κώδικα (δηλ. ανοιχτό στο κοινό), αυτόνομο (δηλαδή, οι κόμβοι μπορούν να ενημερώσουν ή να μεταφέρουν δεδομένα από μόνοι τους), αμετάβλητες (δηλαδή, οι εγγραφές δεν αλλοιώνονται μόλις γίνουν μέρος της αλυσίδας) και ανώνυμοι (δηλαδή, οι συναλλαγές είναι ιδιωτικές).

Πρωτόκολλο επικοινωνίας can bus

Controller Area Network

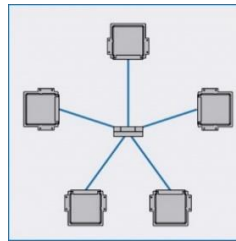
Ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που βασίζεται σε συμβάντα που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπως η διαχείριση κινητήρα και τα ηλεκτρονικά αμαξώματος. Ο μέγιστος καθορισμένος ρυθμός δεδομένων είναι 1 Mbps, αν και ο πρακτικός μέγιστος είναι 500 Kbps. Το CAN υψηλής ταχύτητας είναι κατάλληλο για κρίσιμα φορτία όπως συστήματα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης και cruise control. Το CAN χαμηλής ταχύτητας είναι ανεκτικό σε σφάλματα και χρησιμοποιείται για φορτία όπως ηλεκτρικά καθίσματα και μηχανοκίνητα παράθυρα.

Όλες οι τοπολογίες του δικτύου βασίζονται στις τέσσερις βασικές τοπολογίες δικτύων.

- Τοπολογία αστέρα
- Τοπολογία δαχτυλιδιού
- Τοπολογία πλέγματος
- Τοπολογία διαύλου (BUS)

Τοπολογία αστέρα

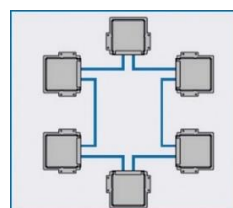
Η τοπολογία αστέρα αποτελείται από ένα Master στέλεχος (repeater, hub) στο οποίο όλοι τα άλλα στελέχη συνδέονται μέσω μιας ενιαίας σύνδεσης (. Σχήμα 2). Ένα δίκτυο με αυτή την τοπολογία είναι επομένως εύκολο να επεκταθεί, εφόσον υπάρχει διαθέσιμη ελεύθερη χωρητικότητα (συνδέσεις, καλώδια). Την δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων την έχουν τα Slave στελέχη ενώ τα Master χρησιμοποιούνται μόνο για τη διασύνδεση. Αν ένα στέλεχος Slave χαλάσει ή μια συνδετική γραμμή με το master είναι ελαττωματική, το υπόλοιπο του δικτύου συνεχίζεται να λειτουργεί. Ωστόσο, εάν το Master χαλάσει το σύνολο του δικτύου καταρρέει. Στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, η τοπολογία αστέρα δεν χρησιμοποιείται σε συστήματα που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια του οχήματος όπως επικοινωνία συστημάτων πέδησης ή διεύθυνσης διότι αμφισβητείται η σταθερότητα στη λειτουργία τους.



Τοπολογία δακτυλιδιού

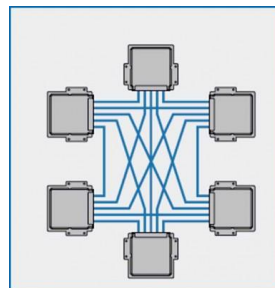
Στην τοπολογία δακτυλιδιού, κάθε κόμβος συνδέεται με δύο γείτονές του. Αυτό δημιουργεί ένα κλειστό δακτύλιο. Μια διάκριση μπορεί να γίνει ανάμεσα σε μονόκλινα και δίκλινα δακτυλίδια. Σε ένα δακτυλίδι, μεταφορά δεδομένων είναι μονής κατεύθυνσης από τον ένα σταθμό στον επόμενο. Τα δεδομένα ελέγχονται όταν παραλαμβάνονται. Εάν τα δεδομένα δεν προορίζεται για το σταθμό επαναλαμβάνεται (λειτουργία repeater), ενισχύονται και αναμεταδίδονται στον επόμενο σταθμό. Τα δεδομένα ότι μεταφέρεται ως εκ τούτου αναμεταδίδονται από τον ένα σταθμό στον επόμενο στην δακτυλίδι μέχρι να φτάσει στον προορισμό του ή φτάνει πίσω στο σημείο προέλευσής του, όπου τότε θα πρέπει να απορρίπτεται. Ως τη στιγμή που ένα σταθμός σε ένα δακτυλίδι αποτύχει, η μεταφορά δεδομένων διακόπτεται και το δίκτυο καταρρέει εντελώς.

Δακτυλίδι μπορεί επίσης να συσταθεί με τη μορφή ενός διπλό δακτύλιο (π.χ. FTTH), στην οποία η μεταβίβαση των δεδομένων είναι αμφίδρομη. Σε αυτή την τοπολογία, η αποτυχία ενός σταθμού ή μιας σύνδεσης μεταξύ δύο σταθμοί μπορούν να ξεπεραστεί, δεδομένου ότι όλα τα δεδομένα μεταφέρονται σε όλους τους σταθμούς στο δακτυλίδι. Ωστόσο, εάν αρκετοί σταθμοί ή συνδέσεις αποτύχουν, δεν μπορεί να αποκλειστεί μια δυσλειτουργία.



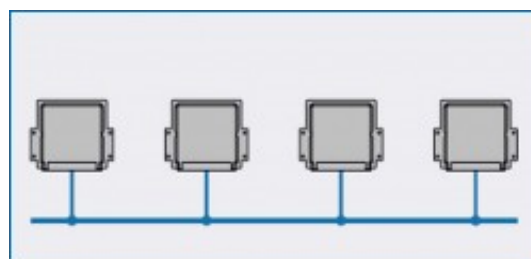
Τοπολογία πλέγματος (mesh)

Σε μια τοπολογία πλέγματος , κάθε κόμβος συνδέεται σε έναν ή περισσότερους άλλους κόμβους. Σε ένα πλήρες κύκλωμα βρόχου , κάθε κόμβος είναι συνδεδεμένος με κάθε άλλο κόμβο. Αν μια λειτουργία ή σύνδεση αποτύχει, είναι δυνατό να αλλάξει η διαδρομή ώστε να ολοκληρωθεί η αποστολή των δεδομένων. Αυτό το είδος του δικτύου έχει ως εκ τούτου υψηλό βαθμό σταθερότητας. Ωστόσο, το κόστος της δικτύωσης και μεταφορά του μηνύματος είναι υψηλό. Τα Radio δίκτυα αποτελούν ένα είδος τοπολογίας πλέγματος ,αφού οι μεταδόσεις από κάθε σταθμό λαμβάνονται από κάθε άλλο σταθμό που είναι εντός εμβέλειας. Μια τοπολογία πλέγματος μοιάζει με την τοπολογία BUS στην ανταλλαγή μηνυμάτων και με αστέρα κατά τη μεταφορά δεδομένων, καθώς κάθε σταθμός λαμβάνει όλες τις μεταδόσεις από κάθε άλλο σταθμό και όλες οι δυσλειτουργίες μπορούν να ξεπεραστούν.



Τοπολογία διαύλου BUS

Αυτή η τοπολογία του δικτύου αναφέρεται επίσης ως ένας γραμμικός δίαυλος. Το βασικό στοιχείο μιας τοπολογίας bus είναι ένα καλώδιο με το οποίο όλα οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους. Αυτή η τοπολογία καθιστά εξαιρετικά εύκολο να προστεθούν και άλλες μονάδες στο δίκτυο. Οι πληροφορίες μεταδίδονται από τις επιμέρους μονάδες του Bus , στη μορφή των λεγόμενων μηνυμάτων και διανέμονται πάνω σε ολόκληρο το δίκτυο. Τα στελέχη έχουν την δυνατότητα να μεταδίδουν και να λαμβάνουν μηνύματα. Εάν ένα στέλεχος αποτύχει, τα δεδομένα που αναμένεται από αυτό το στέλεχος δεν είναι πλέον διαθέσιμα προς τα υπόλοιπα στελέχη στο δίκτυο. Ωστόσο, τα υπόλοιπα στελέχη μπορούν να συνεχίσουν να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Ένα δίκτυο με τοπολογία bus μπορεί να αποτύχει εντελώς, αν η κύρια γραμμή είναι ελαττωματική (οφείλεται σε μια διακοπή καλωδίου, για παράδειγμα).

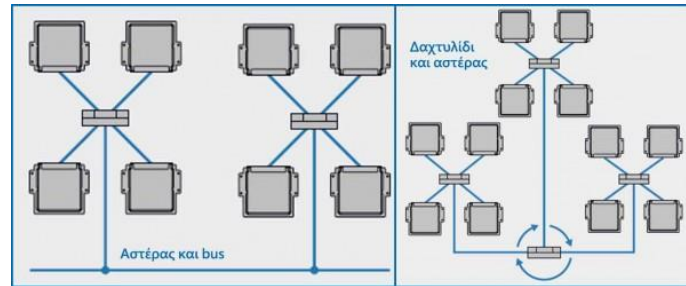


Υβριδικές τοπολογίες

Υβριδικές τοπολογίες είναι ένας συνδυασμός από διαφορετικές τοπολογίες δικτύου. Παραδείγματα τέτοιου συνδυασμού είναι:

- Αστέρας και bus: Πολλά δίκτυα αστέρα διασυνδέονται ως BUS (. Σχήμα 7).

- Δαχτυλίδι και αστέρας: Πολλά δίκτυα αστέρα συνδέεται με το κύριο αστέρα (Σχήμα 8). Τα στελέχη του δικτύου αστέρι συνδέονται με τη μορφή ενός δακτυλίου σε αυτό το κύριο κόμβο.



Vehicle Bus. Ανάκτηση από:

https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_bus

Khatri, N. *In-Vehicle Networks*. Scholarly Community Encyclopedia. April 2021.

Τοπολογία δικτύου. Ανάκτηση από:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1_%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%8D%CE%BF%CF%85

Khatri, N. *In-Vehicle Networks*. Scholarly Community Encyclopedia. April 2021.