



Τηλεφωνία

Το τηλεφωνικό σύστημα



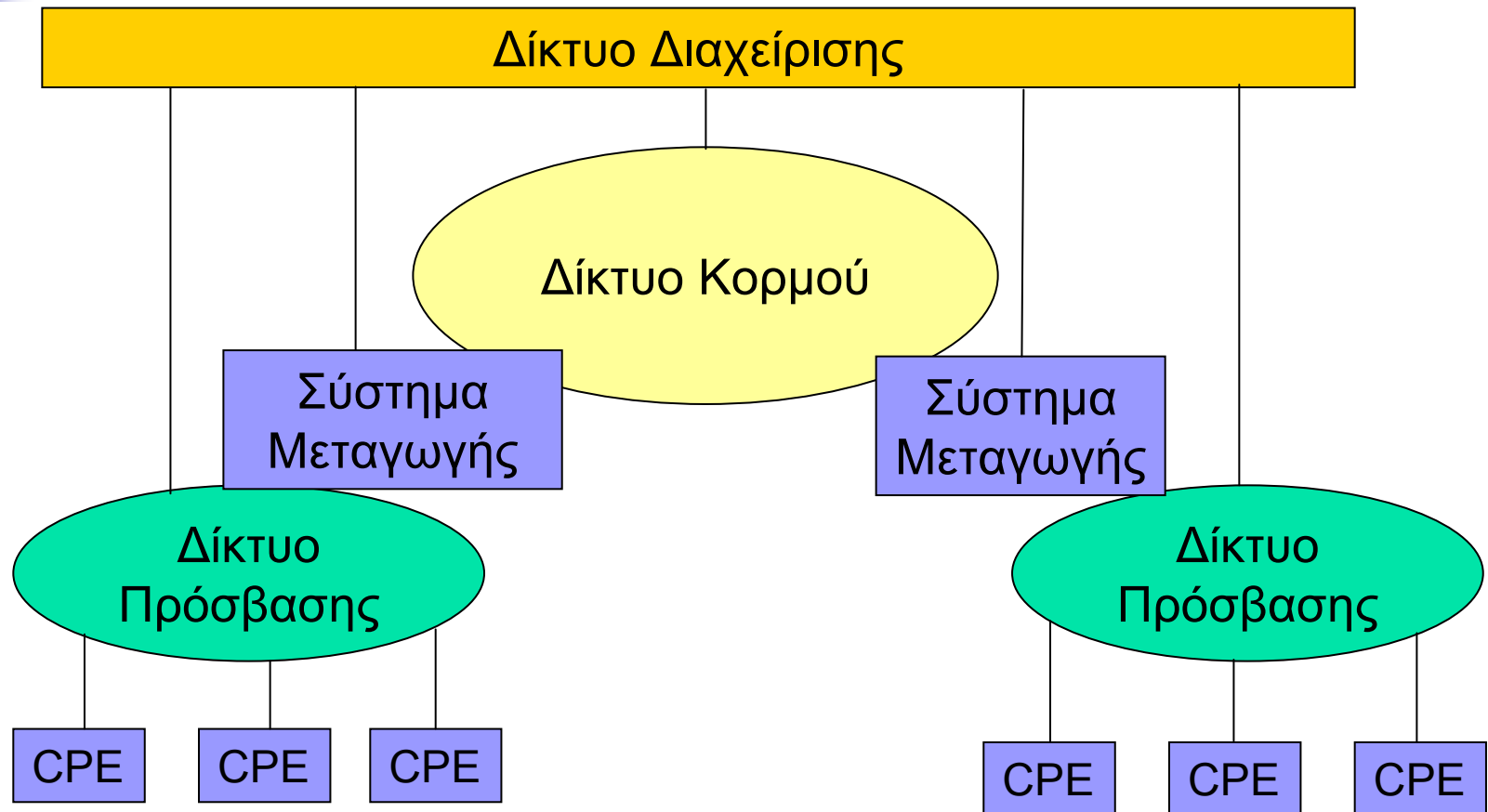
Δομή τηλεφωνικού δικτύου



Τηλεφωνικά κέντρα

- Εάν δεν υπήρχαν τηλεφωνικά κέντρα κάθε τηλέφωνο θα έπρεπε να συνδέεται με όλα τα άλλα
- Περίπου 250 εκατομμύρια τηλέφωνα (ΗΠΑ-Καναδά)
- Πλήρης συνδεσιμότητα
 - $N \times (N-1) / 2 = 3 \times 10^{16}$ ζεύγη
- Μέση διατομή ζεύγους 0,410 mm²
- Μέσο μήκος σύνδεσης 2000 km
- Μέσος όγκος χαλκού 25×10^6 km³
- Έκταση ΗΠΑ-Καναδά $19,8 \times 10^6$ km²
- Βάθος συρμάτωσης 1,24 km

Public Switched Telephone Network (PSTN)



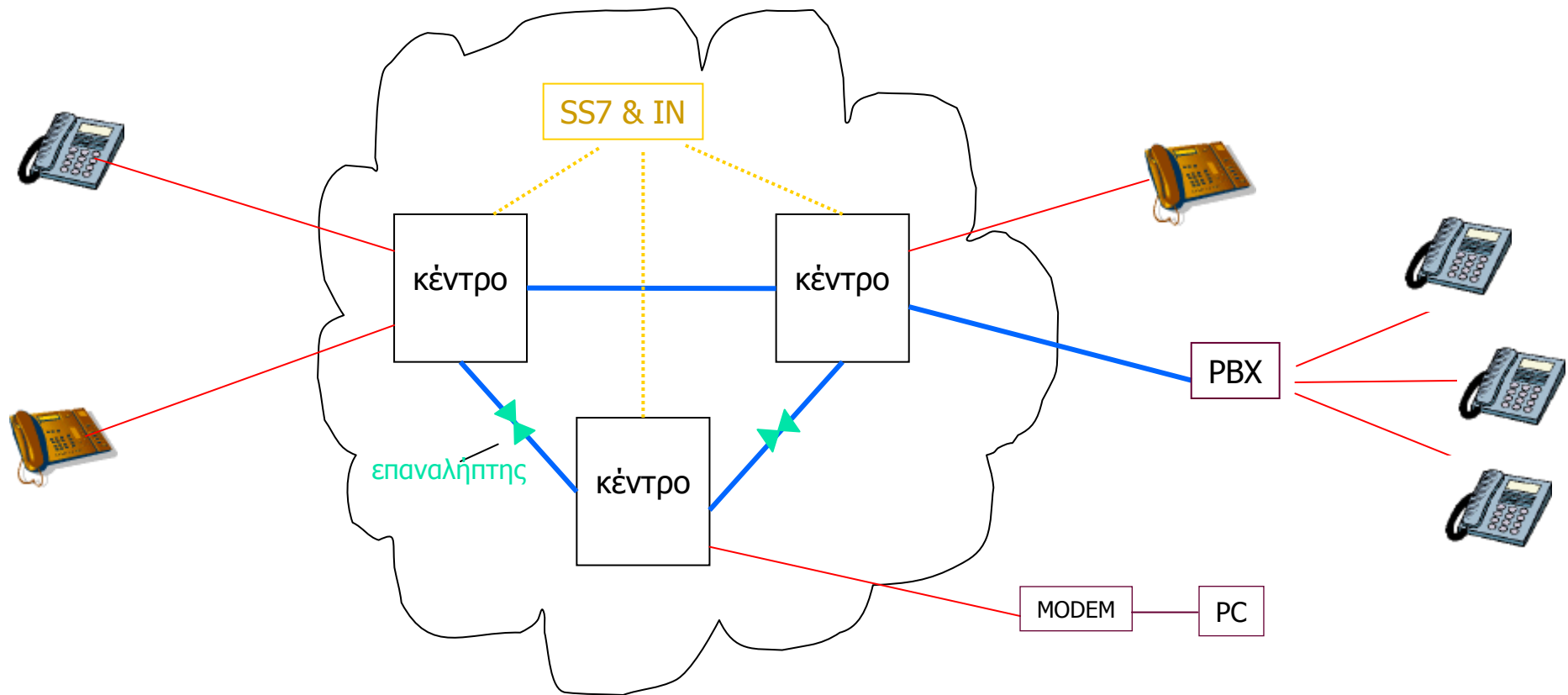
CPE: Customer Premise Equipment



Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN)

- Αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά στοιχεία
 - τηλεφωνικά κέντρα
 - κυκλώματα
 - γραμμές
 - τερματικά (π.χ. τηλεφωνικές συσκευές, μόντεμ, φαξ, ...)
 - εξοπλισμό μετάδοσης (π.χ. επαναλήπτες, πολυπλέκτες, μεικτονομητές, ...)
 - σηματοδосία και έλεγχο (π.χ. SS7 και IN)

Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN)

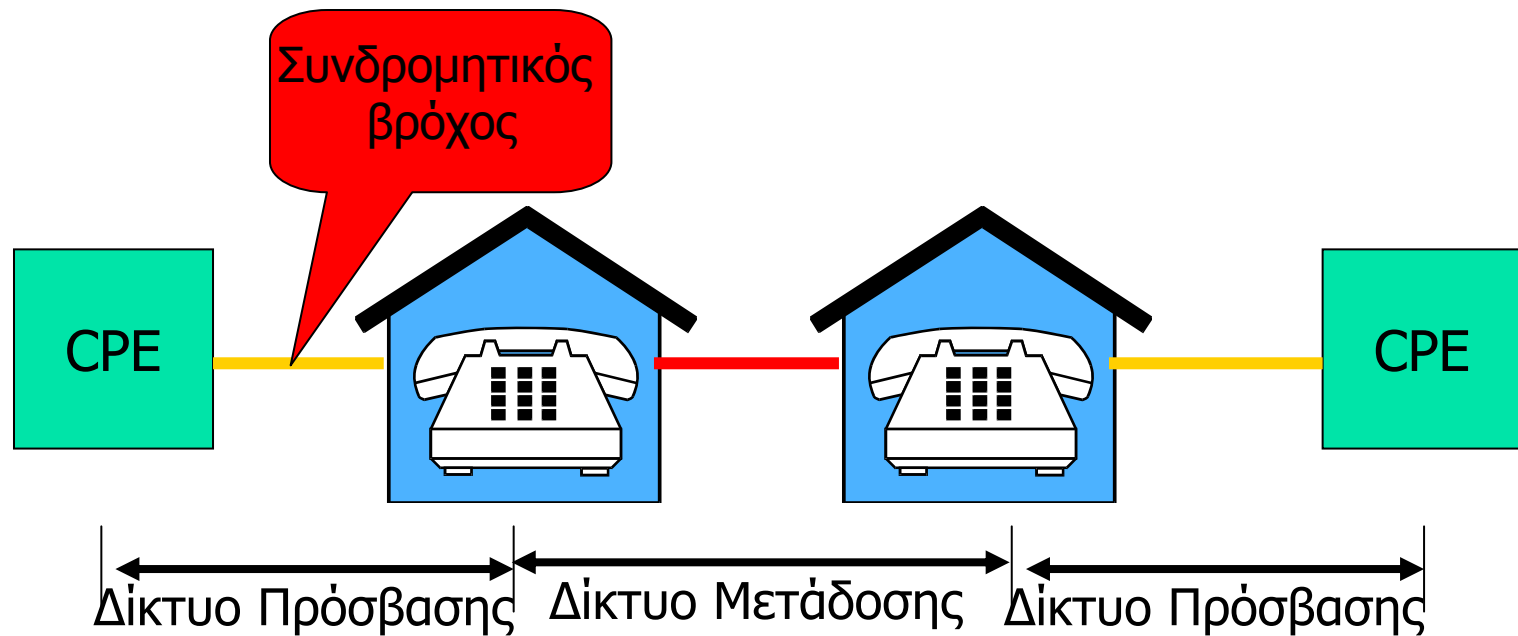


Συνδρομητικός εξοπλισμός (CPE)



- Οποιοσδήποτε εξοπλισμός διατίθεται από τον συνδρομητή για σύνδεση στη διεπαφή με το PSTN. Π.χ.
 - Απλή τηλεφωνική συσκευή
 - Συνδρομητικό κέντρο (PBX)

Πρόσβαση στο τηλεφωνικό κέντρο



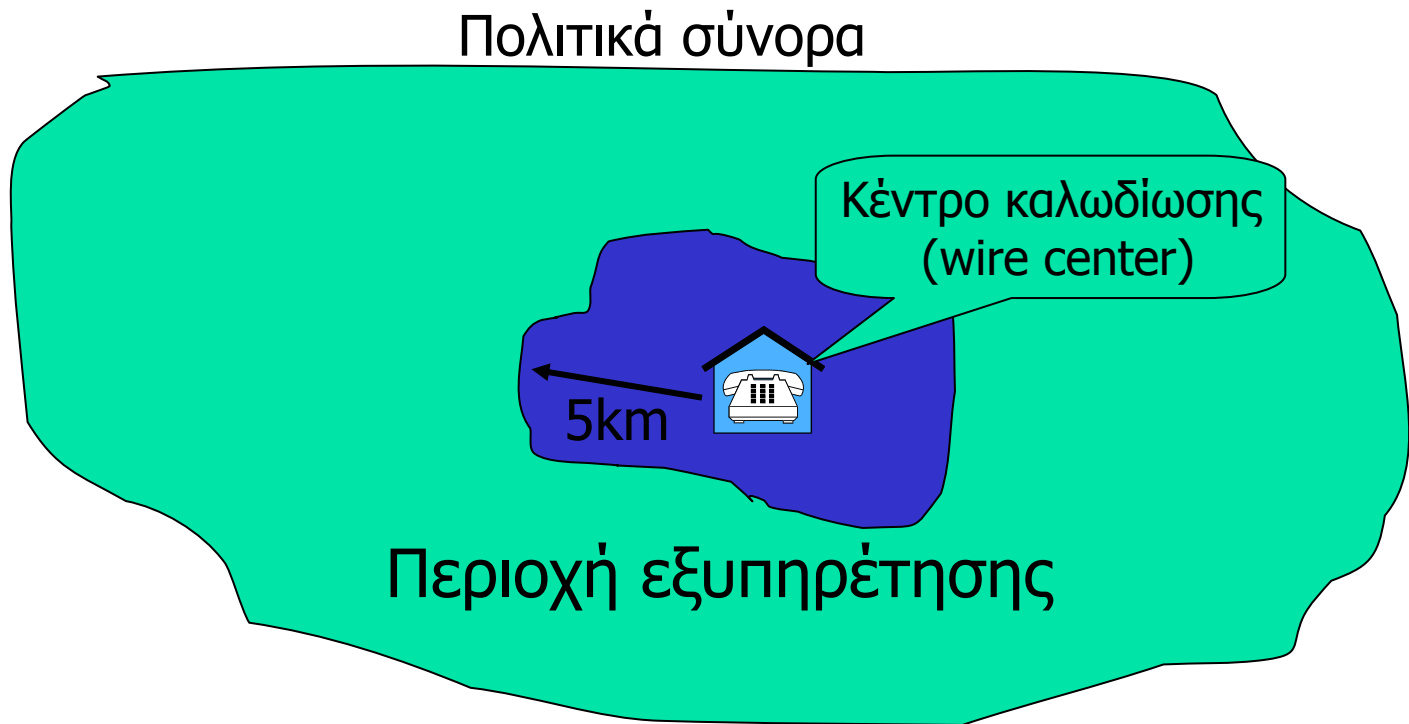
CPE = Customer Premises Equipment = Συνδρομητικός εξοπλισμός



Συνδρομητικός βρόχος

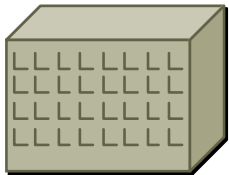
- Το τελευταίο χιλιόμετρο (last mile)
 - dc & ac
 - μεγάλο & μικρό ρεύμα
 - χαλκός
 - αναλογικός
 - ακριβός (6 € /kg)
 - Το μεγαλύτερο μέρος (~50%) του ενεργητικού
 - Το μεγαλύτερο μέρος (~30%) των εργασιών

Περιοχή καλωδίωσης (cable plant)

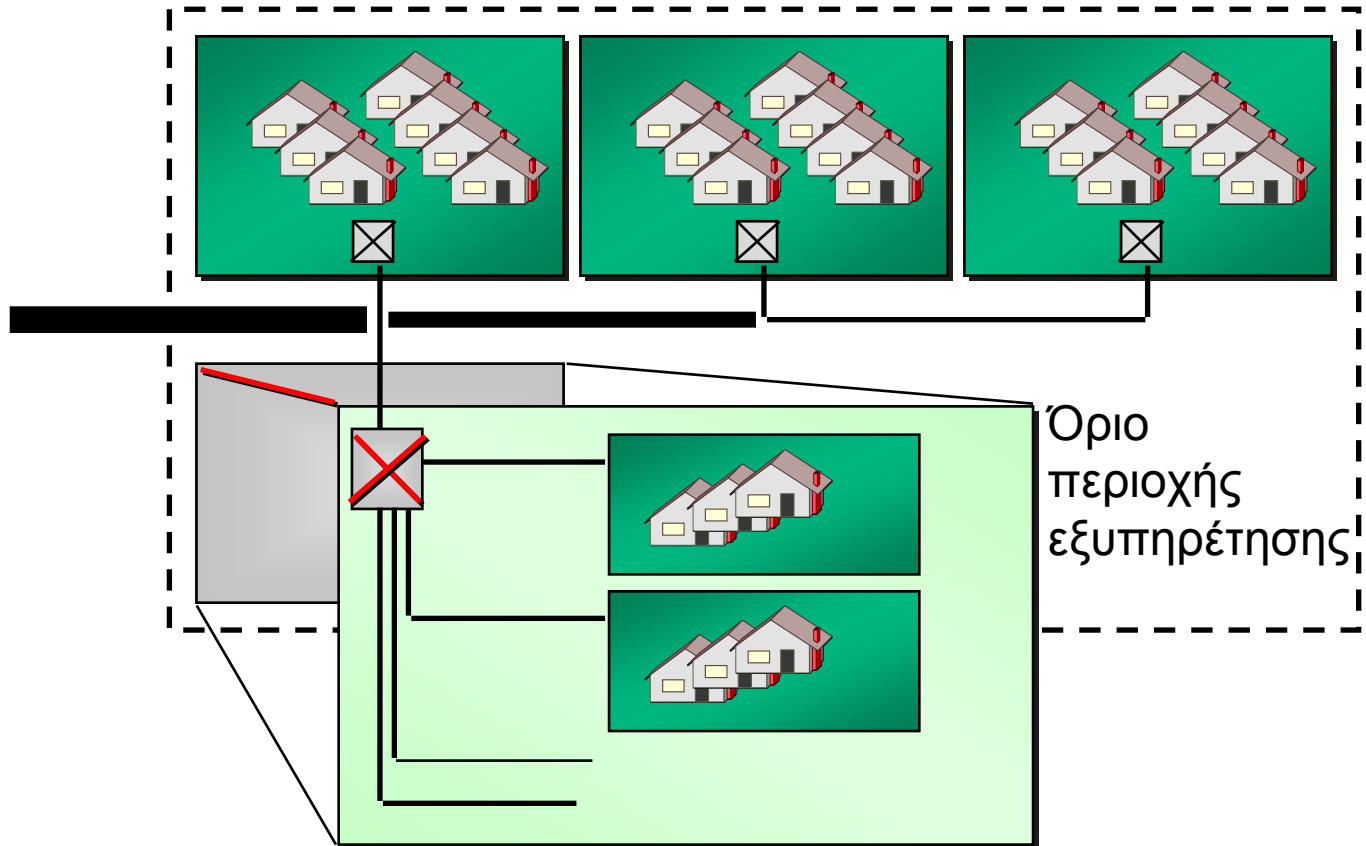


Περιοχή καλωδίωσης

Τηλεφωνικό
κέντρο



~30.000
γραμμές





Περιοχή καλωδίωσης

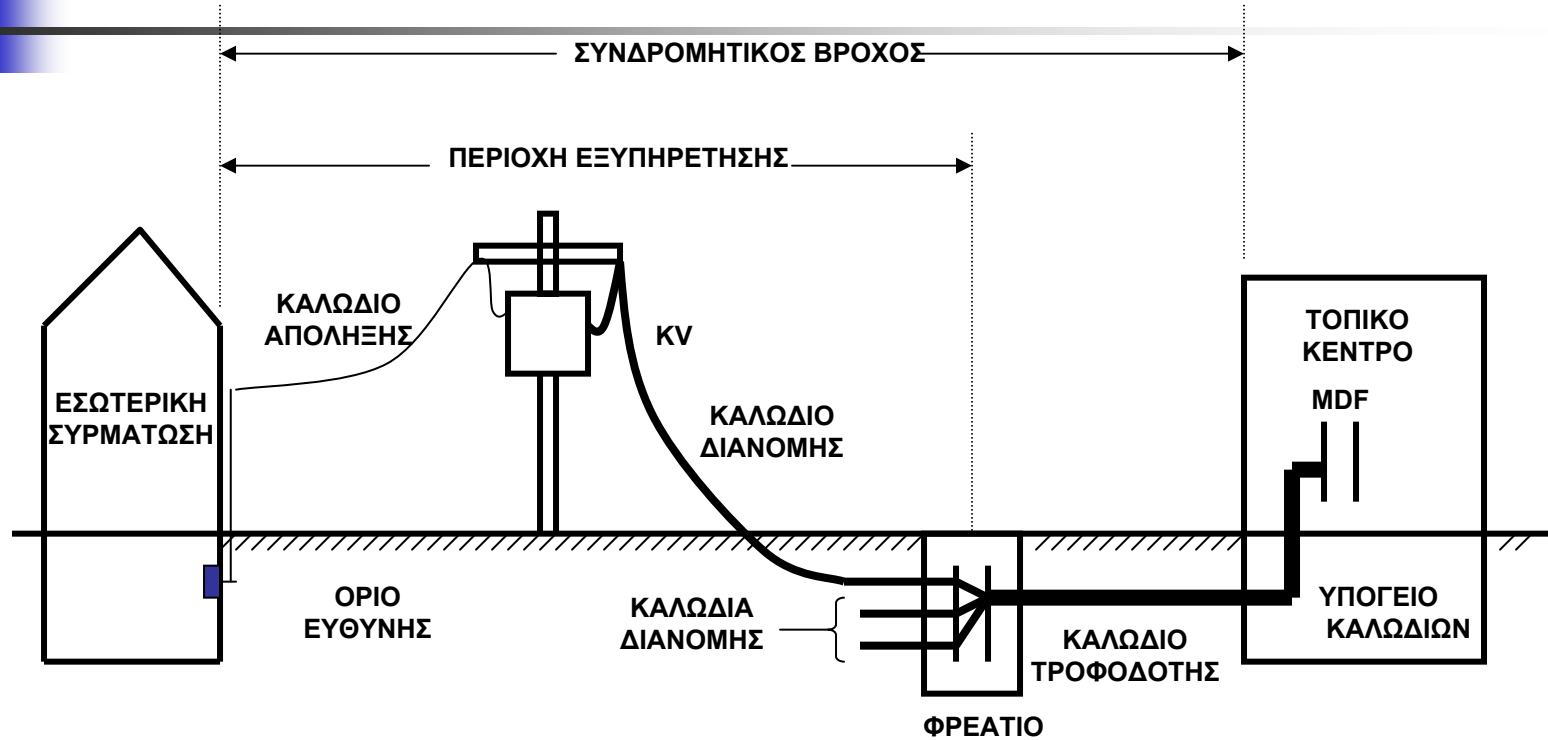
- Η περιοχή καλωδίωσης χωρίζεται σε τρία μέρη:
 - Το καλώδιο τροφοδότης (feeder cable) συνδέει το τοπικό κέντρο με την περιοχή εξυπηρέτησης
 - Το καλώδιο διανομής (distribution cable) συνδέει την περιοχή εξυπηρέτησης με τα σπίτια
 - Το καλώδιο απόληξης (drop cable) συνδέει τα σπίτια

Feeder cable
(λεπτότερο σύρμα)

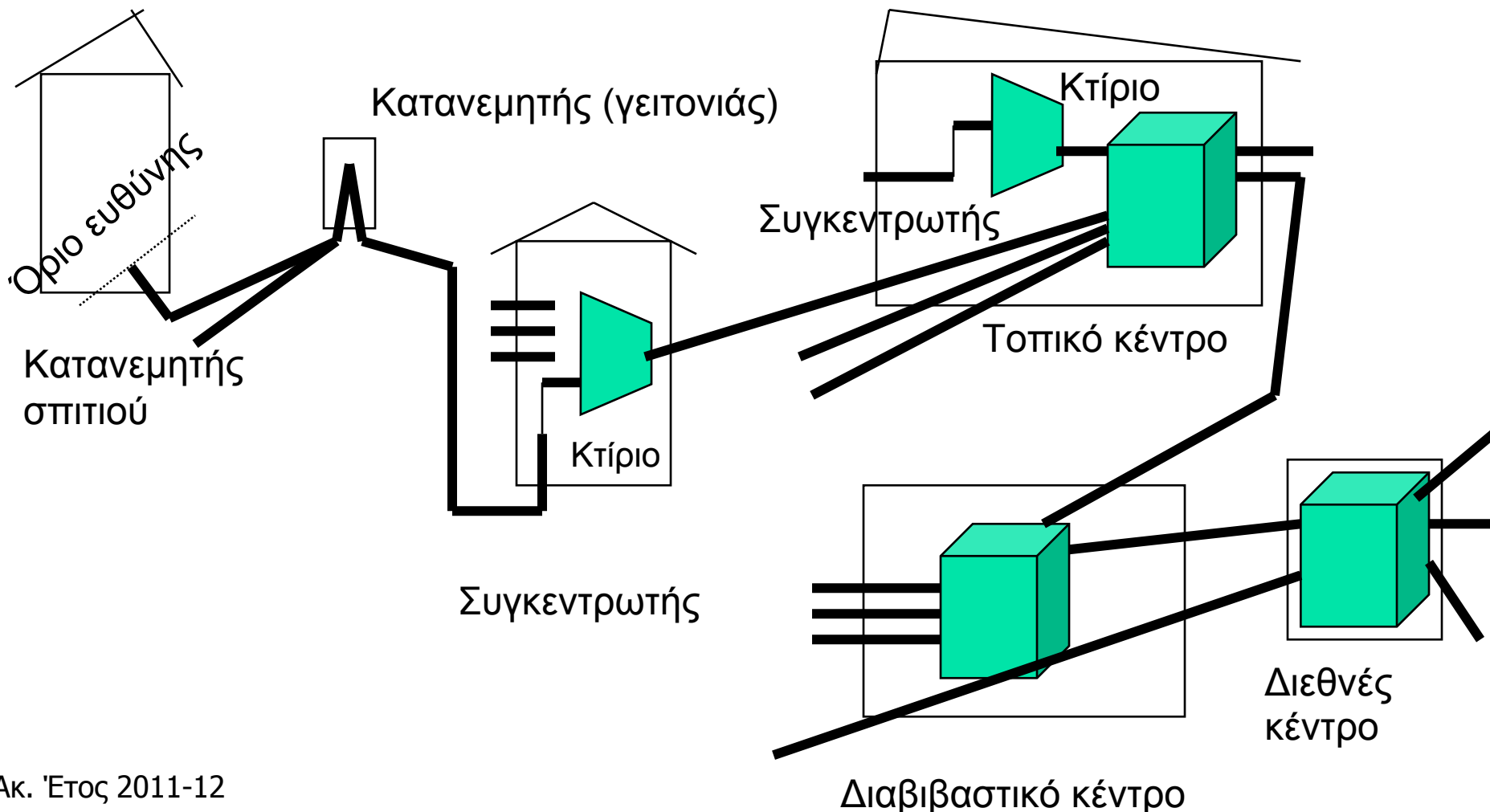
Distribution cable

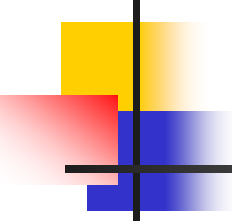
Drop cable
(παχύτερο σύρμα)

Περιοχή καλωδίωσης



Δομή Τηλεφωνικού Δικτύου



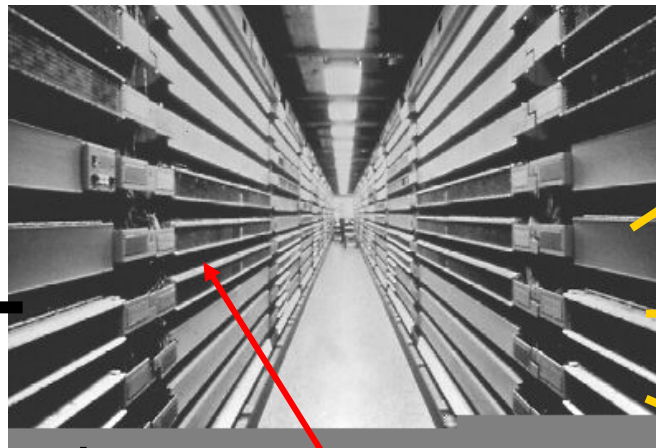
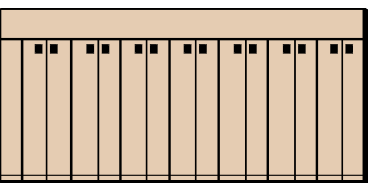


Ακραίο δίκτυο

- Το ενσύρματο δίκτυο από το τοπικό κέντρο μέχρι τις συνδρομητικές συσκευές
- Υποψήφιο για αντικατάσταση από οπτικές ίνες
 - μερικές φορές το κόστος απαγορευτικό
- Κύριο πρόβλημα οι περιορισμοί μήκους λόγω:
 - της ωμικής αντίστασης και
 - απόσβεσης κατά μήκος της γραμμής

Ακραίο δίκτυο

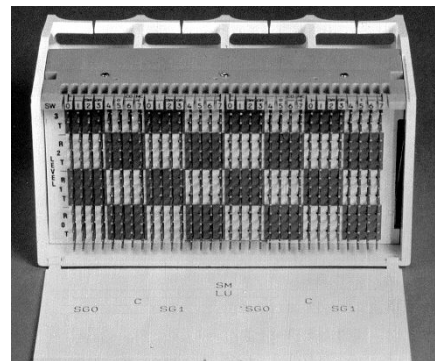
Ακραίος
κατανομητής
(Pedestal)



Βρόχοι a/b



Κύριος Κατανομητής
MDF (Main Distribution
Frame)



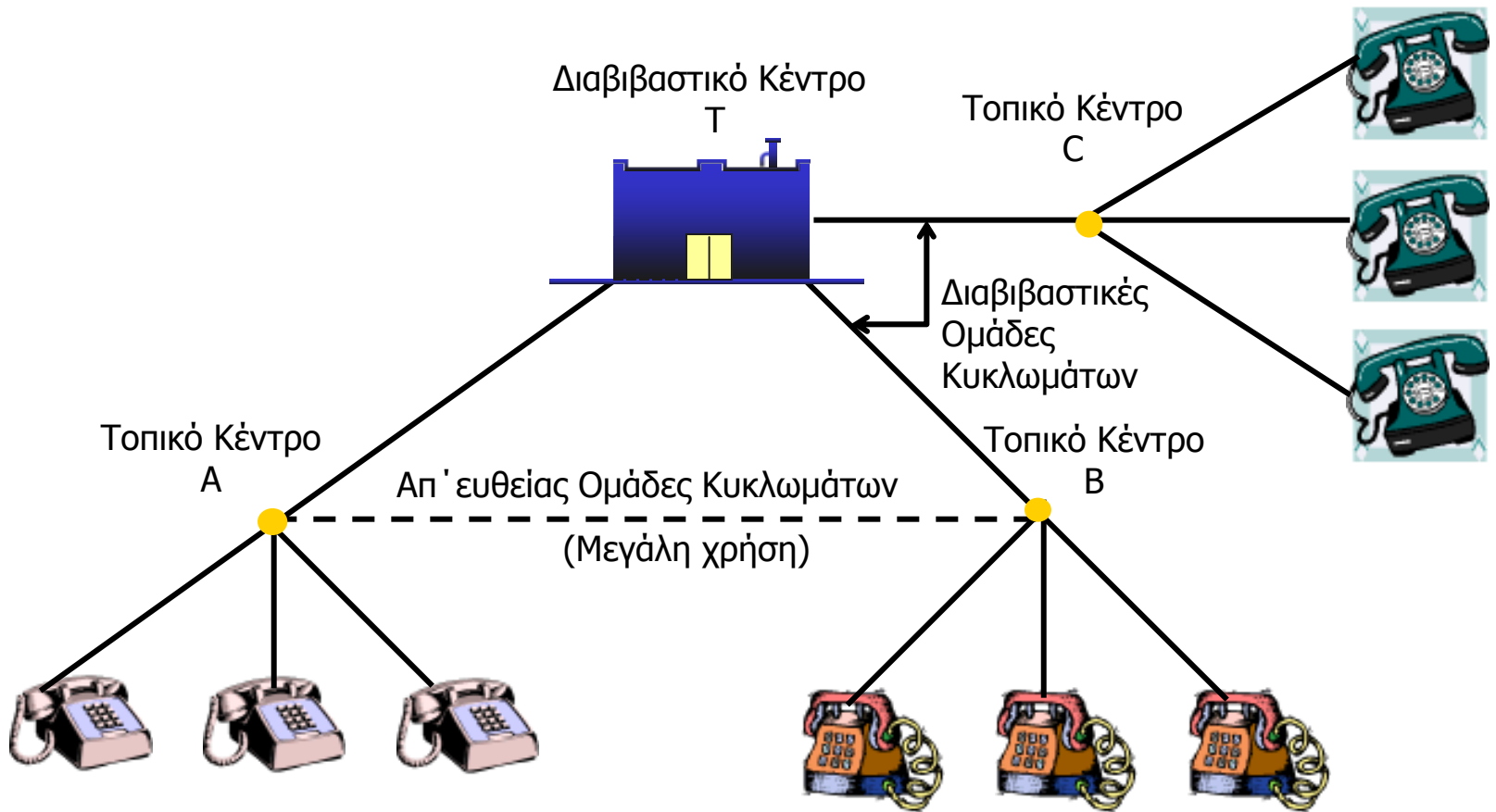
Μεικτονομητής
(connecting
block)

Κυτίο
διασύνδεσης
NID (Network
Interface
Device)

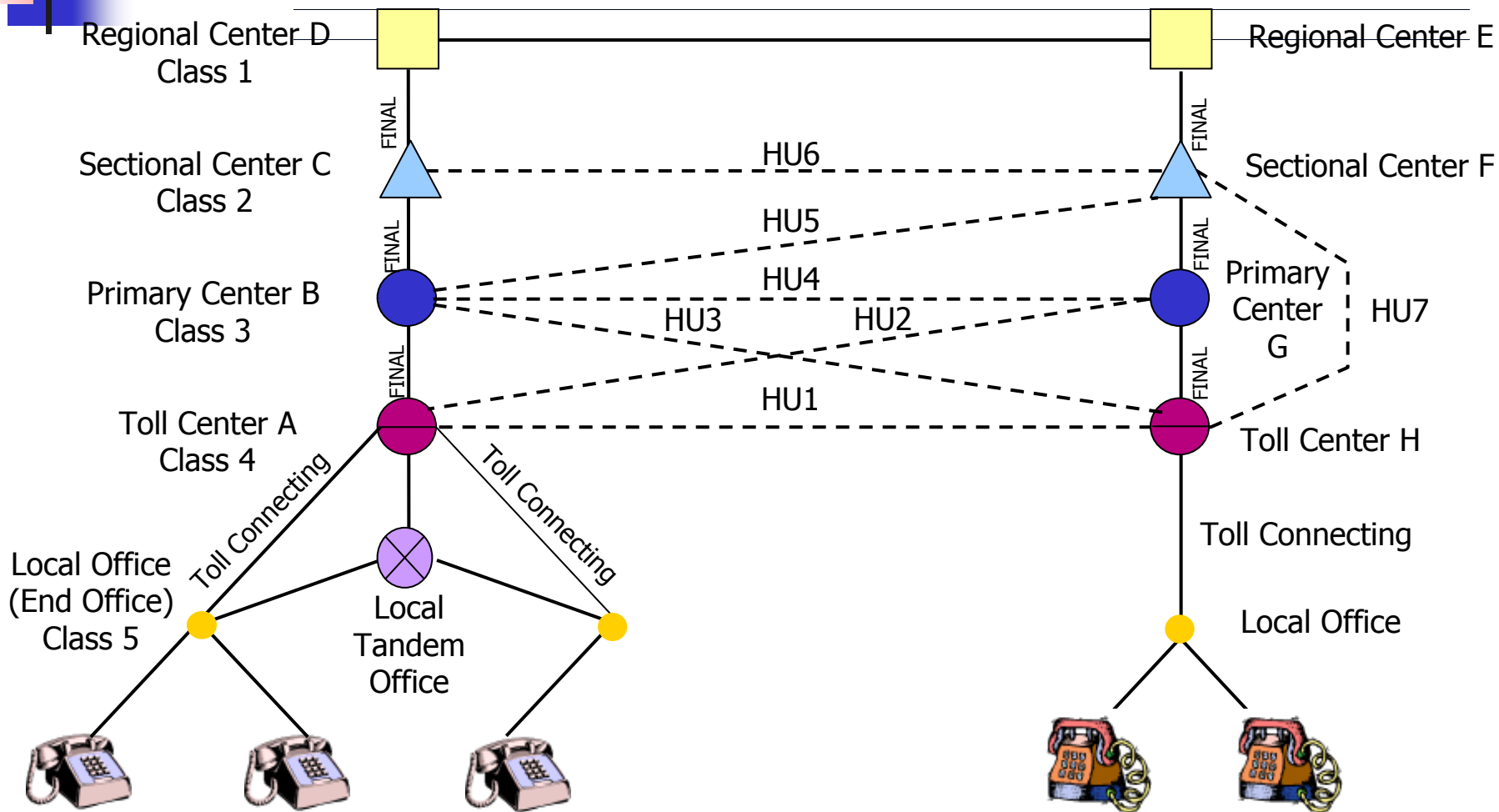


Είδη κλήσεων

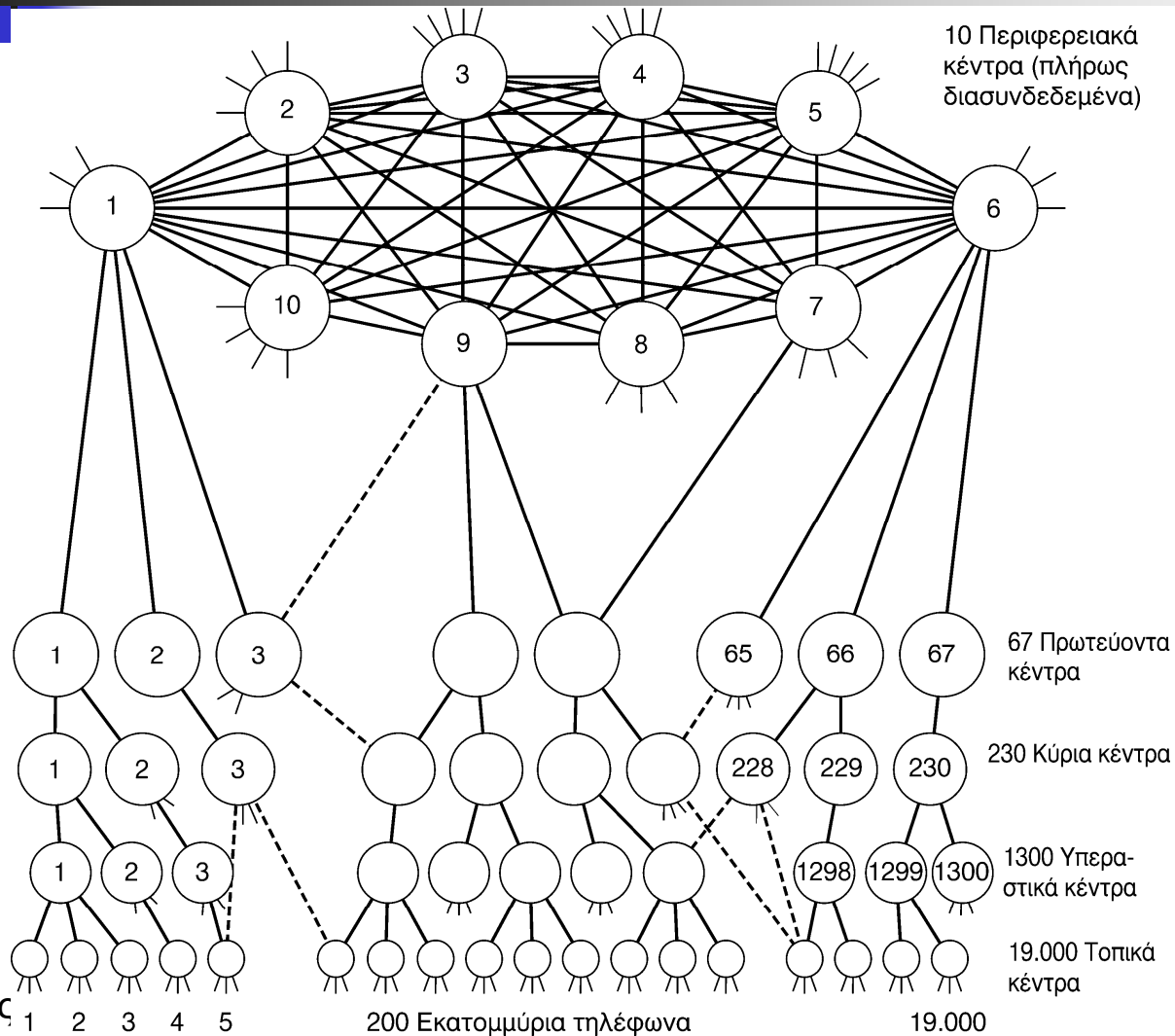
Τοπική κλήση



Υπεραστική κλήση



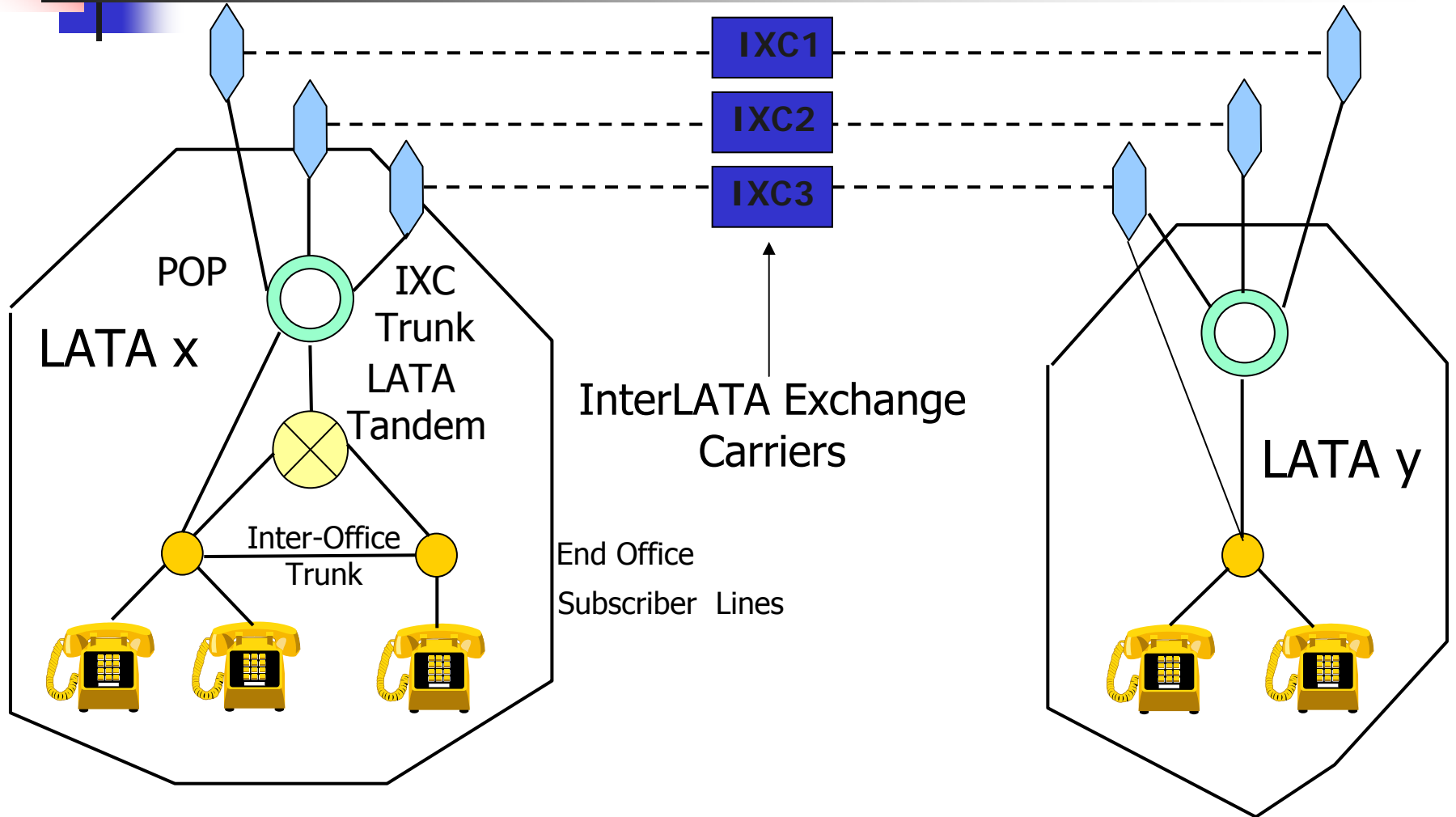
Ιεραρχία τηλεφωνικού συστήματος στις ΗΠΑ



Τηλεφωνικό σύστημα στις ΗΠΑ προ της απογύμνωσης

- Προ της απογύμνωσης (1984) η AT&T διατηρούσε
 - ένα ιεραρχικό σύστημα μεταγωγής (επαυξημένο, μη πλήρες -mesh- δίκτυο κυκλωμάτων υψηλής χωρητικότητας) για άμεσες υπεραστικές κλήσεις (Direct Distance Dialing - DDD)
 - πέντε επιπέδων μεταγωγής (τοπικά κέντρα class 5 μέχρι πρωτεύοντα κέντρα class 1)
 - όπου η κίνηση δρομολογείται από τη διαδρομή χαμηλότερου επιπέδου (διαδρομή 1^{ης} επιλογής)
 - οι εναλλακτικές διαδρομές χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει αποκλεισμός στην 1^η επιλογή
- τοπικές τηλεφωνικές υπηρεσίες παρείχαν και ανεξάρτητοι (1981, 23.5k non-Bell προς 20.8k Bell Class 5)

Post-divestiture PSTN

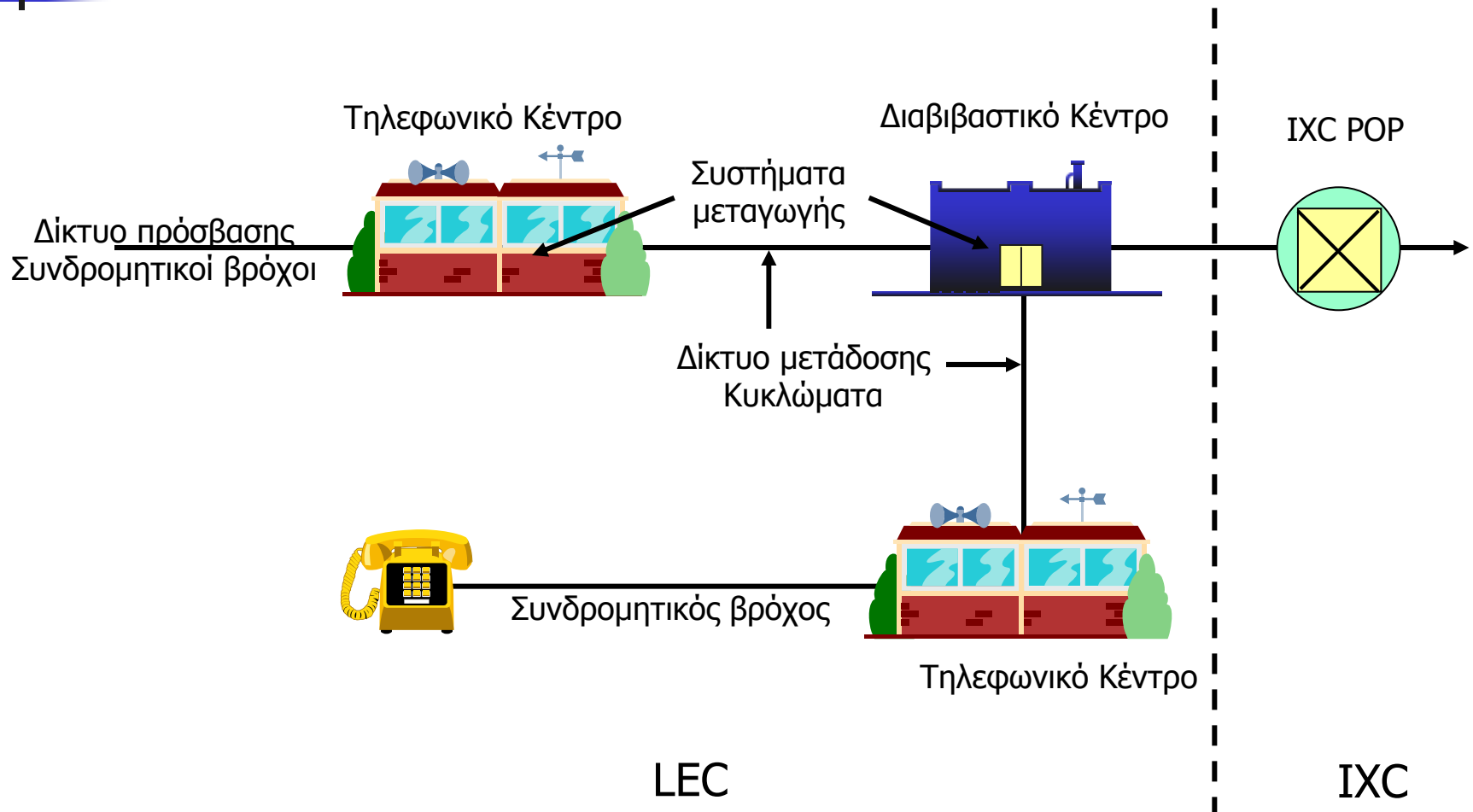




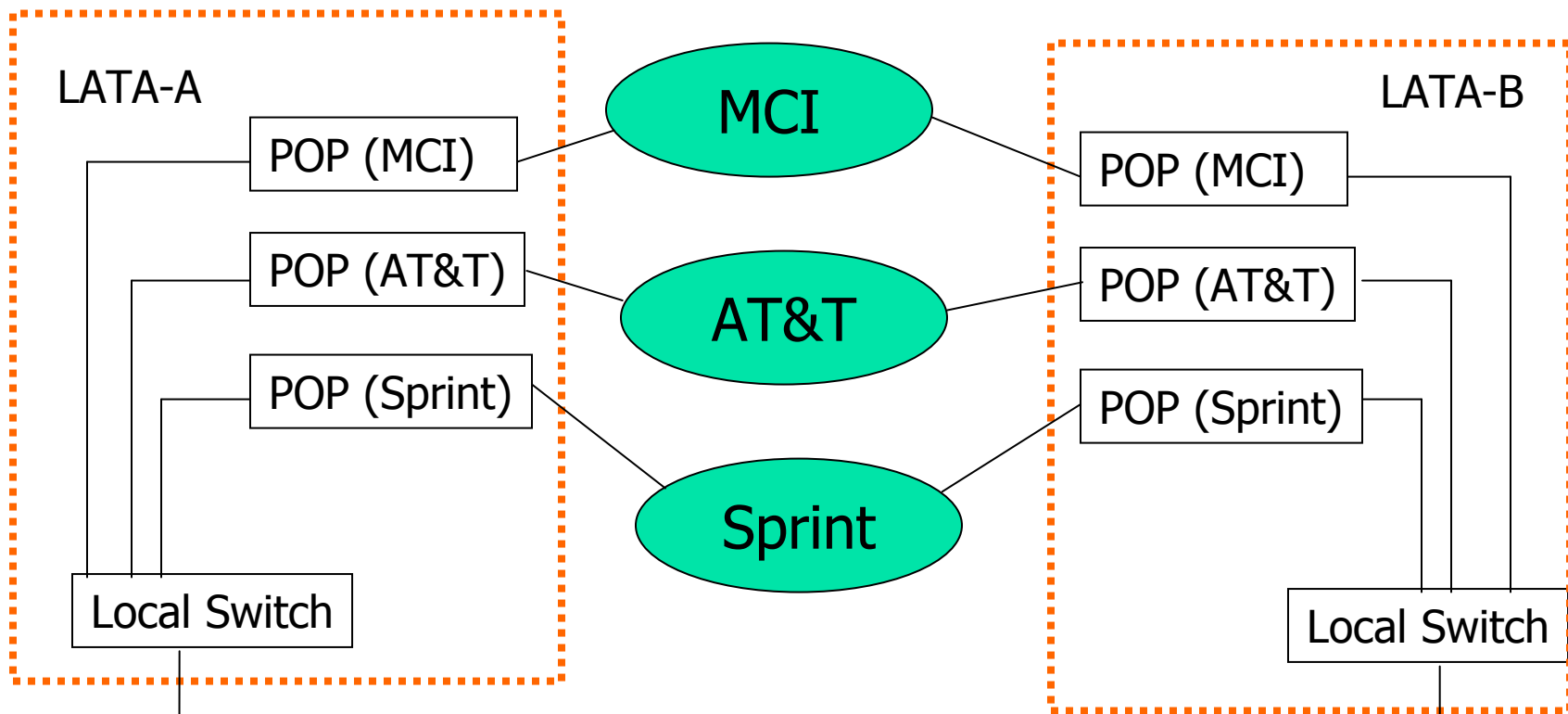
PSTN μετά την απογύμνωση

- IXC (Inter-Exchange Carrier): Παρέχουν υπεραστικές τηλεφωνικές υπηρεσίες
- LEC (Local Exchange Carrier): Παρέχουν τοπικές τηλεφωνικές υπηρεσίες
 - 100% των τοπικών κέντρων (class 5) και το 20% των υπεραστικών κέντρων (class 4 - LATA Tandem) δόθηκε στους LEC
- LEC οφείλουν να χρησιμοποιούν IXC για τη μεταφορά της κίνησης έξω από τα όρια της LATA (Local Access & Transport Area) (απαγορεύεται στους LEC να προσφέρουν υπεραστικές υπηρεσίες)
- LATA χωρίσθηκαν σε πολλές LCA (Local Calling Areas), όπου οι κλήσεις εντός της LCA είναι αστικές, ενώ μεταξύ των LCA "τοπικές υπεραστικές - local toll"
- LEC πρέπει να παρέχουν στους IXC ίση πρόσβαση (equal access) στα σημεία παρουσίας POP (Point of Presence)
- Το δίκτυο των IXC τείνει να γίνει πιο επίπεδο (λιγότερο ιεραρχικό) με την πάροδο του χρόνου

Τυπικό δίκτυο LEC



Κλήση Inter-LATA





Αξιοπιστία

- “Εννιάρια”
- 90% 36.5 ημέρες/έτος
- 99% 3.65 ημέρες/έτος
- 99.9% 8.8 ώρες/έτος
 - Καλός ISP
- 99.99% 53 min/έτος
- 99.999% 5 min/έτος
 - Τηλεφωνικό σύστημα
- 99.9999% 32 sec/έτος



Διαστασιολόγηση

Traffic Engineering



Διαστασιολόγηση

- Δισεκατομμύρια τηλέφωνα (φωνή) συν υπολογιστές, φαξ, κλπ)
- Φανταστείτε όλους τους χρήστες να θέλουν να μιλήσουν ταυτόχρονα
- Στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει
 - Τυχαίες διάρκειες κλήσεων σε τυχαίες χρονικές στιγμές
- Ισορροπία κόστους και πρακτικότητας με αποδοχή μιας μικρής πιθανότητας αποτυχίας (αποκλεισμός)



Γιατί χρειαζόμαστε την διαστασιολόγηση

- Οι χρήστες να ακούν το σήμα κέντρου (όταν σηκώσουν το ακουστικό)
 - Κατάληψη γραμμής
- Οι χρήστες να κάνουν τη κλήση (εγκατάσταση κλήσης)
 - Χωρητικότητα σηματοδοσίας
 - Χωρητικότητα μεταγωγέων
 - Χωρητικότητα γραμμών
 - Απόλυση γραμμής
- Για ποιους λόγους αποτυγχάνει η εγκατάσταση της κλήσης?
 - Συμφόρηση. Πού?



Ορισμός διαστασιολόγησης

- Η μαθηματική μοντελοποίηση της ζήτησης σε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και ο προσδιορισμός των αναγκαίων πόρων για την ικανοποίησή τους
 - Ζήτηση: πλήθος εισερχόμενων κλήσεων
 - Πόροι: αριθμός γραμμών/ζεύξεων



Διαστασιολόγηση

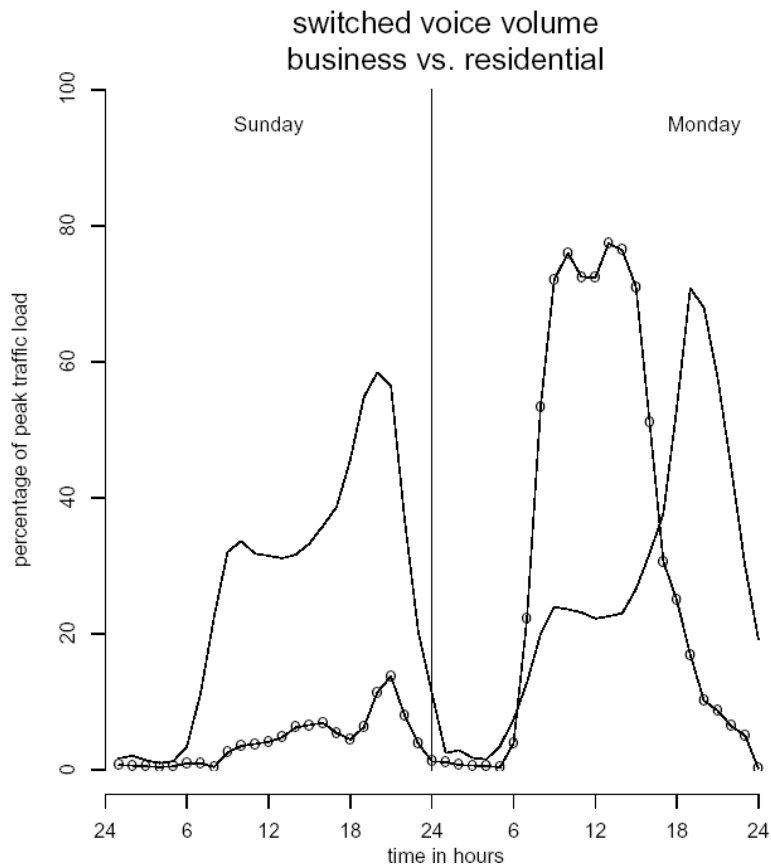
- Δίκτυο μετάδοσης
 - Πόσα κυκλώματα χρειάζονται
 - Πόσα παρέχονται
- Μεταγωγή
 - Πώς δρομολογούνται αποδοτικά οι κλήσεις;
- Τοπολογία
 - Αριθμός και θέση κόμβων
 - Αριθμός και θέση ζεύξεων
 - Επιβιωσιμότητα



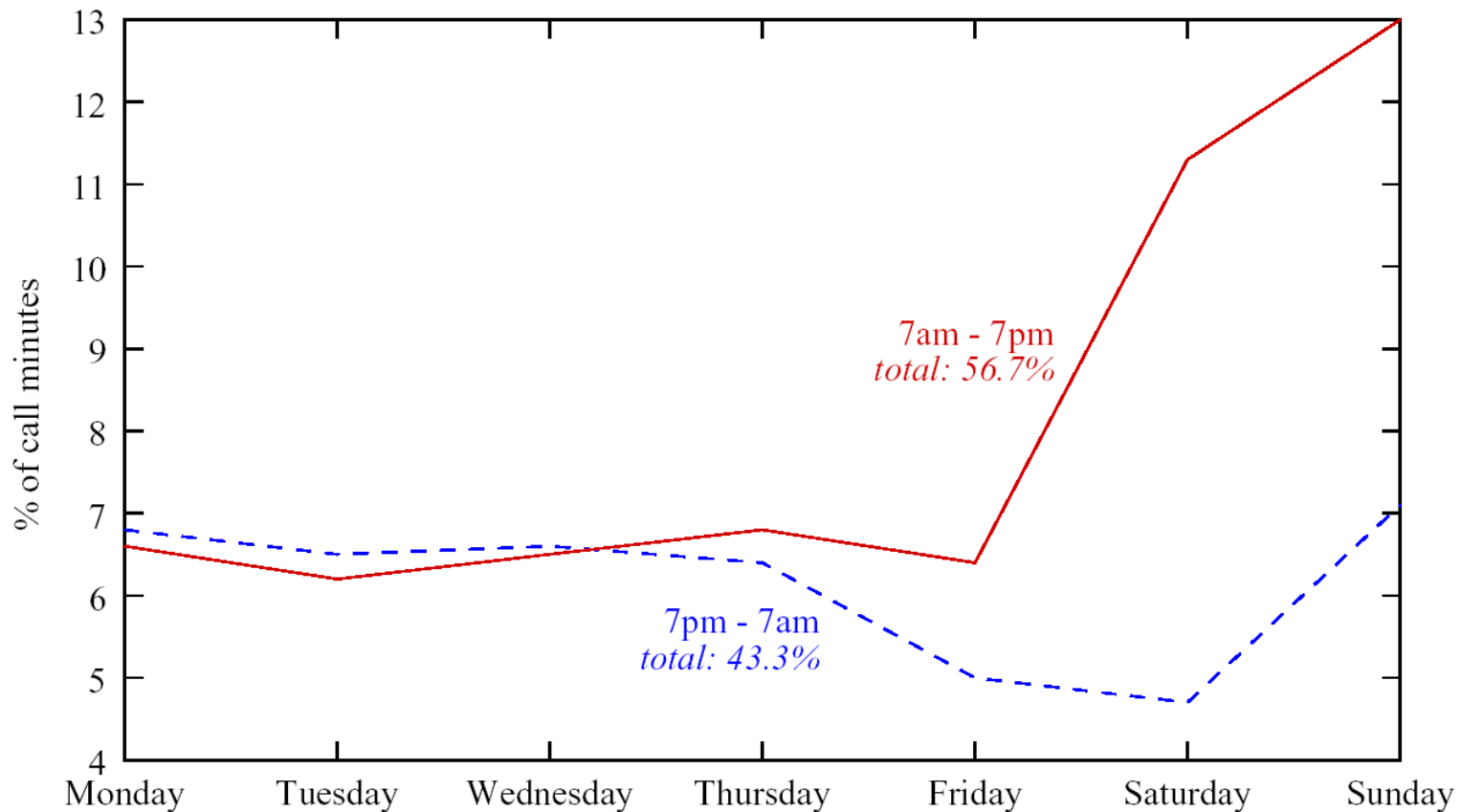
Τηλεφωνική κίνηση

- 0.1 Erlang = μιλά το 10% του χρόνου
- CCS = εκατοντάδες δεπτερολέπτων ανά ώρα
- 36 CCS = 1 Erlang
- Σηματοδοσία: κλήσεις στη διάρκεια της ώρας αιχμής
 - BHCA = busy hour call attempts

Ημερήσια μεταβολή της τηλεφωνικής κίνησης



Εβδομαδιαία μεταβολή της τηλεφωνικής κίνησης

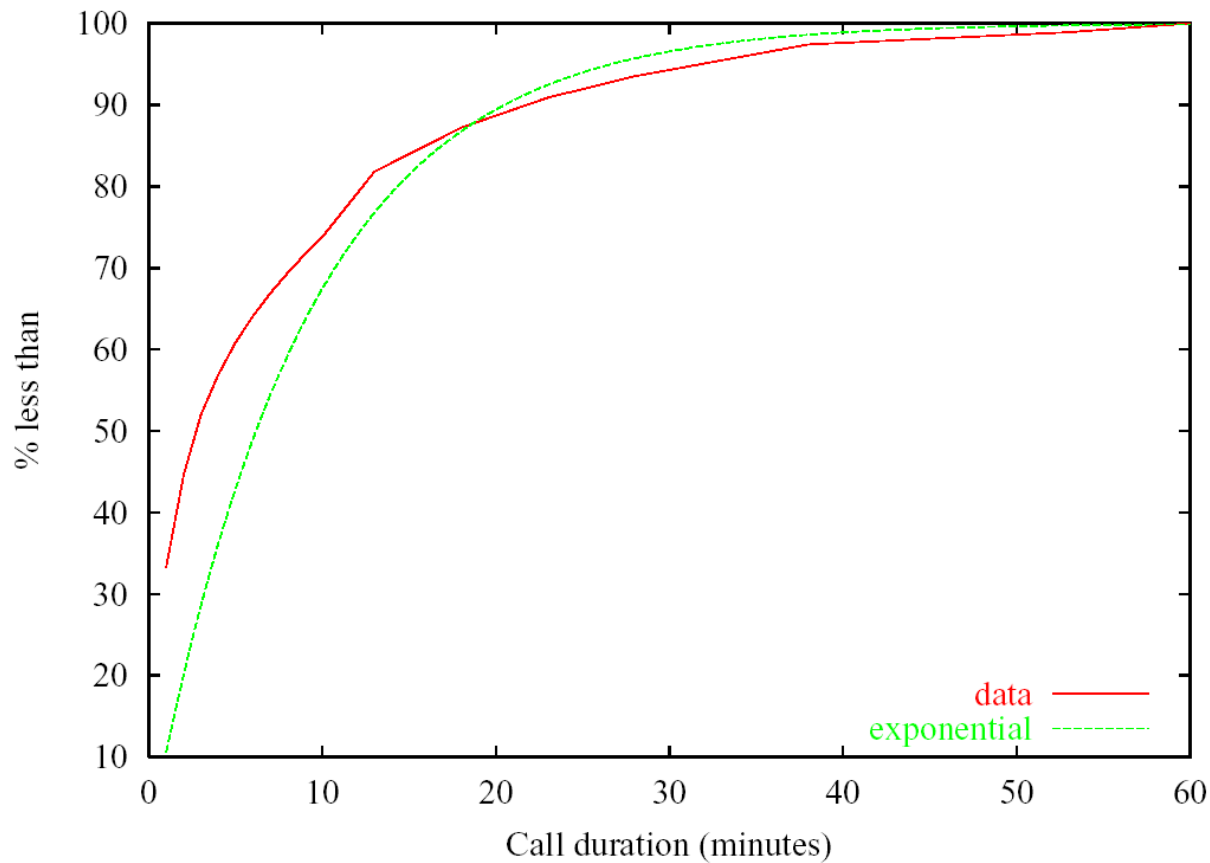




Διάρκεια κλήσεων

- τοπικές κλήσεις: 2.4 min
- επιχειρηματικές κλήσεις: 3.5 min
- υπεραστικές: 8.9 min
- διεθνείς: 5.1 min

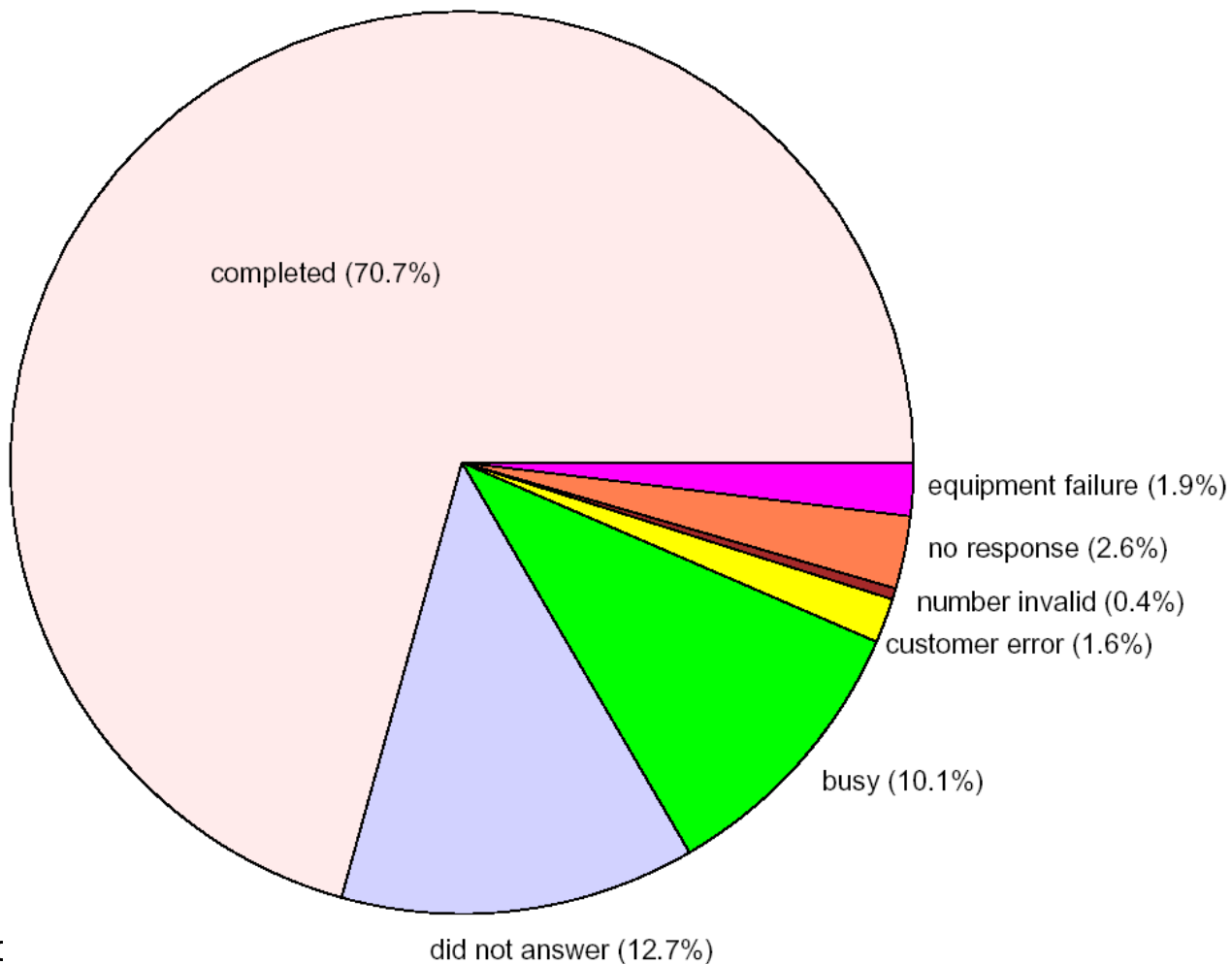
Κατανομή διάρκειας κλήσεων



Κατανομή διάρκειας υπεραστικών κλήσεων ως προς την απόσταση

distance (mi)	% calls	duration (min.)
1 – 10	5.1	4.6
11 – 22	20.2	5.1
23 – 55	23.2	5.9
56 – 124	13.3	7.7
125 – 292	12.1	9.4
293 – 430	4.6	10.4
431 – 925	9.7	11.9
926 – 1910	8.5	11.9
> 1910	3.2	11.2
average	310 mi.	7.8

Απόπειρες κλήσεων



Διάρκεια εγκατάστασης κλήσεων

