

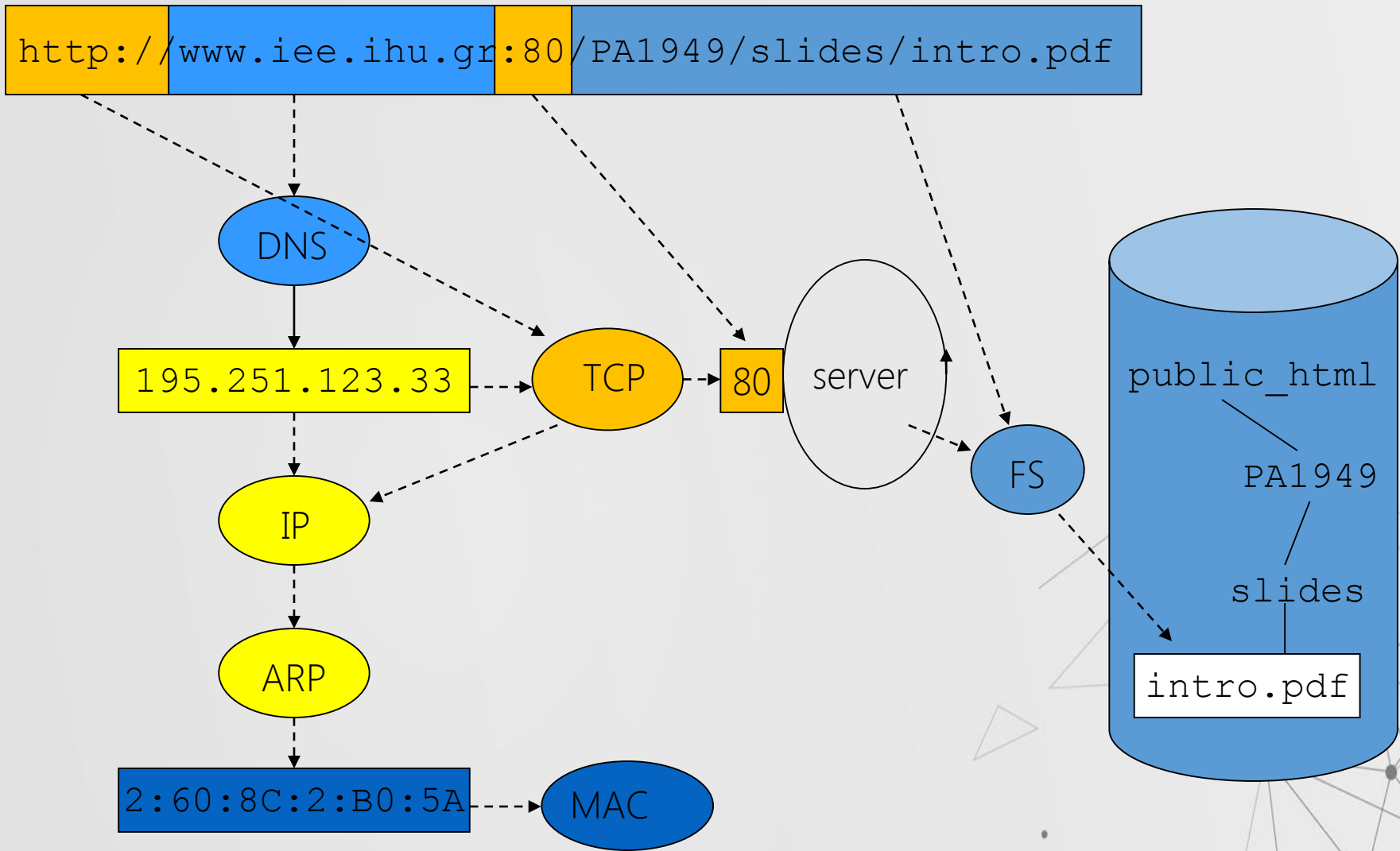
11

Κατανεμημένα Συστήματα

Κατανεμημένες υπηρεσίες καταλόγου
(distributed directory services)

Αναγνωριστικά (αντί για διευθύνσεις)

- Είναι επιθυμητό να αναφερόμαστε σε μια οντότητα χωρίς να πρέπει να γνωρίζουμε (εκ των προτέρων) την (τρέχουσα) διεύθυνση της.
- Χρειαζόμαστε αναγνωριστικά υψηλού επιπέδου που έχουν ισχύ ανεξάρτητα από μηχανήματα και διεργασίες (που είναι «εργαλεία» χαμηλού επιπέδου).
- Κάποιες «διευθύνσεις» είναι στην ουσία αναγνωριστικά υψηλού επιπέδου, π.χ. διευθύνσεις διαδικτύου (IP).
- Όμως, ακόμα αυτά τα αναγνωριστικά είναι χαμηλού επιπέδου – καθώς αναφέρονται σε μηχανήματα.

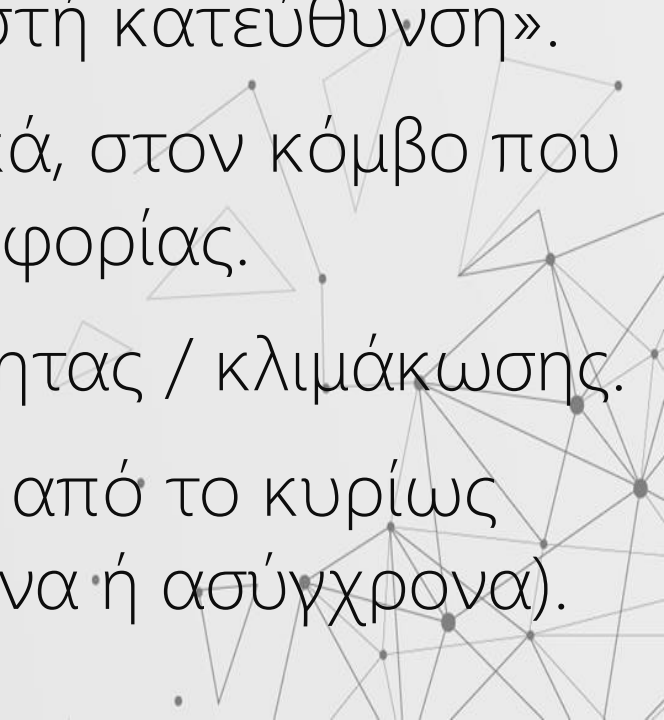


Υπηρεσίες καταλόγων

- Απαιτείται αναγωγή ενός ονόματος/αναγνωριστικού σε μια διεύθυνση/στοιχεία επικοινωνίας.
- Χρειάζονται κατάλληλες υπηρεσίες καταλόγου (DNS).
- Όταν αυτές επεκτείνονται πέρα από τα όρια ενός τοπικού δικτύου, υπάρχουν απαιτήσεις κλιμάκωσης.
 - Εύκολη διαχείριση.
 - Υψηλή διαθεσιμότητα.
 - Γρήγορη αναζήτηση.
 - Συνέπεια αλλαγών.
- Σημείωση: οι υπηρεσίες καταλόγου είναι πληροφοριακά συστήματα ειδικού σκοπού.

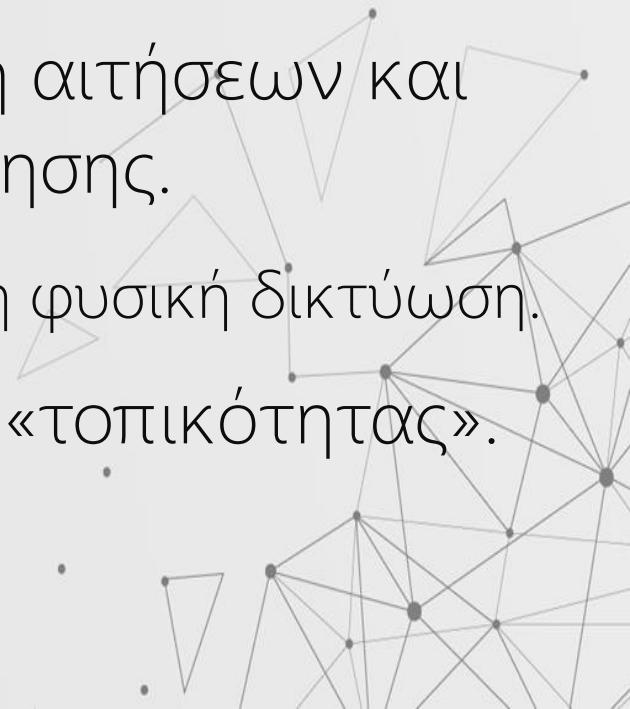


Κατανεμημένη Διαχείριση πληροφορίας

- Κάθε εξυπηρετητής διαχειρίζεται ένα μέρος της συνολικής πληροφορίας του συστήματος.
 - Κάθε εξυπηρετητής κρατά πληροφορία δρομολόγησης ώστε να μπορεί να διαχειρίζεται αιτήσεις που δεν μπορεί να ικανοποιηθούν τοπικά για να τις προωθεί προς την «σωστή κατεύθυνση».
 - Αλλαγές γίνονται (συνήθως) τοπικά, στον κόμβο που διαχειρίζεται ένα μέρος της πληροφορίας.
 - Αντίγραφα για λόγους διαθεσιμότητας / κλιμάκωσης.
 - Η μετάδοση των αλλαγών γίνεται από το κυρίως αντίγραφο στα υπόλοιπα (σύγχρονα ή ασύγχρονα).
- 

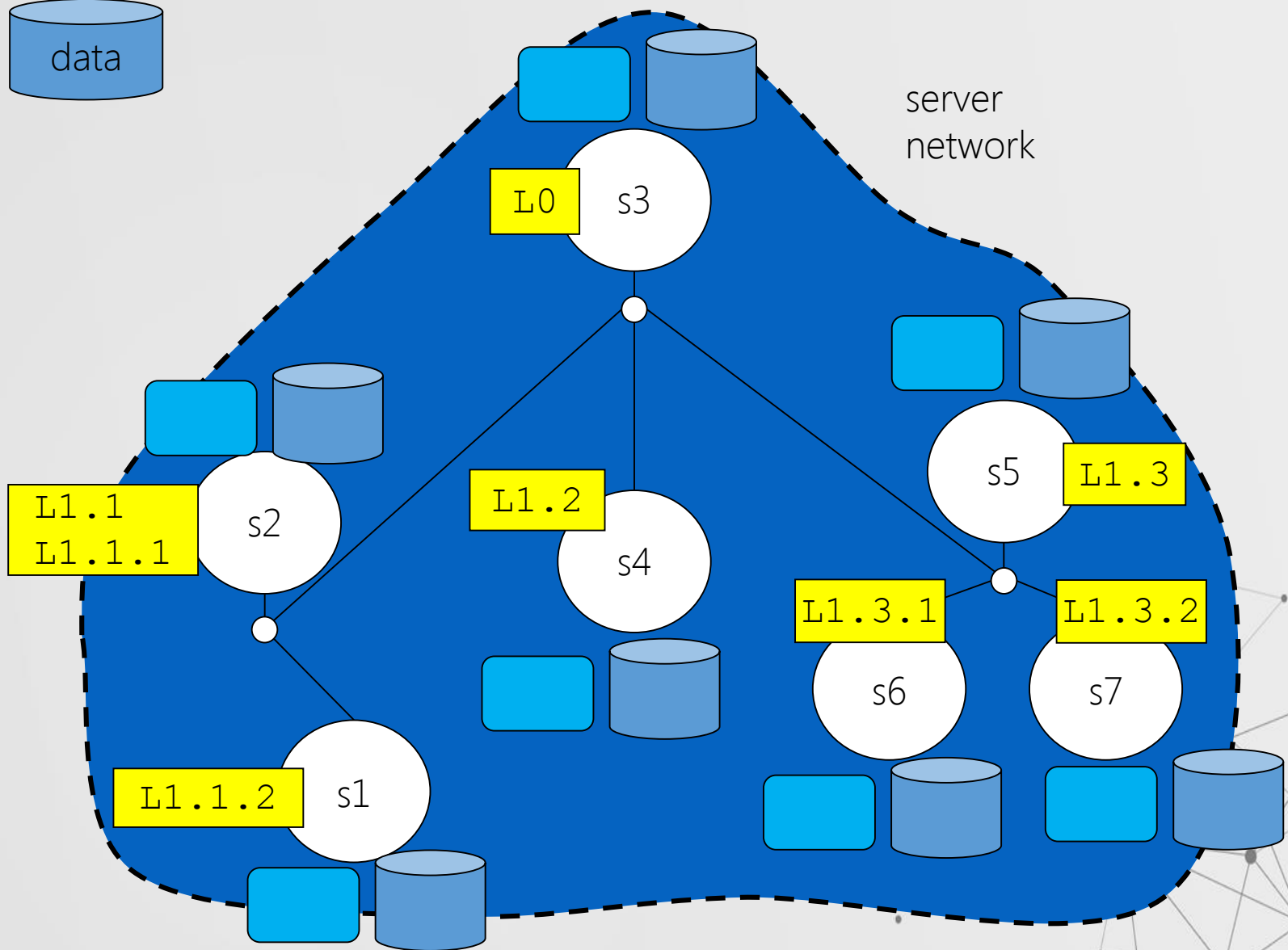
Ιεραρχική δόμηση

- Κλιμάκωση στην διαχείριση των ονομάτων καθώς και στην αναζήτηση πληροφορίας.
- Μπορεί να γίνουν αλλαγές σε ένα τμήμα του χώρου ονομάτων χωρίς επικοινωνία με τα υπόλοιπα.
 - αν δεν υπάρχουν αντίγραφα που πρέπει να ανανεωθούν.
- Εστιασμένη / αποδοτική προώθηση αιτήσεων και επιστροφή αποτελεσμάτων αναζήτησης.
 - ιδίως αν η ιεραρχία «συμβαδίζει» με τη φυσική δικτύωση.
- Εκμετάλλευση του φαινομένου της «τοπικότητας».

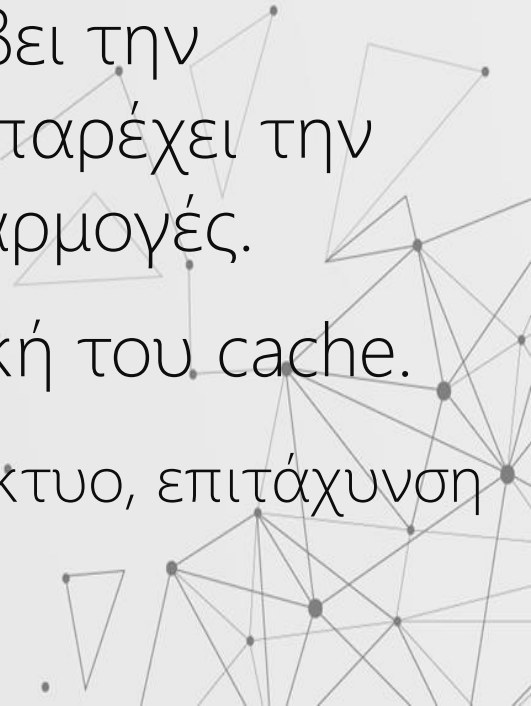


cache

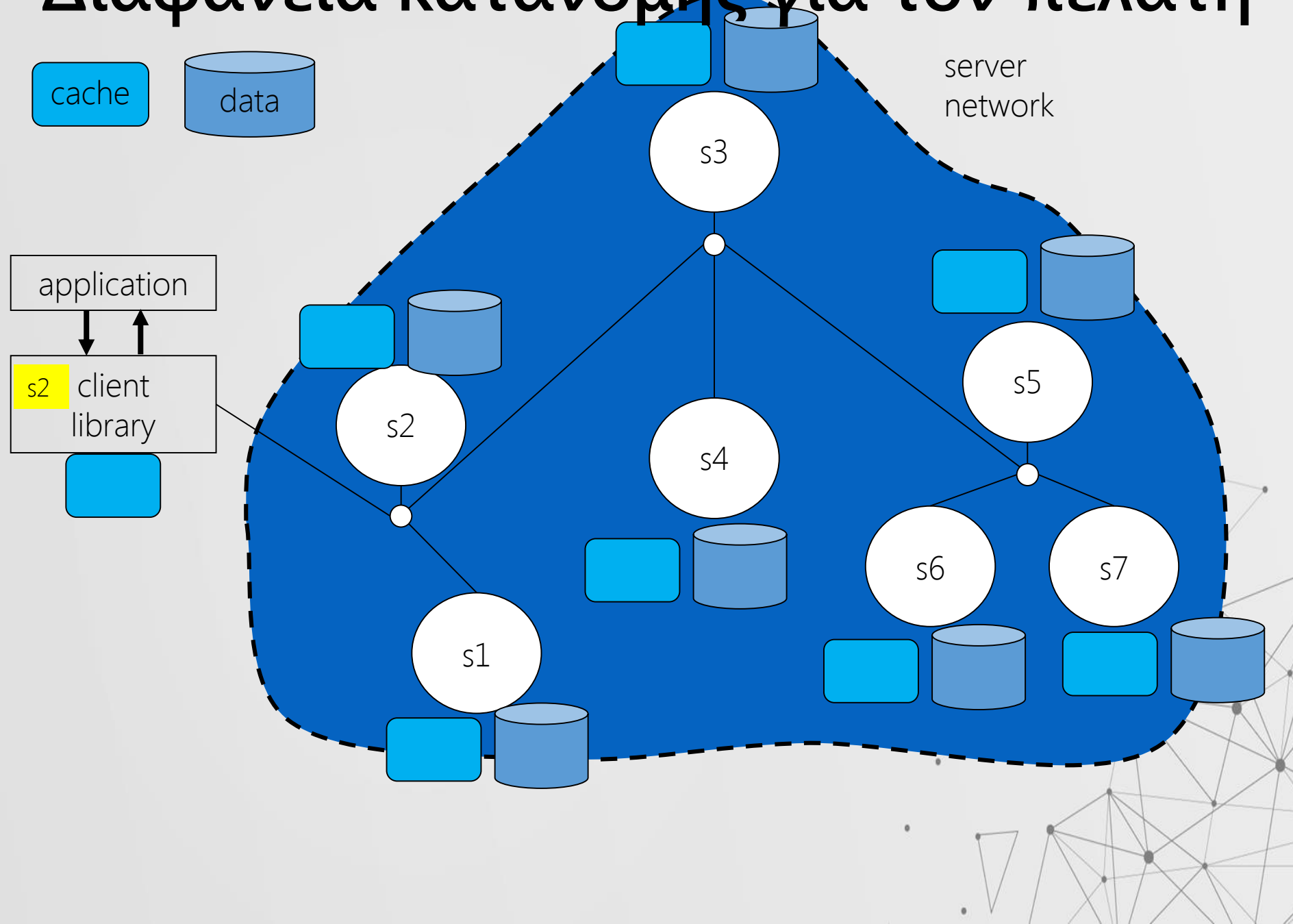
data



Διαφάνεια κατανομής για τον πελάτη

- Το πρωτόκολλο αναζήτησης σε επίπεδο υπηρεσίας μπορεί να είναι πιο πολύπλοκο από ένα request-reply.
 - π.χ. να απαιτείται επανειλημμένη αλληλεπίδραση με έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές της υπηρεσίας.
 - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια διασύνδεση RPC ή άλλο λογισμικό ή βιβλιοθήκη που κρύβει την επικοινωνία πάνω από το δίκτυο και παρέχει την επιθυμητή διαφάνεια στις τοπικές εφαρμογές.
 - Το λογισμικό πελάτη μπορεί να έχει δική του cache.
 - μείωση της επικοινωνίας πάνω από το δίκτυο, επιτάχυνση αναζήτησης, αυξημένη διαθεσιμότητα.
- 

Διαφάνεια κατανομής για τον πελάτη

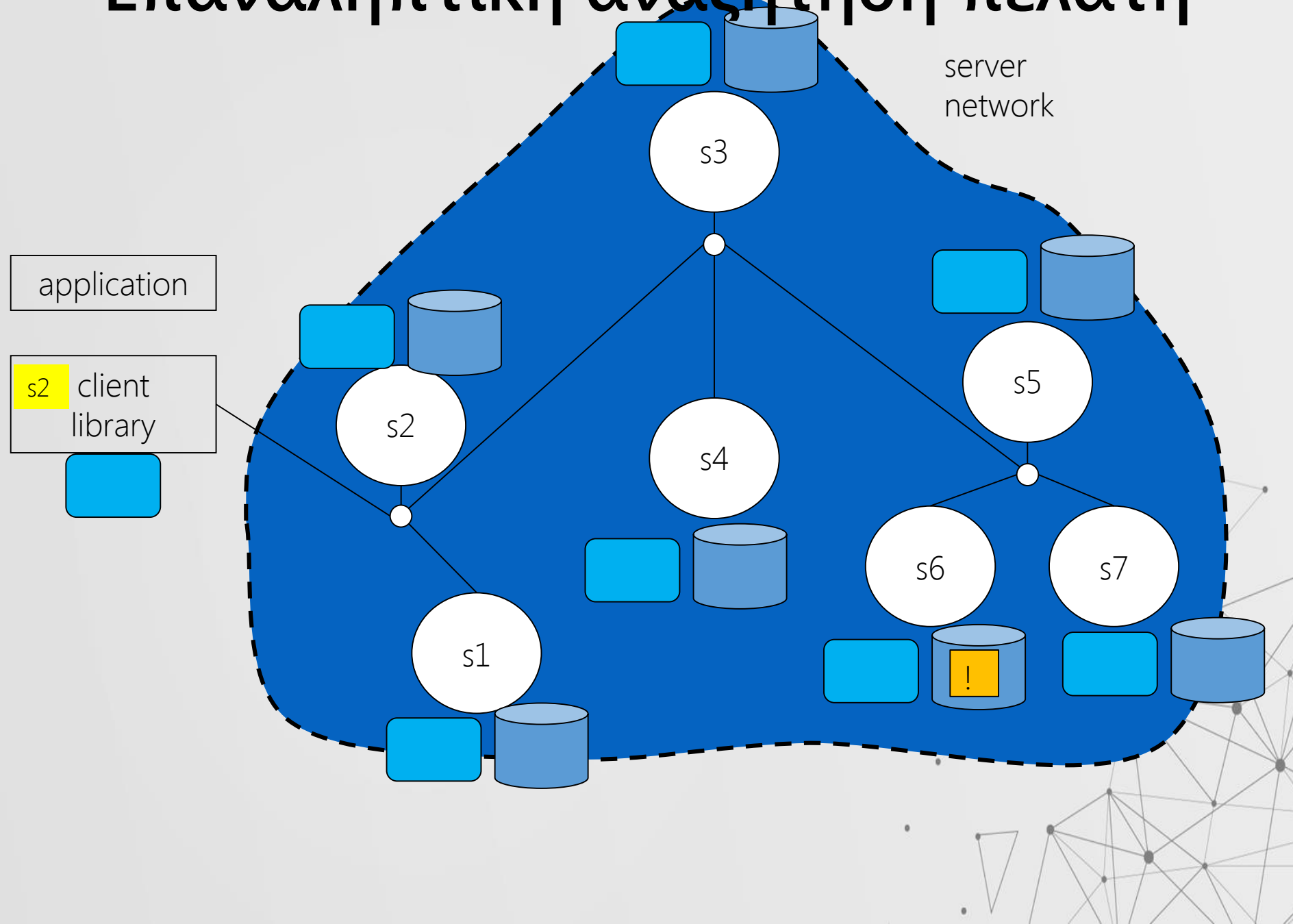


Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη

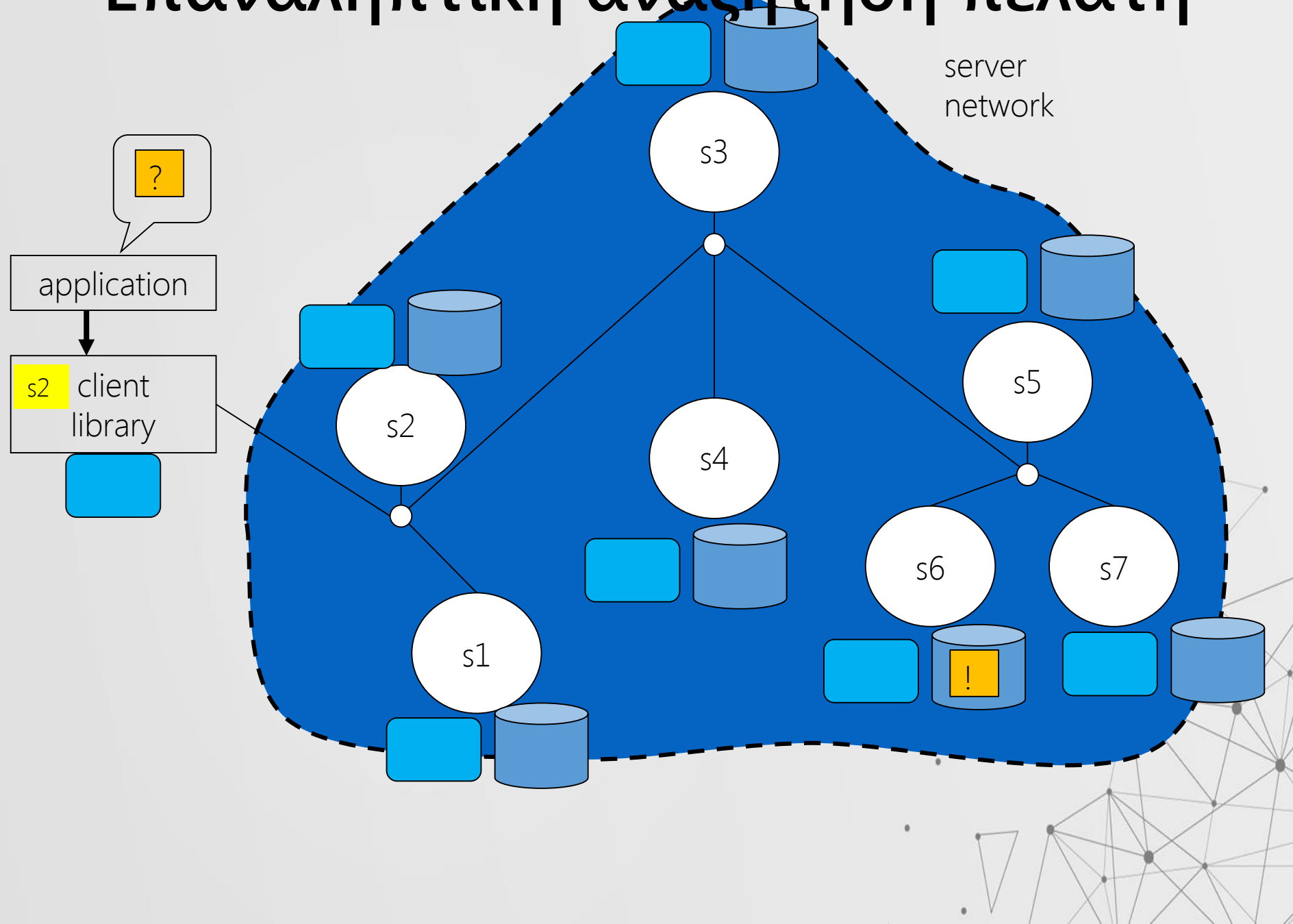
- Ο πελάτης στέλνει αίτηση στον εξυπηρετητή.
- Αν ο εξυπηρετητής έχει την ζητούμενη πληροφορία τότε την στέλνει στον πελάτη.
- Διαφορετικά, ο εξυπηρετητής στέλνει στον πελάτη την διεύθυνση ενός άλλου εξυπηρετητή προς την «κατεύθυνση» όπου βρίσκεται η πληροφορία.
- Ο πελάτης επαναλαμβάνει την διαδικασία μέχρι να λάβει απάντηση.



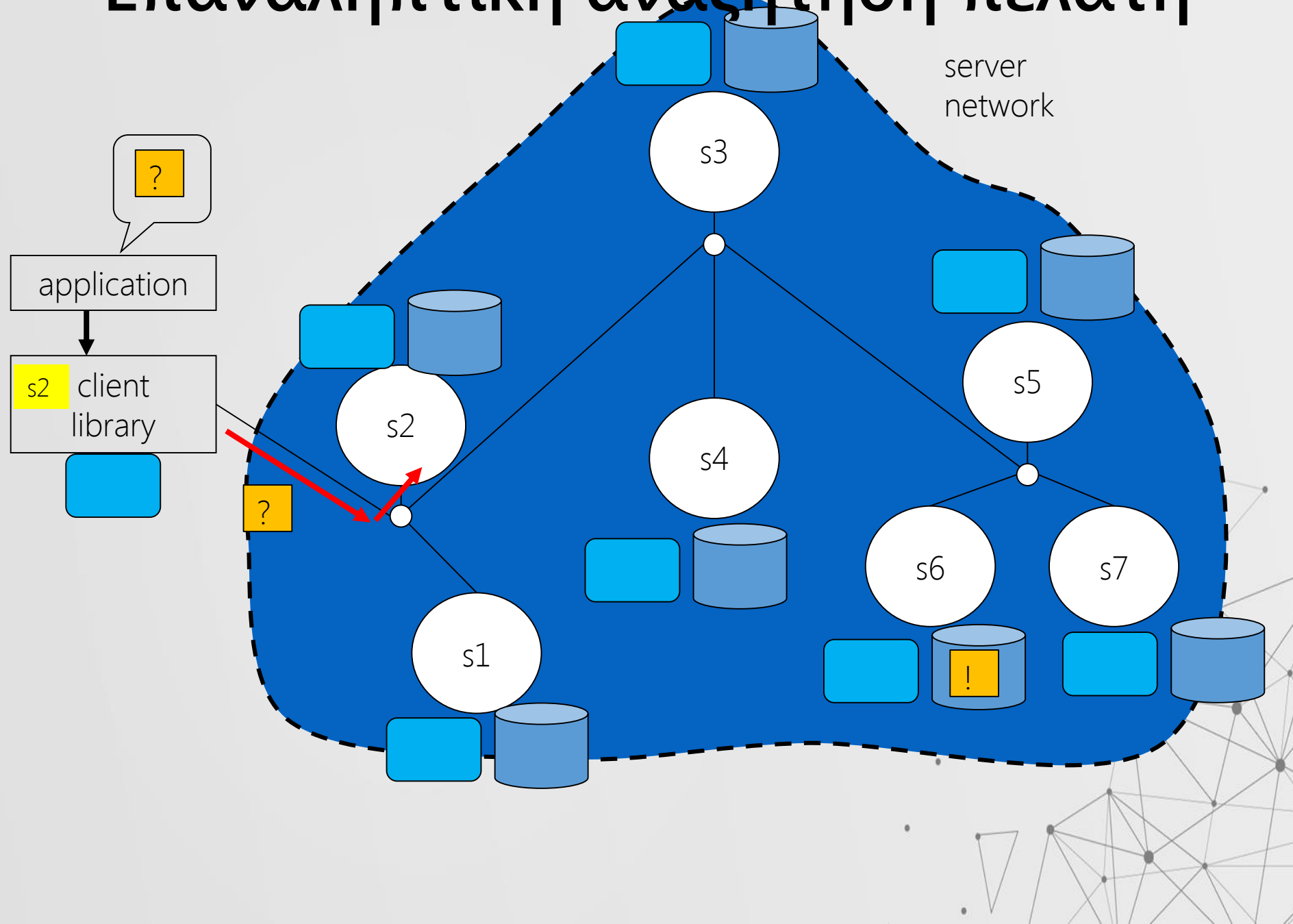
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



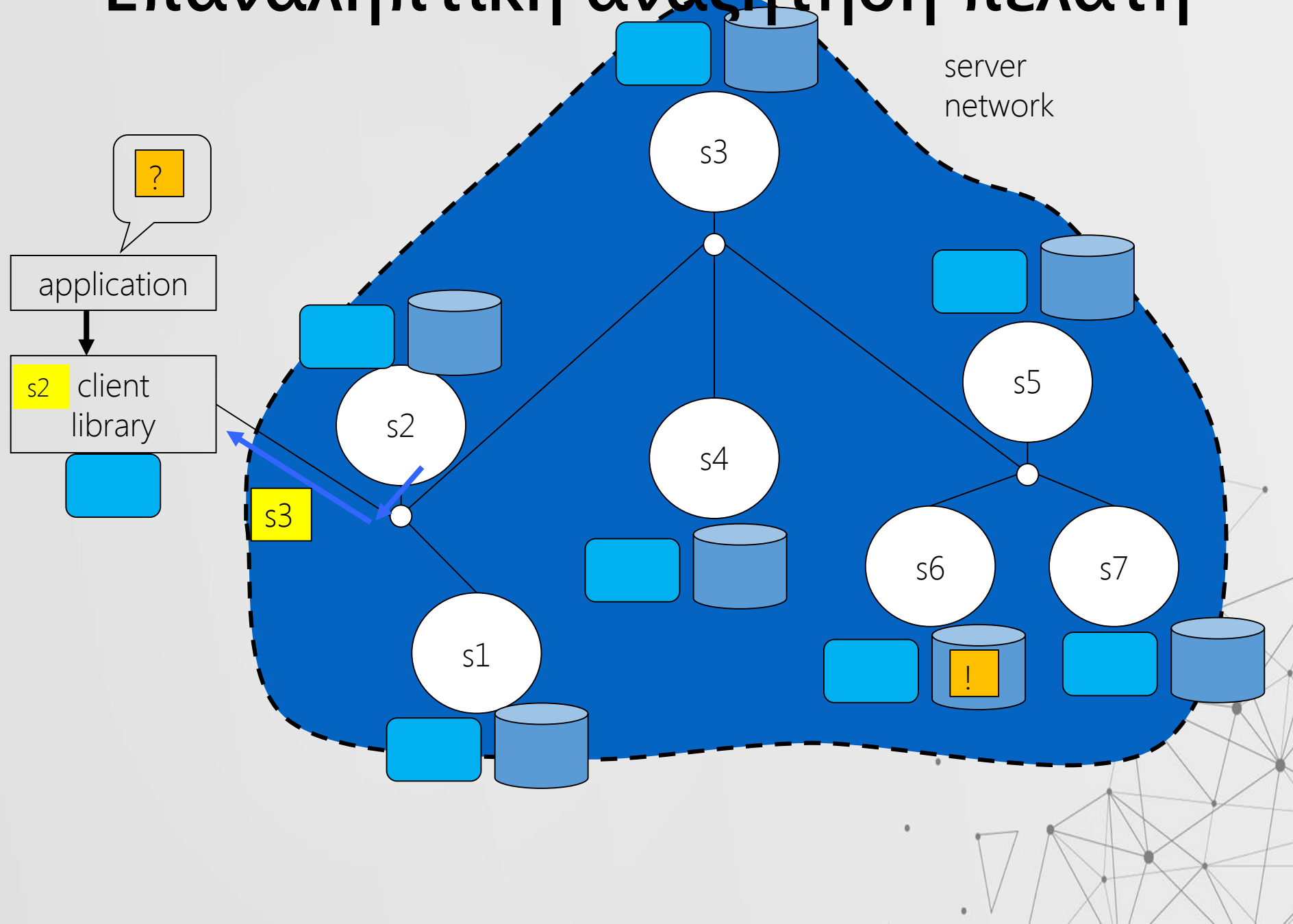
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



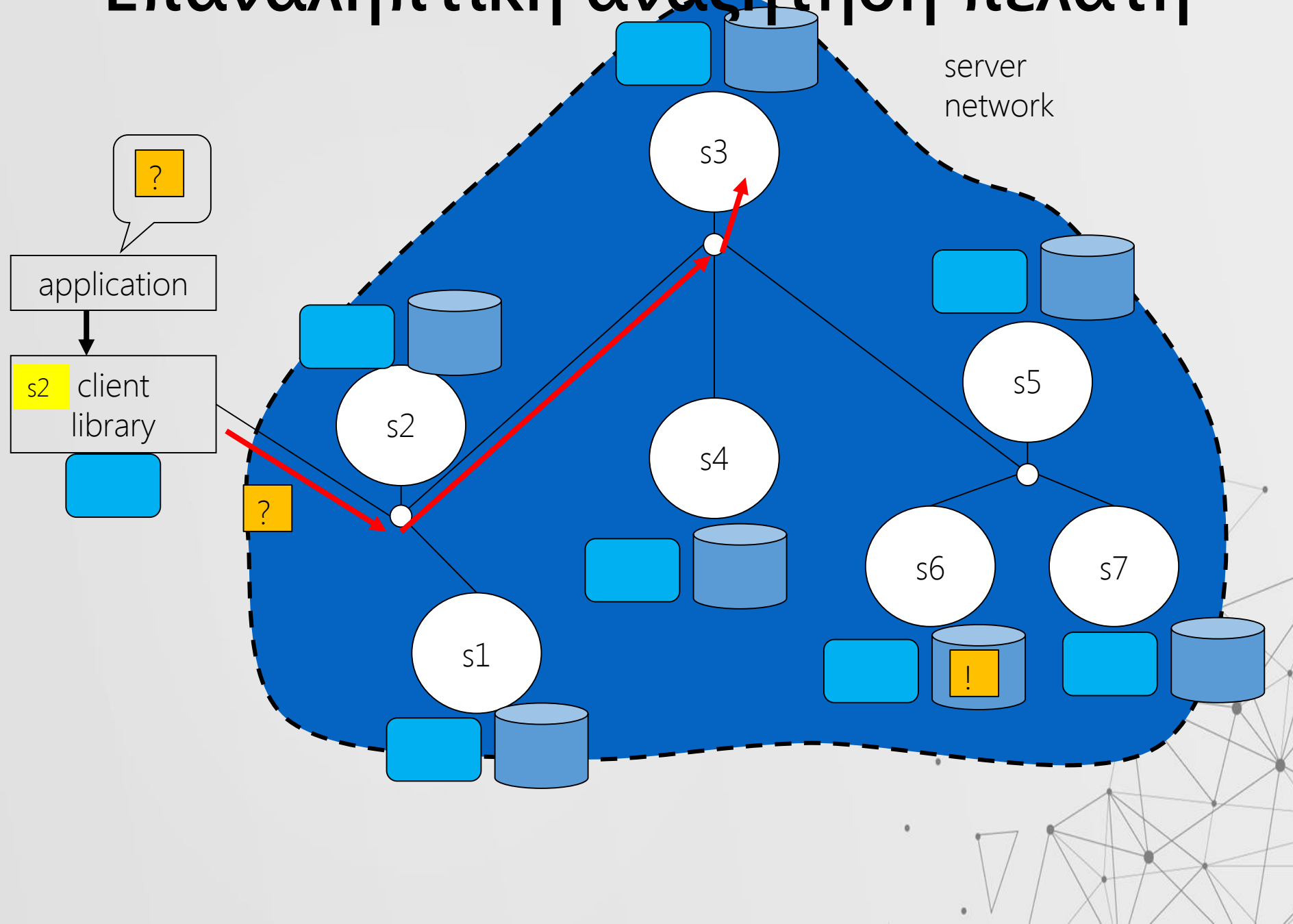
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



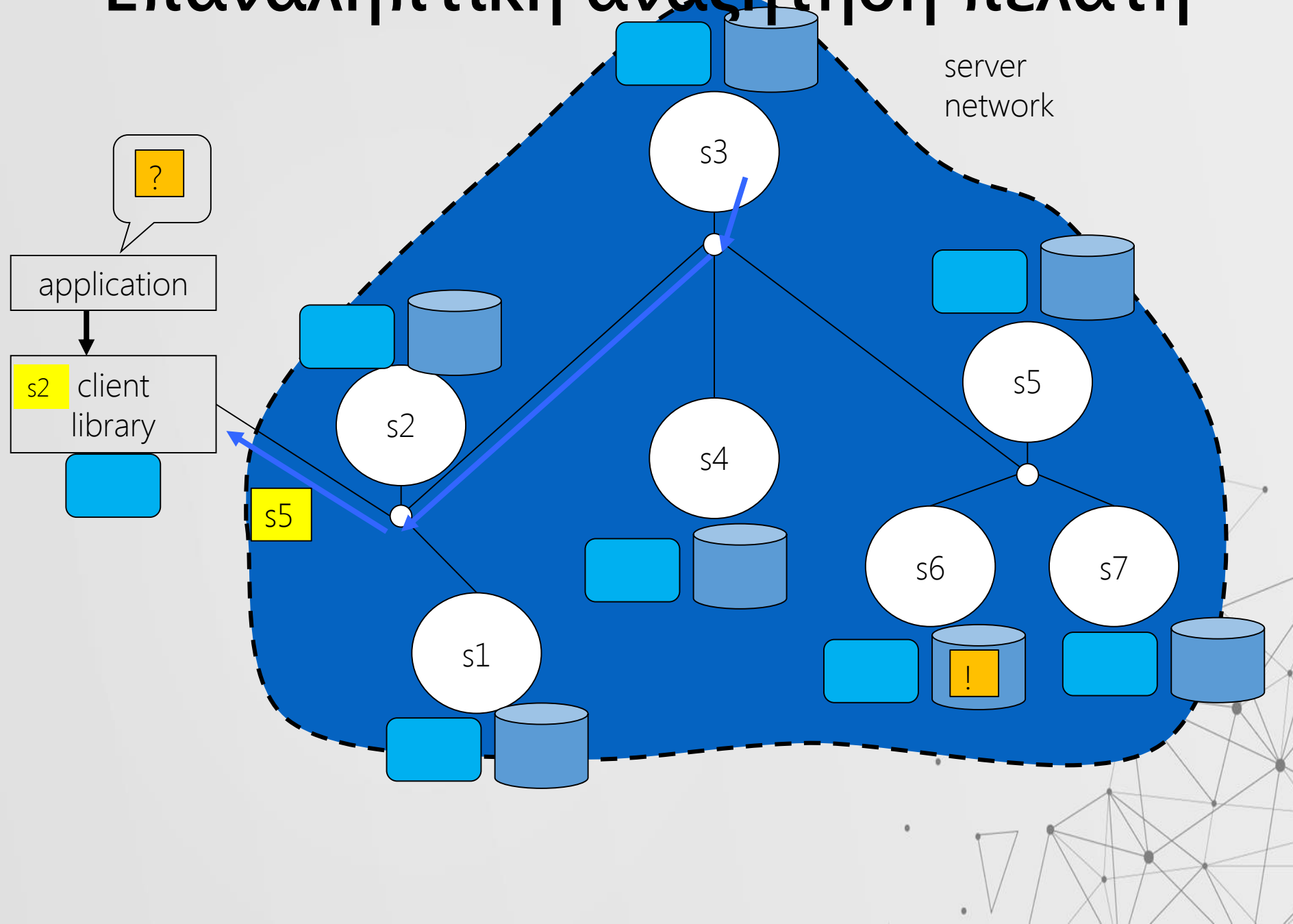
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



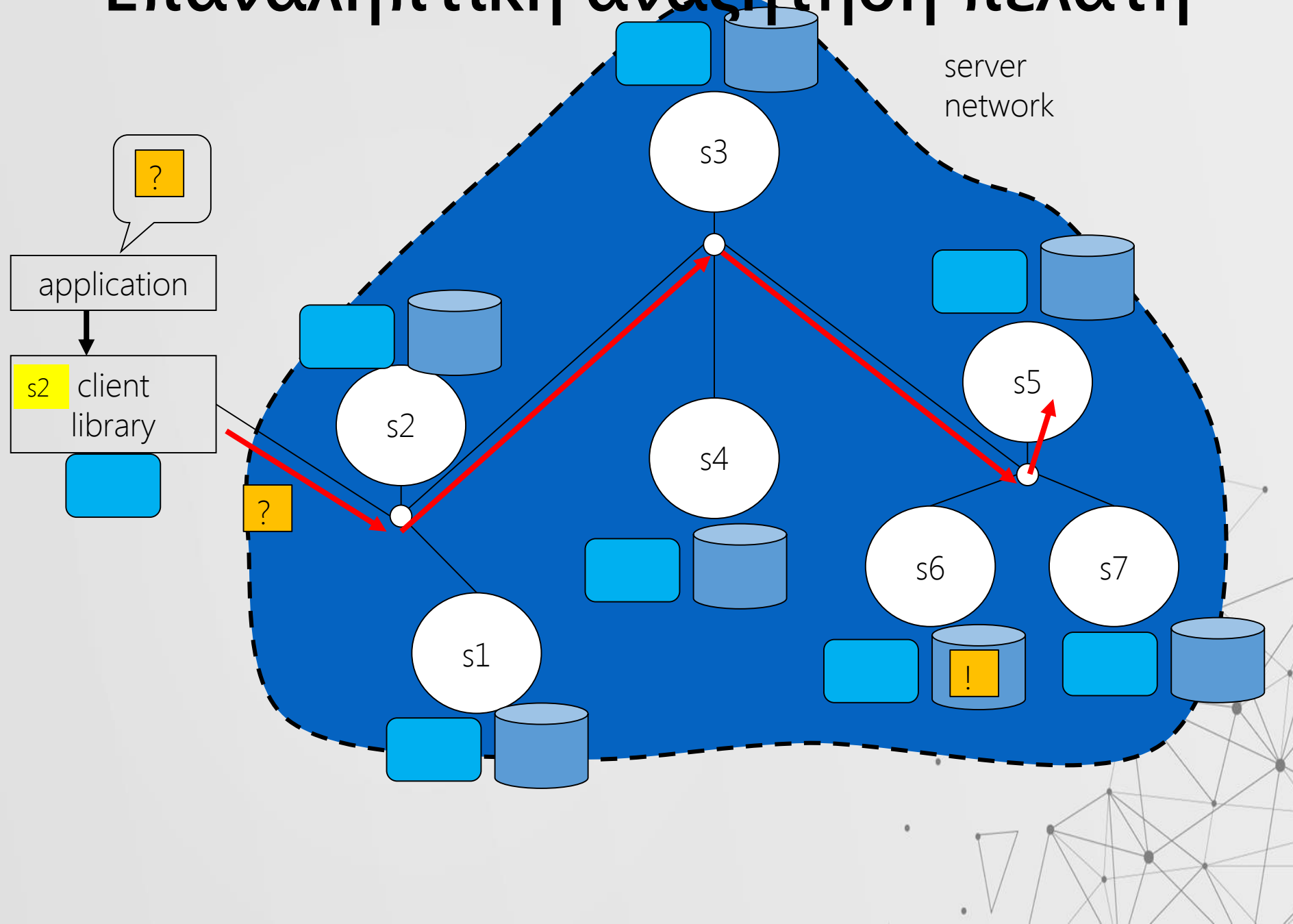
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



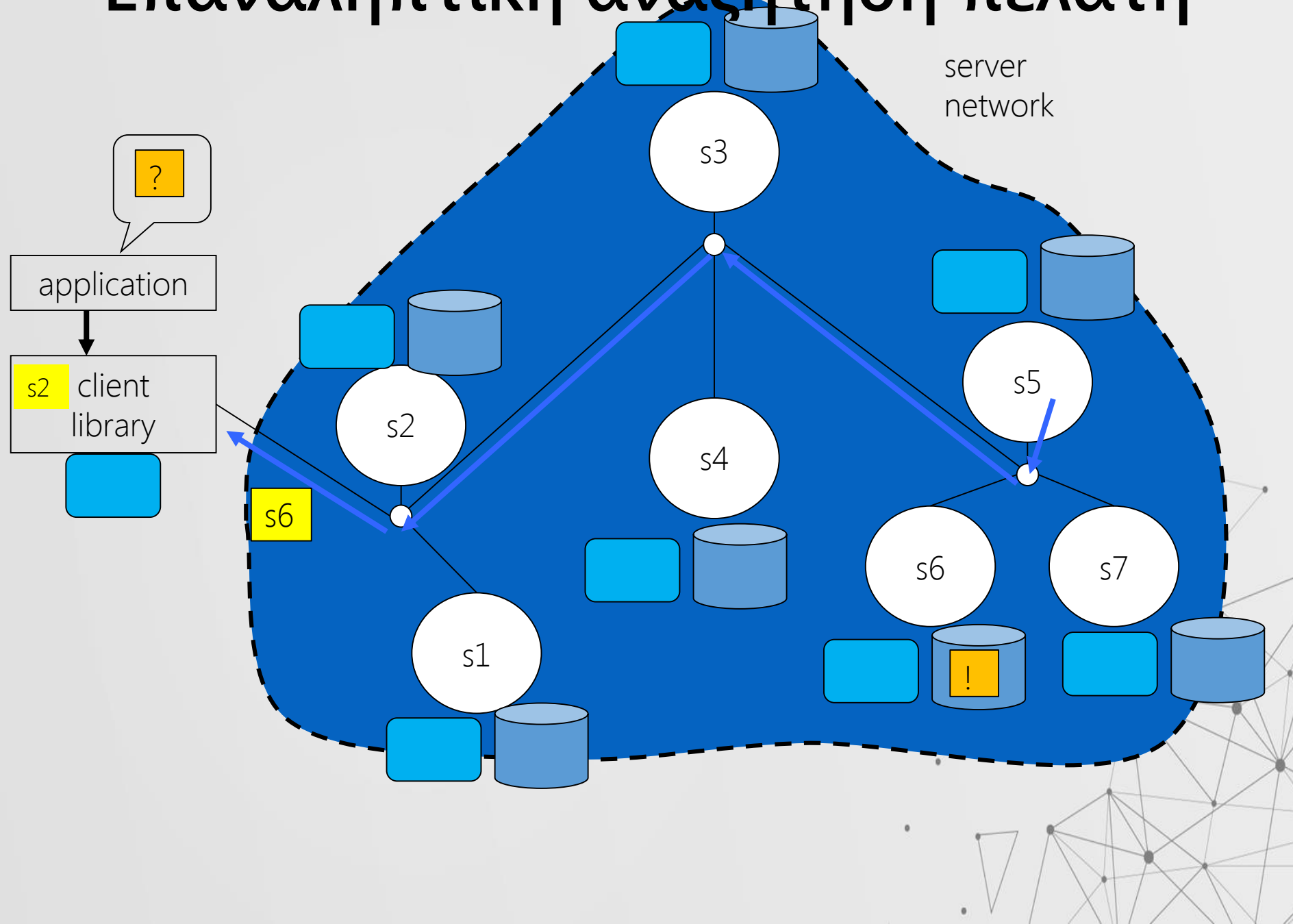
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



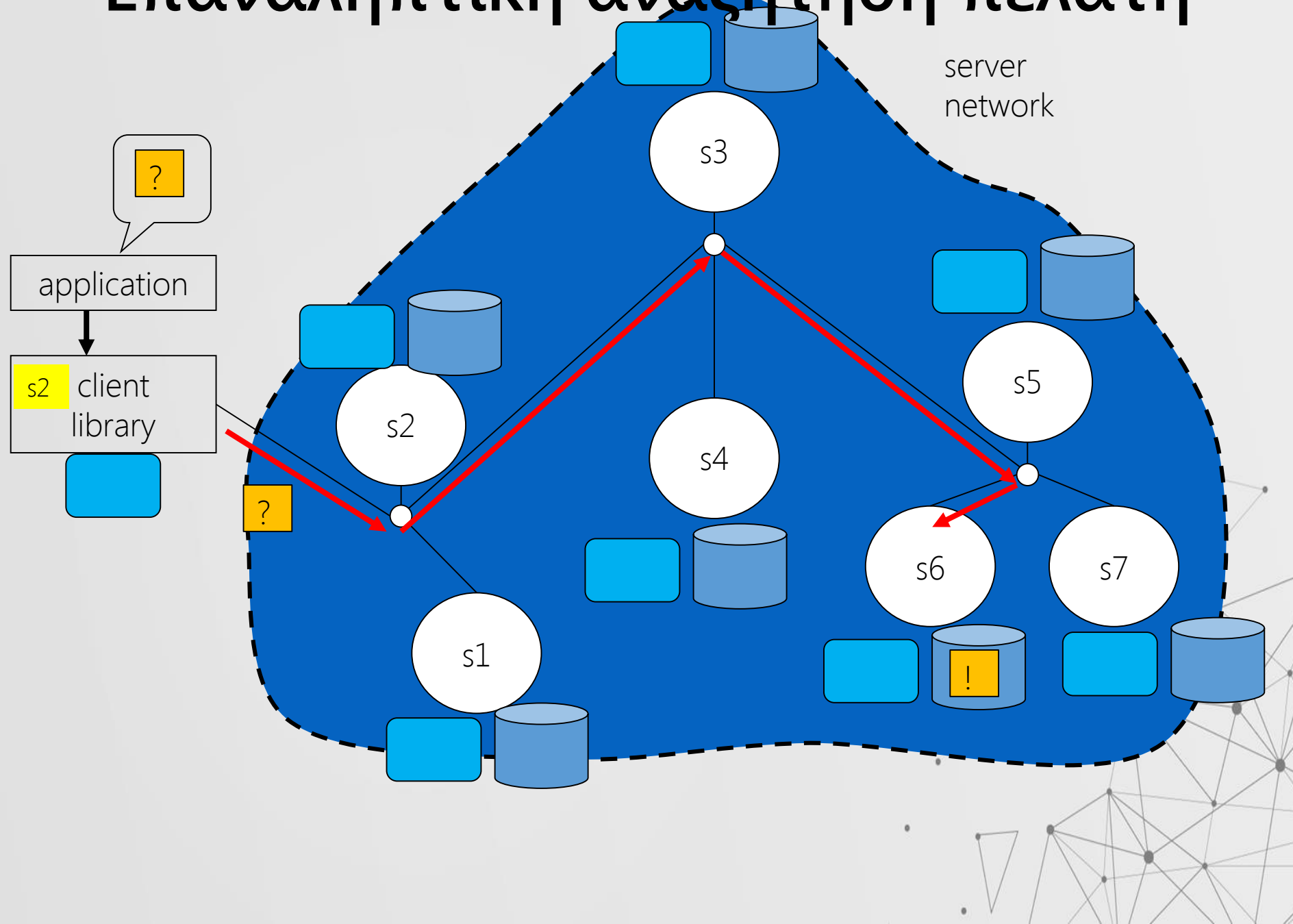
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



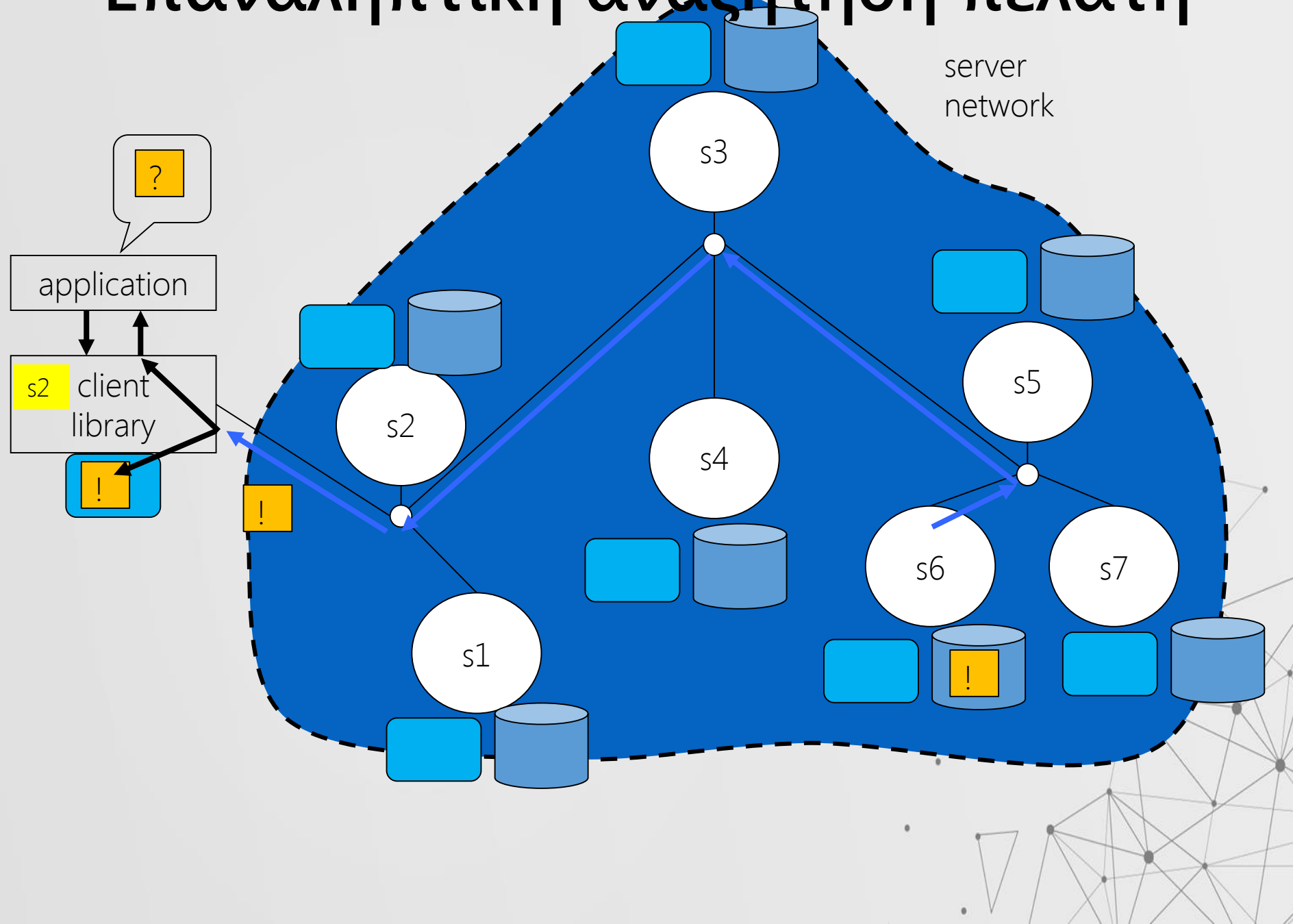
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



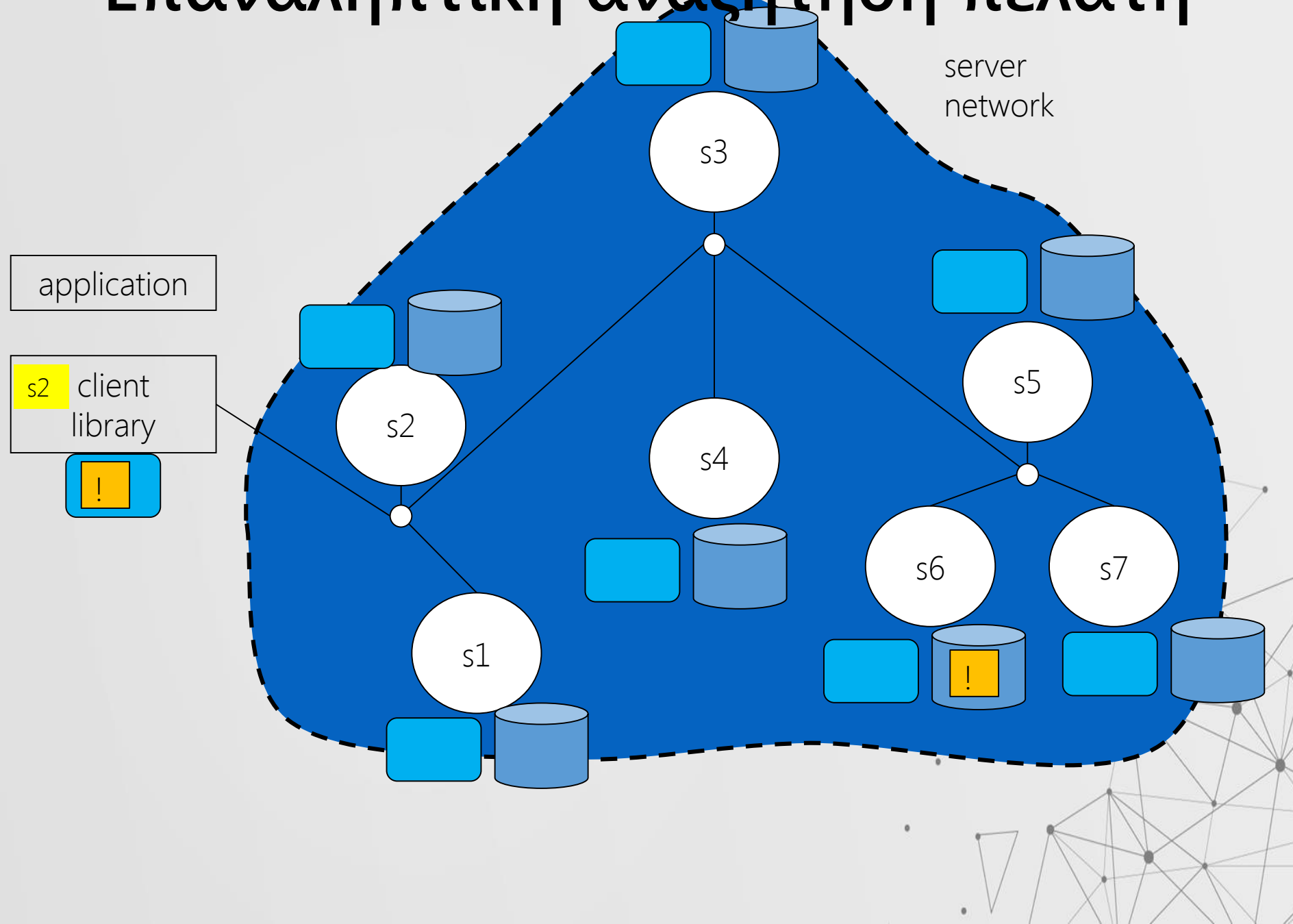
Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη



Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη

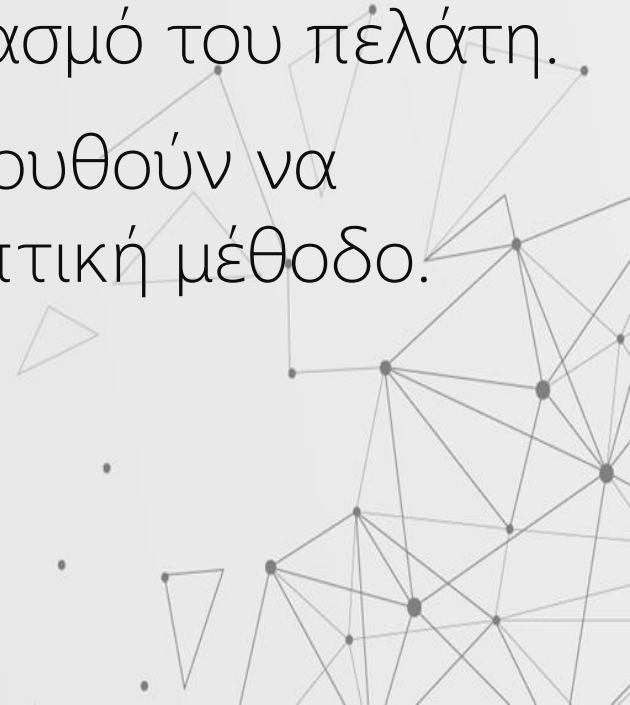


Επαναληπτική αναζήτηση πελάτη

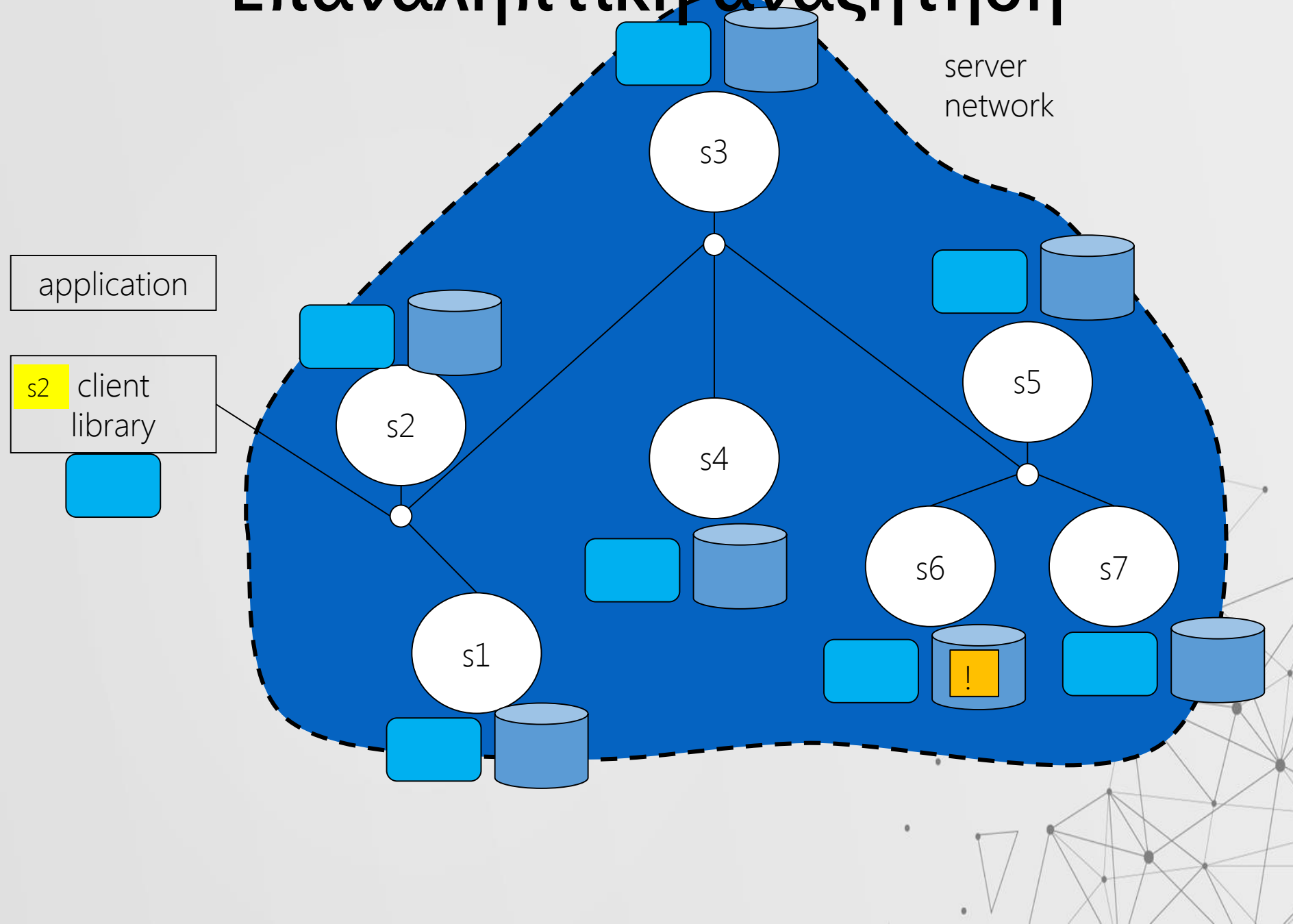


Επαναληπτική αναζήτηση

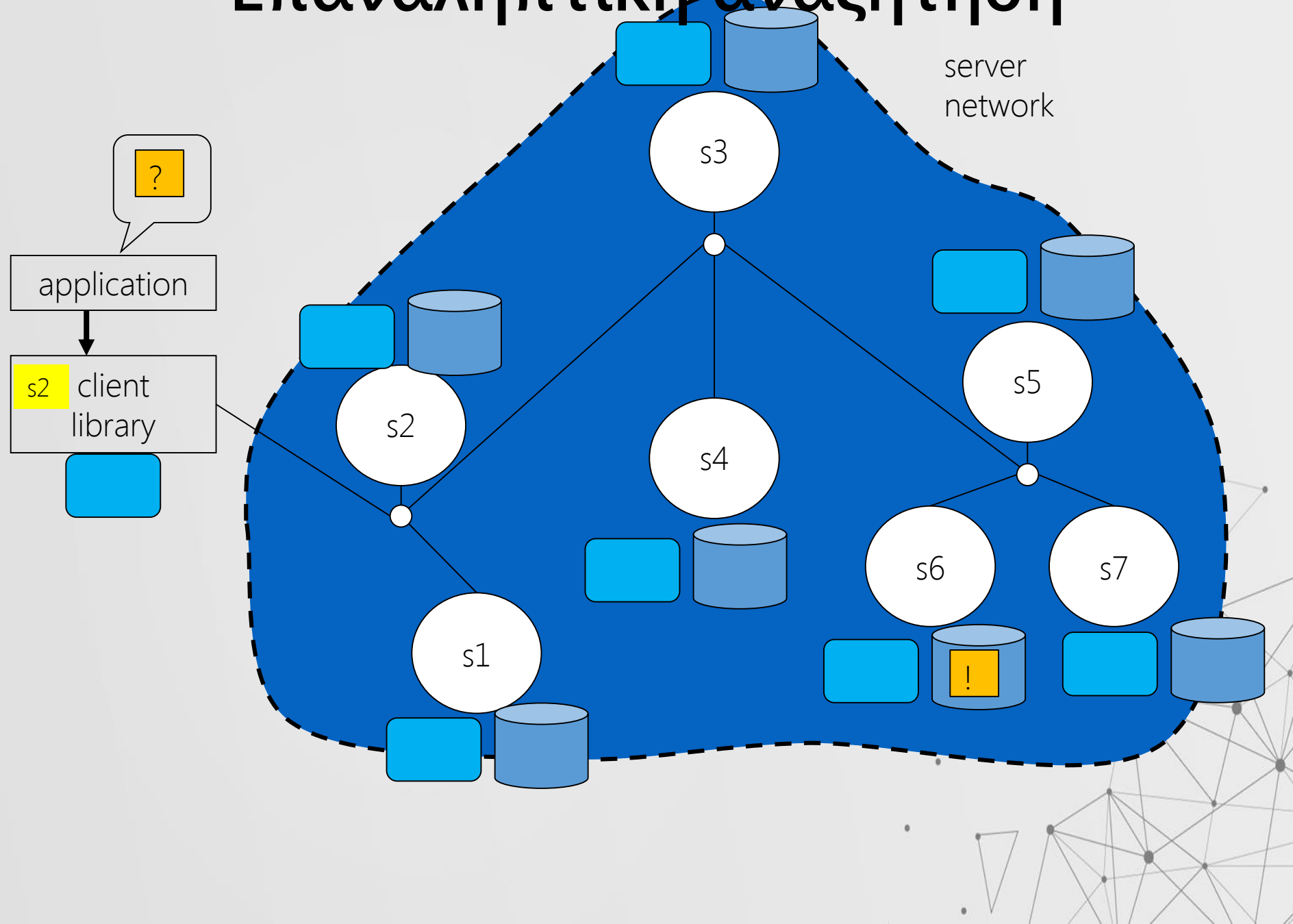
- Ο πελάτης στέλνει αίτηση στον εξυπηρετητή, και περιμένει μέχρι να πάρει απάντηση.
- Αν ο εξυπηρετητής έχει την ζητούμενη πληροφορία τότε την στέλνει στον πελάτη.
- Διαφορετικά, ο εξυπηρετητής συνεχίζει την διαδικασία αναζήτησης για λογαριασμό του πελάτη.
- Οι υπόλοιποι εξυπηρετητές εξακολουθούν να λειτουργούν με βάση την επαναληπτική μέθοδο.



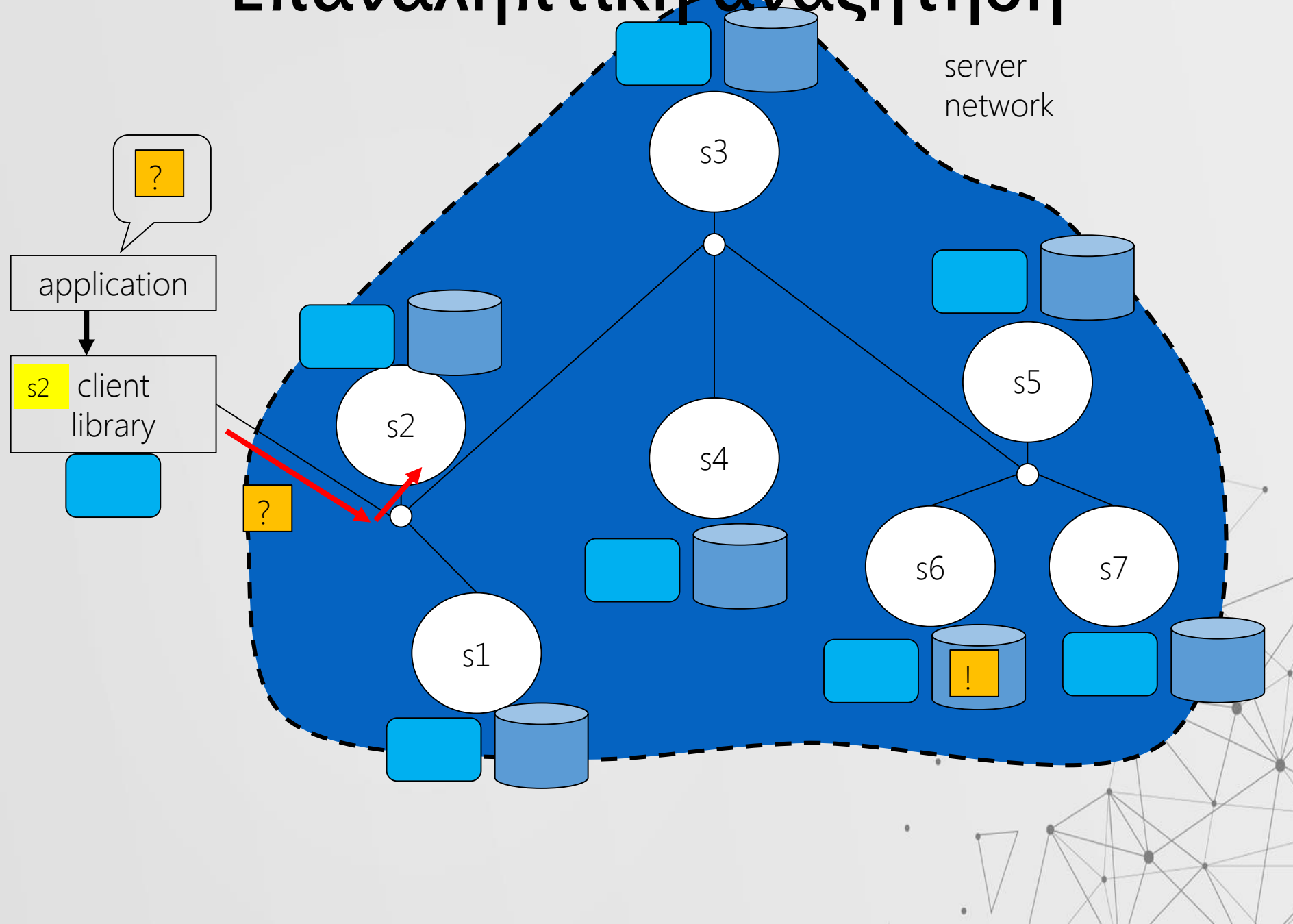
Επαναληπτική αναζήτηση



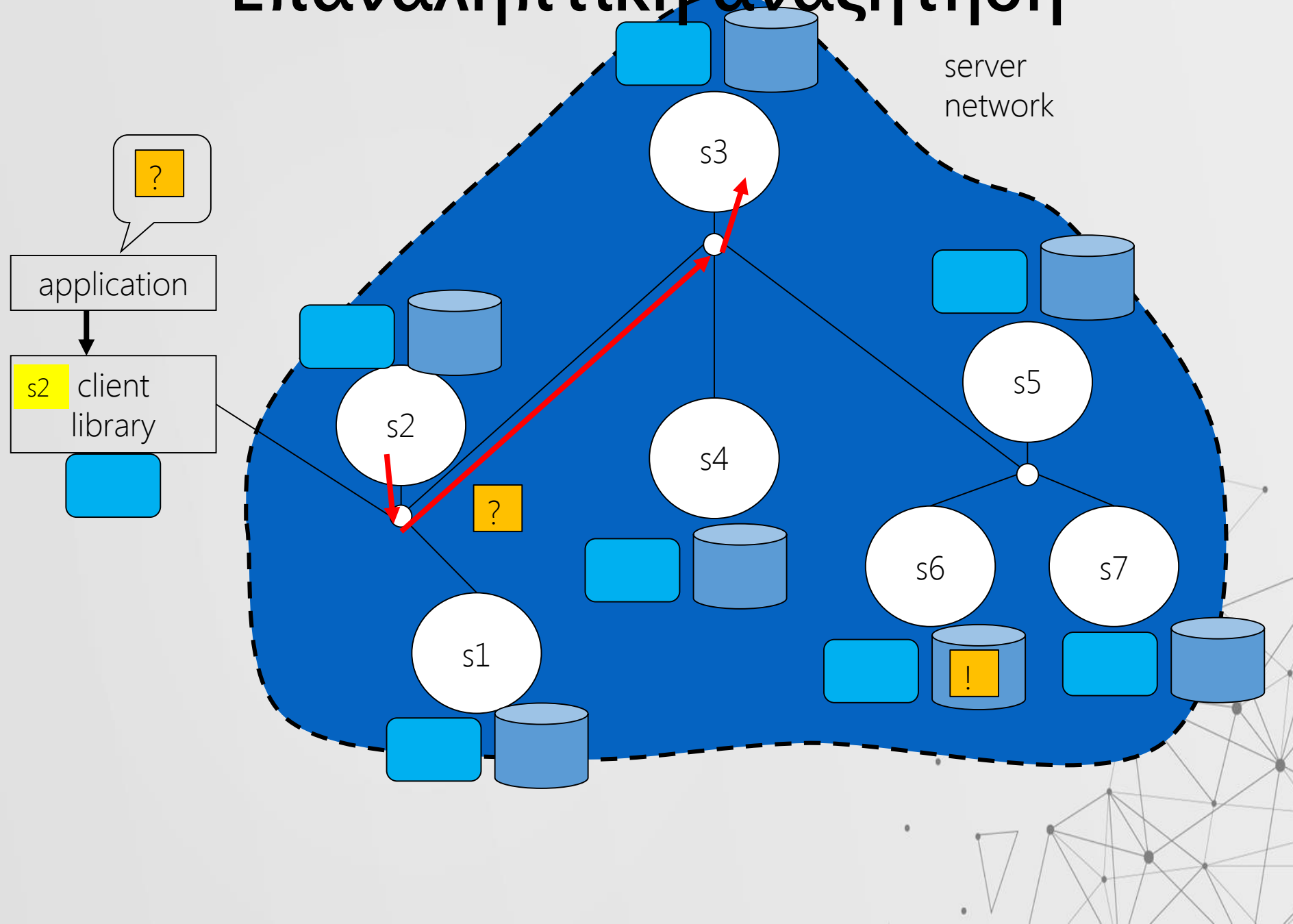
Επαναληπτική αναζήτηση



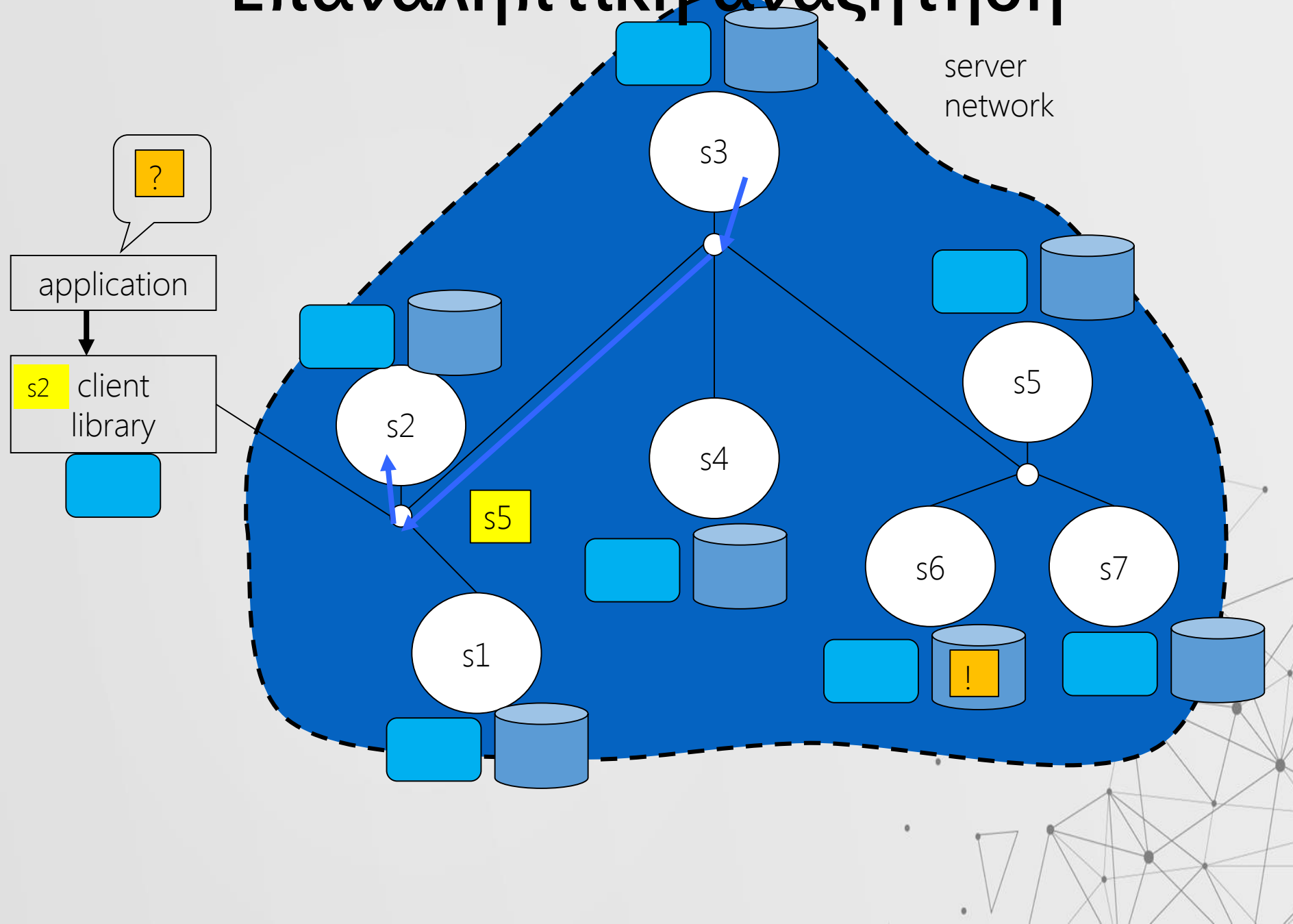
Επαναληπτική αναζήτηση



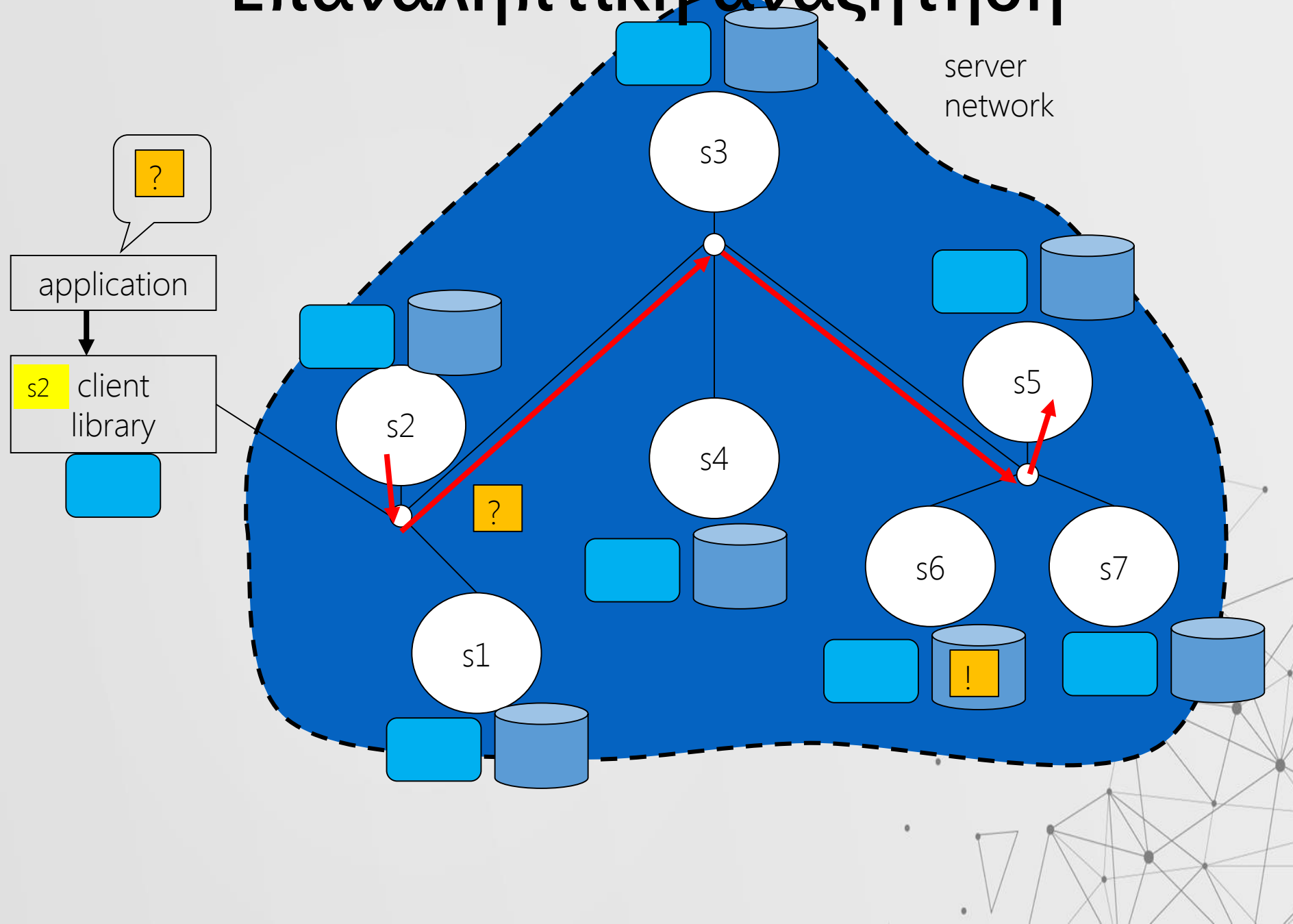
Επαναληπτική αναζήτηση



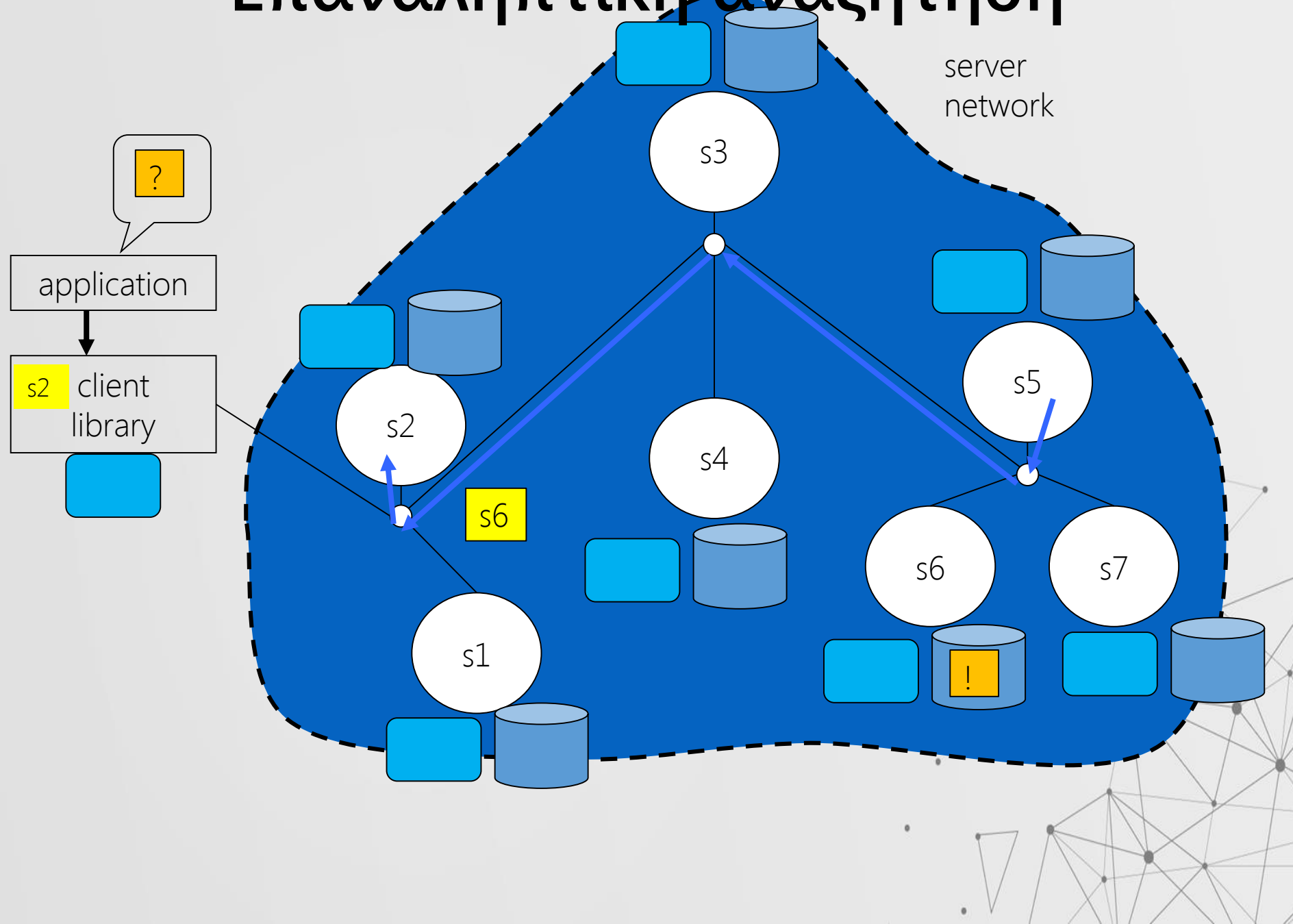
Επαναληπτική αναζήτηση



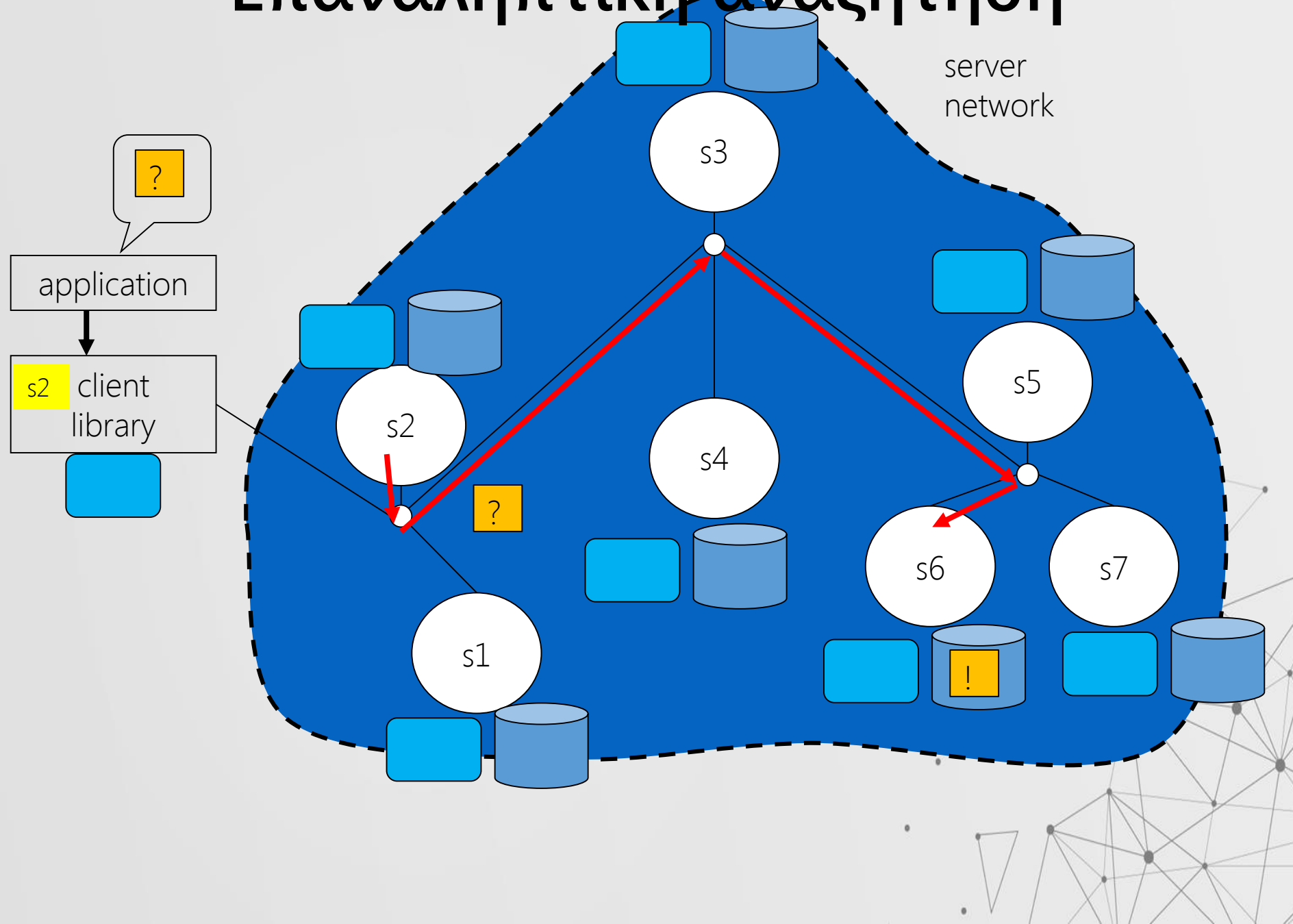
Επαναληπτική αναζήτηση



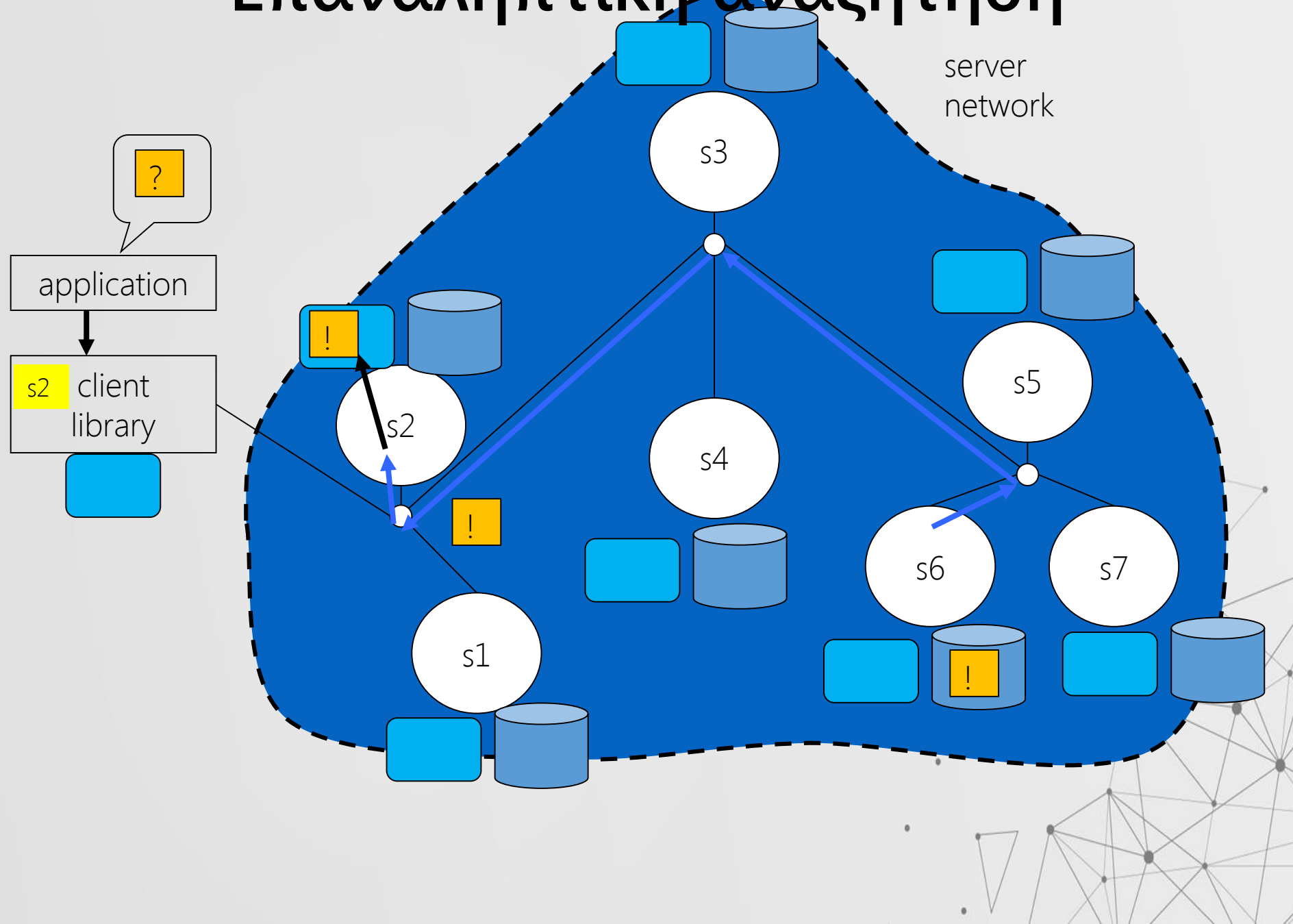
Επαναληπτική αναζήτηση



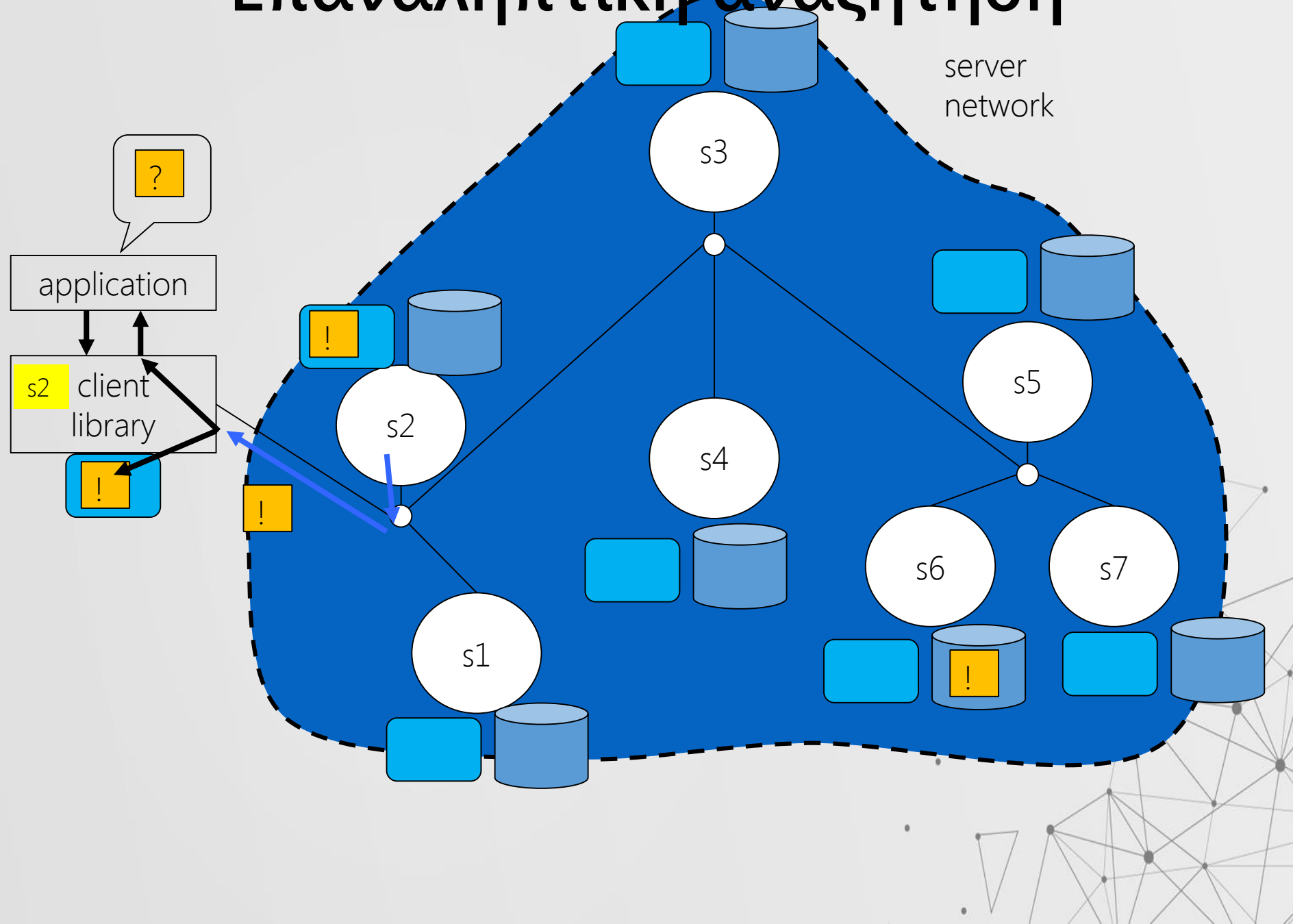
Επαναληπτική αναζήτηση



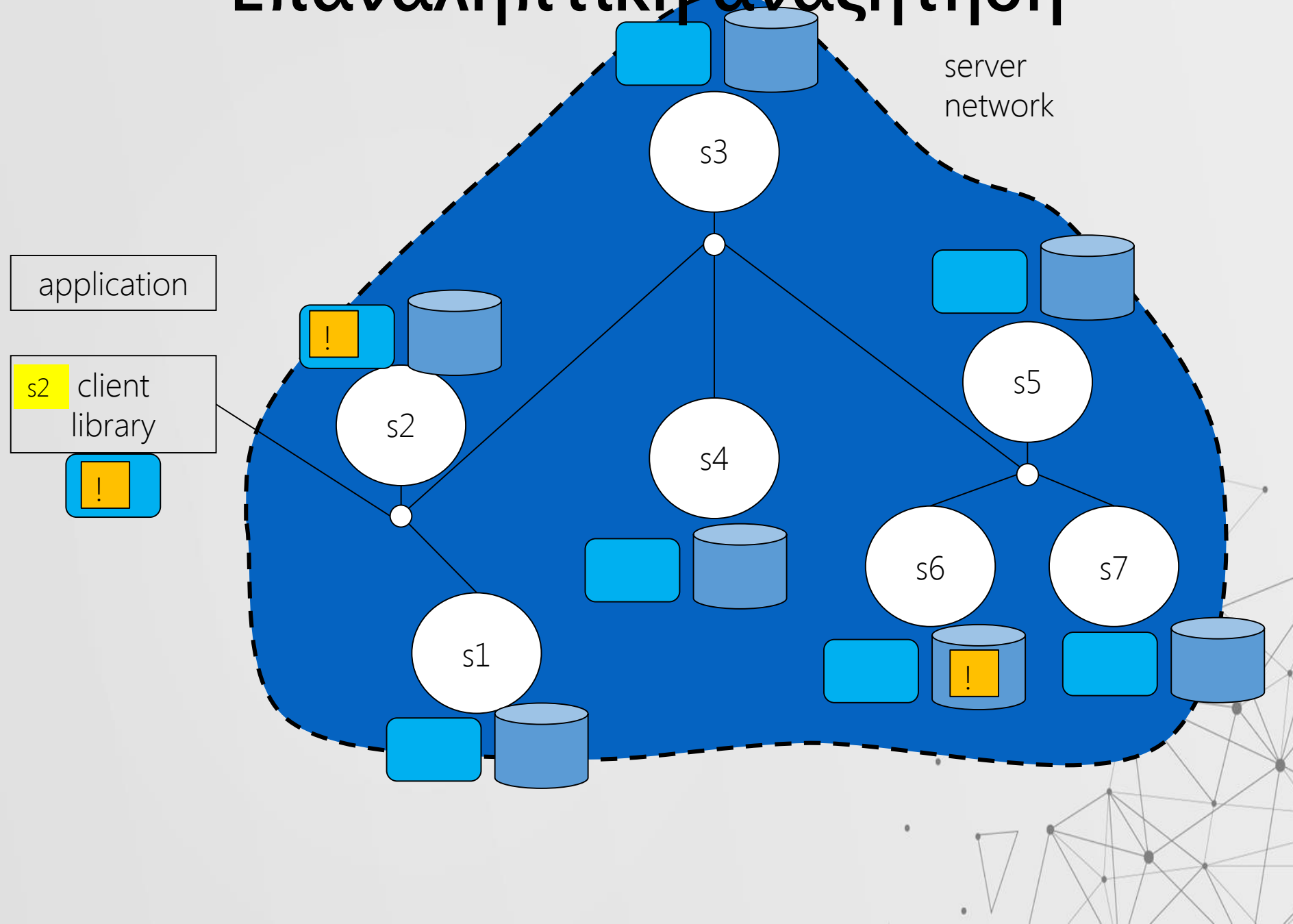
Επαναληπτική αναζήτηση



Επαναληπτική αναζήτηση

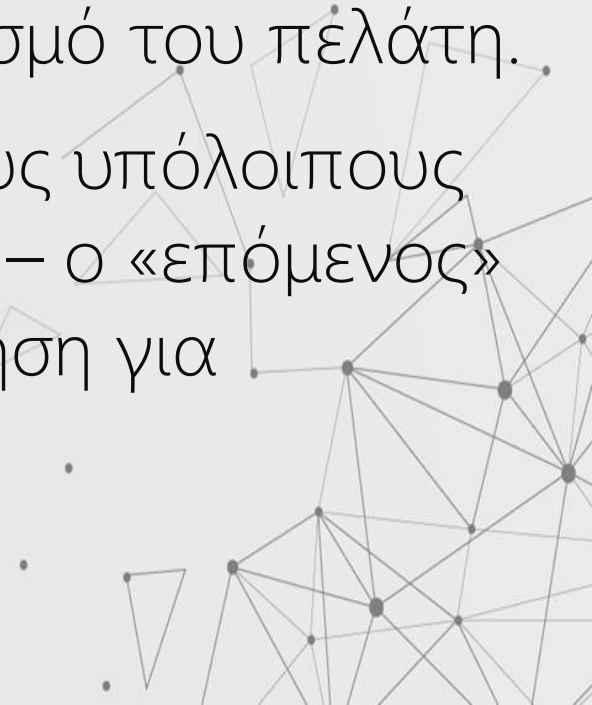


Επαναληπτική αναζήτηση

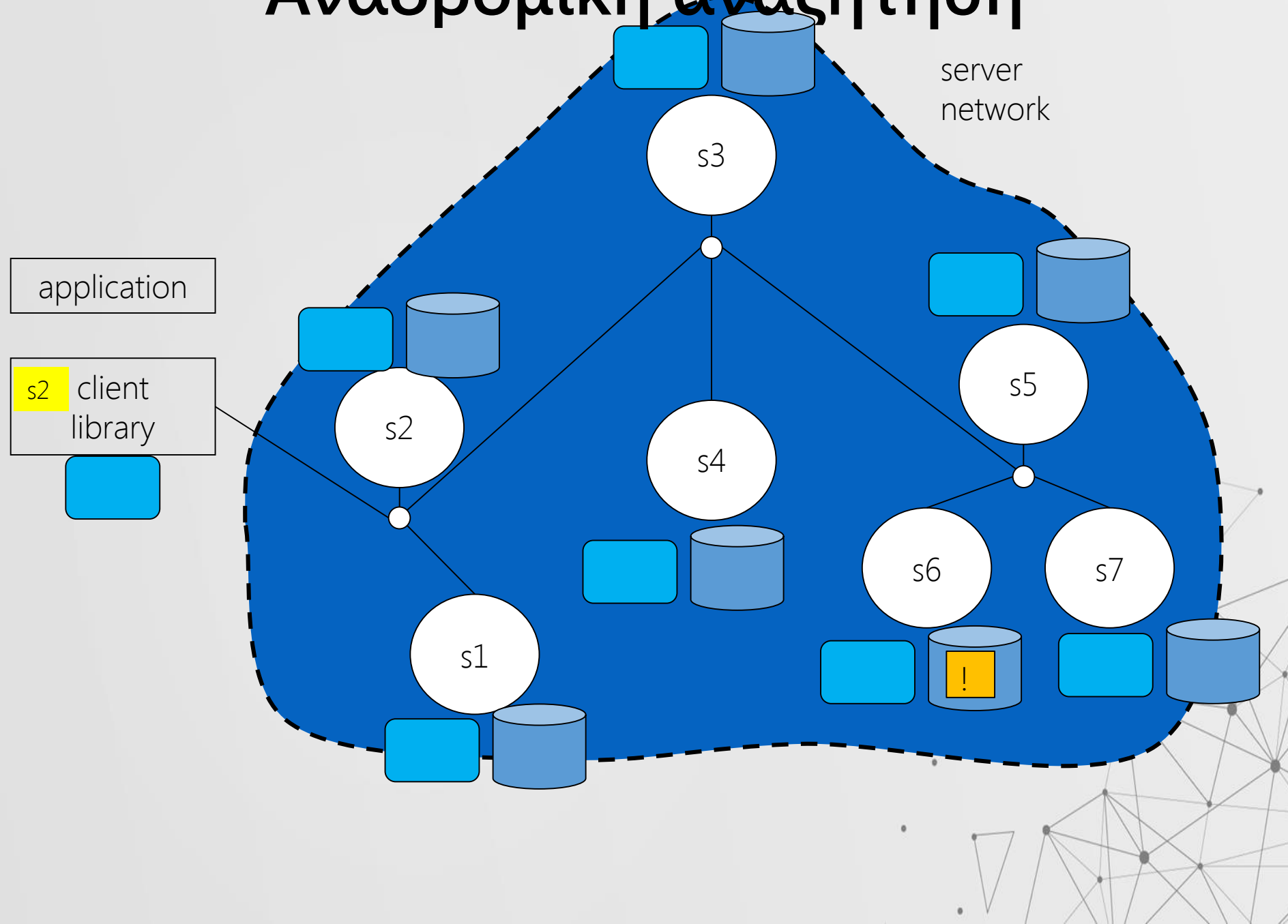


Αναδρομική αναζήτηση

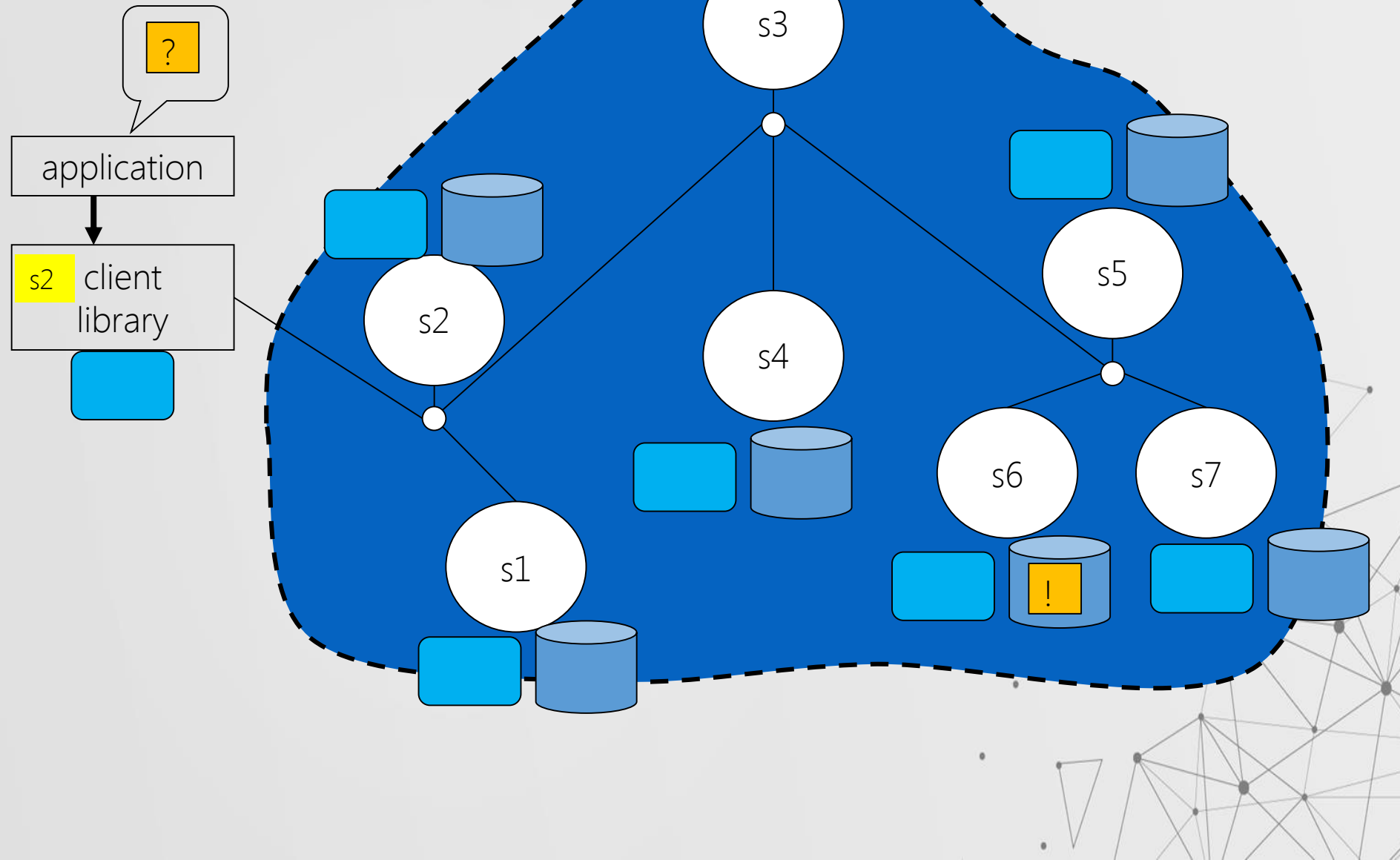
- Ο πελάτης στέλνει αίτηση στον εξυπηρετητή, και περιμένει μέχρι να πάρει απάντηση.
- Αν ο εξυπηρετητής έχει την ζητούμενη πληροφορία τότε την στέλνει στον πελάτη.
- Διαφορετικά, ο εξυπηρετητής συνεχίζει την διαδικασία αναζήτησης για λογαριασμό του πελάτη.
- Η αναζήτηση υποστηρίζεται από τους υπόλοιπους εξυπηρετητές με αναδρομικό τρόπο – ο «επόμενος» εξυπηρετητής συνεχίζει την αναζήτηση για λογαριασμό του «προηγούμενου».



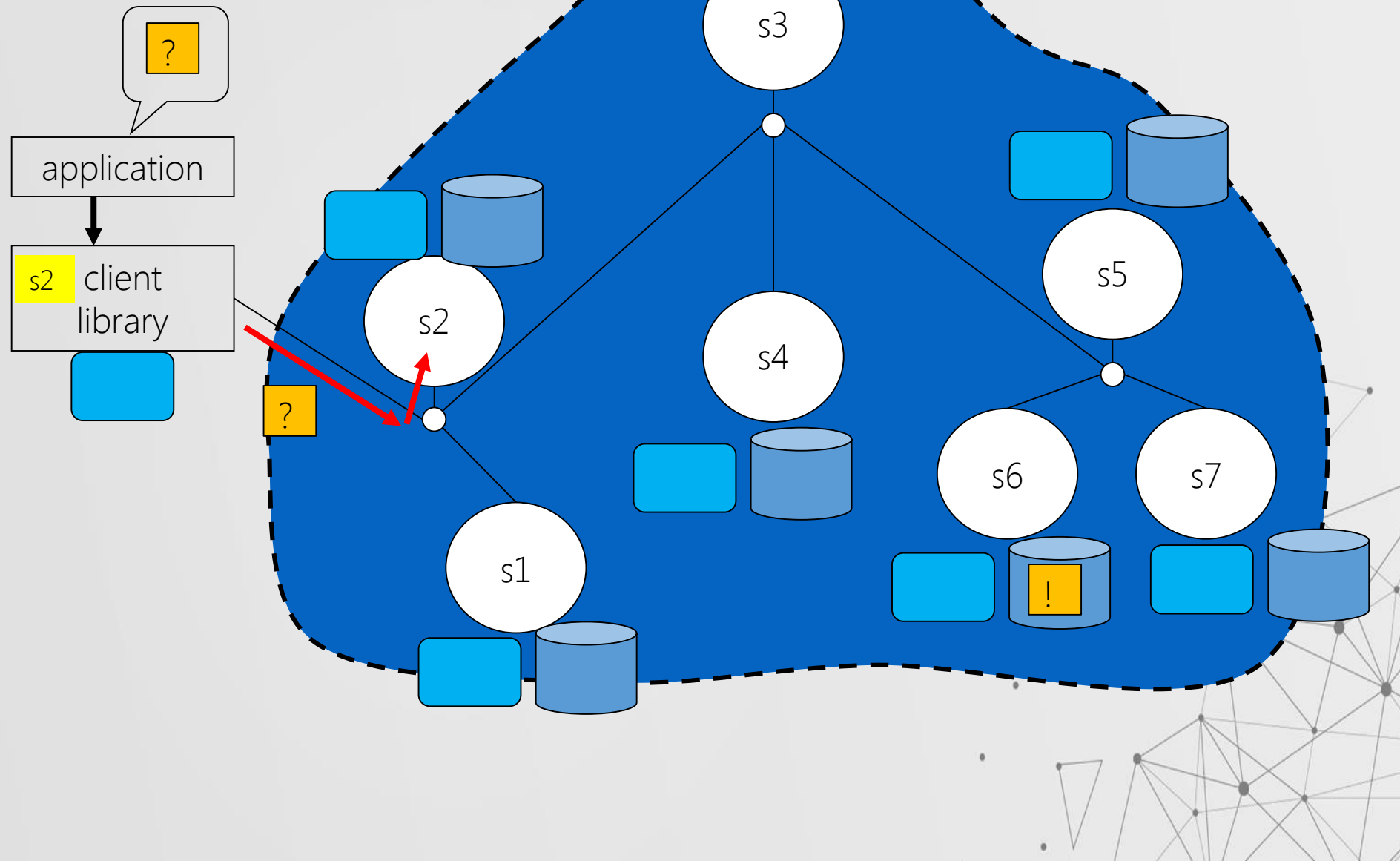
Αναδρομική αναζήτηση



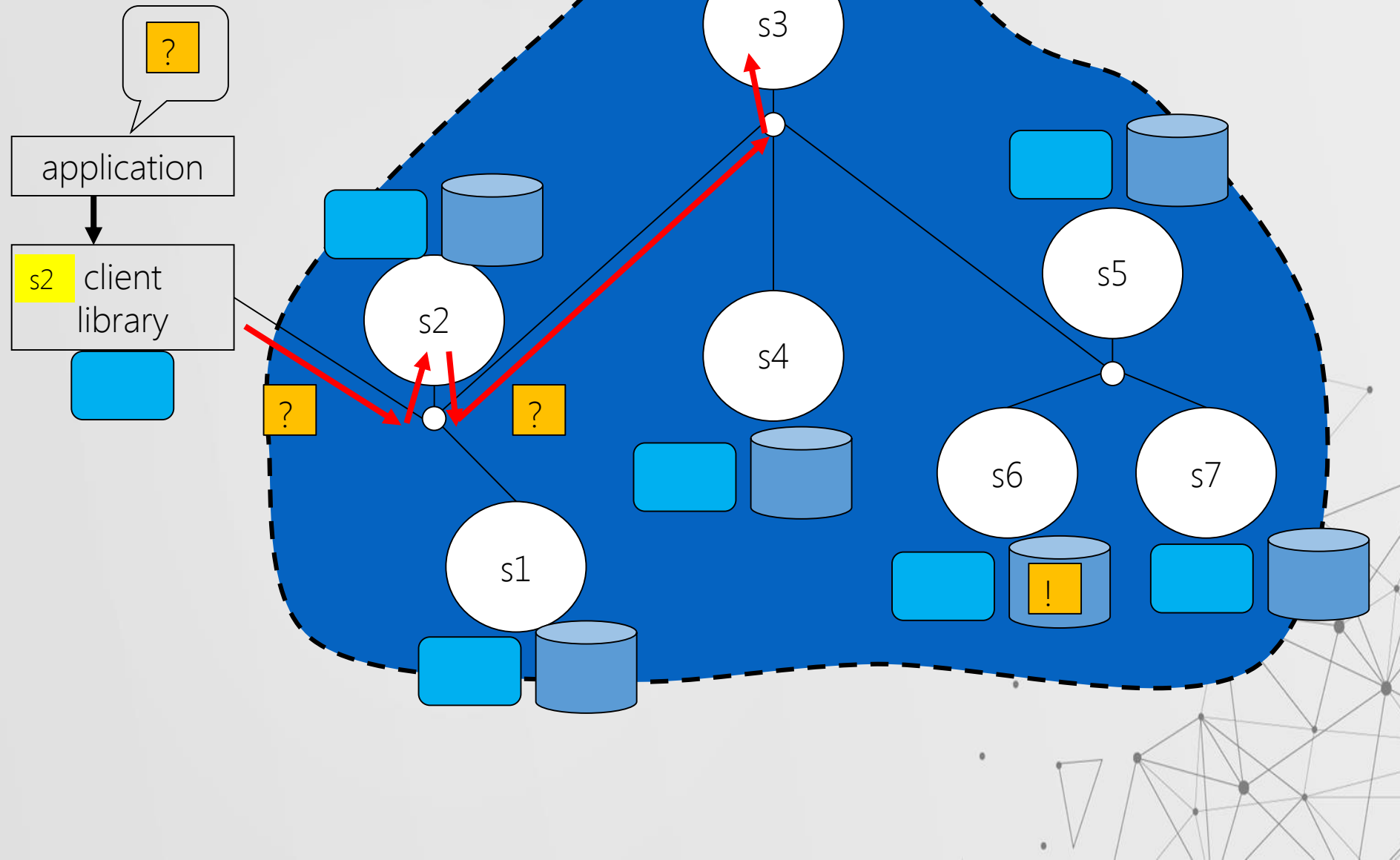
Αναδρομική αναζήτηση



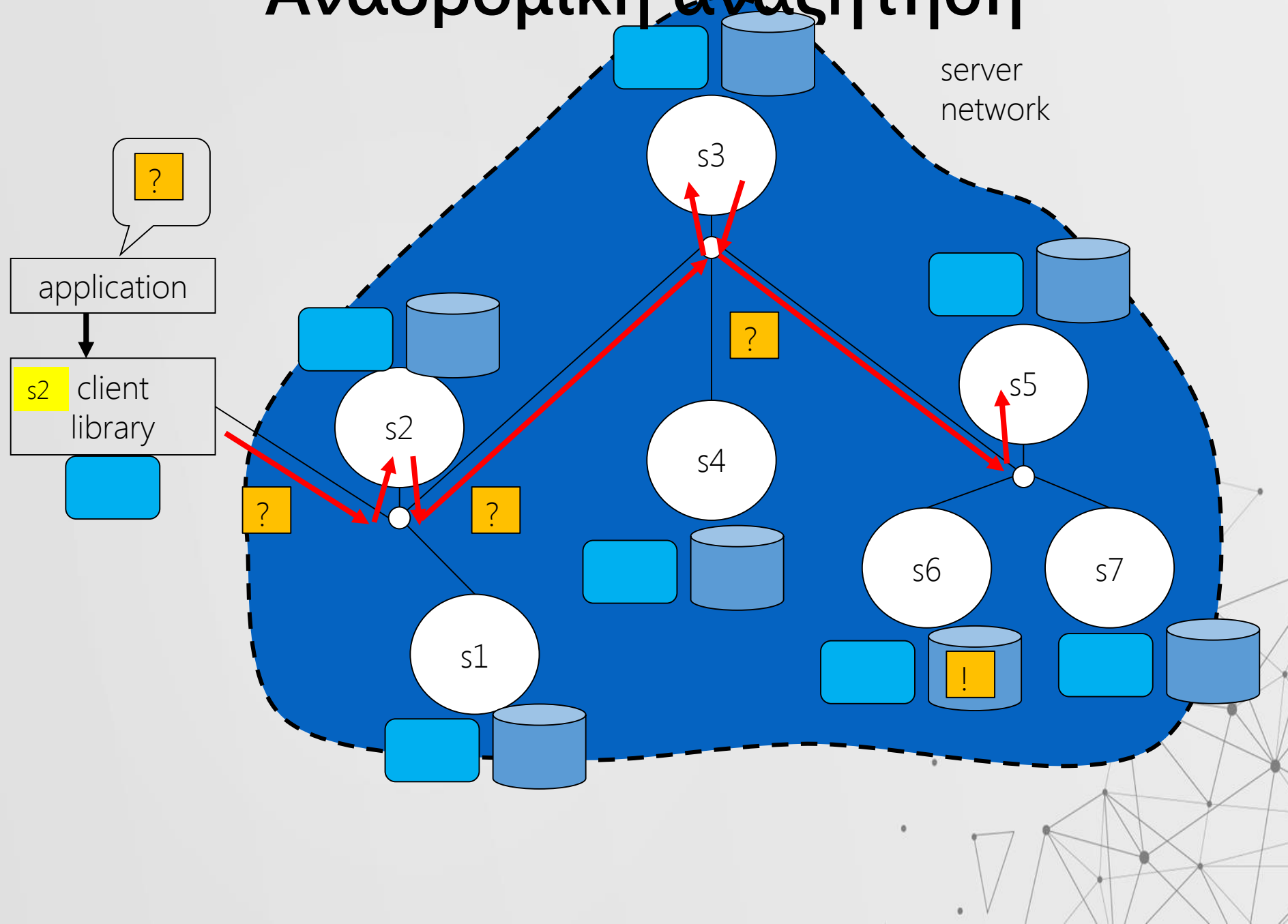
Αναδρομική αναζήτηση



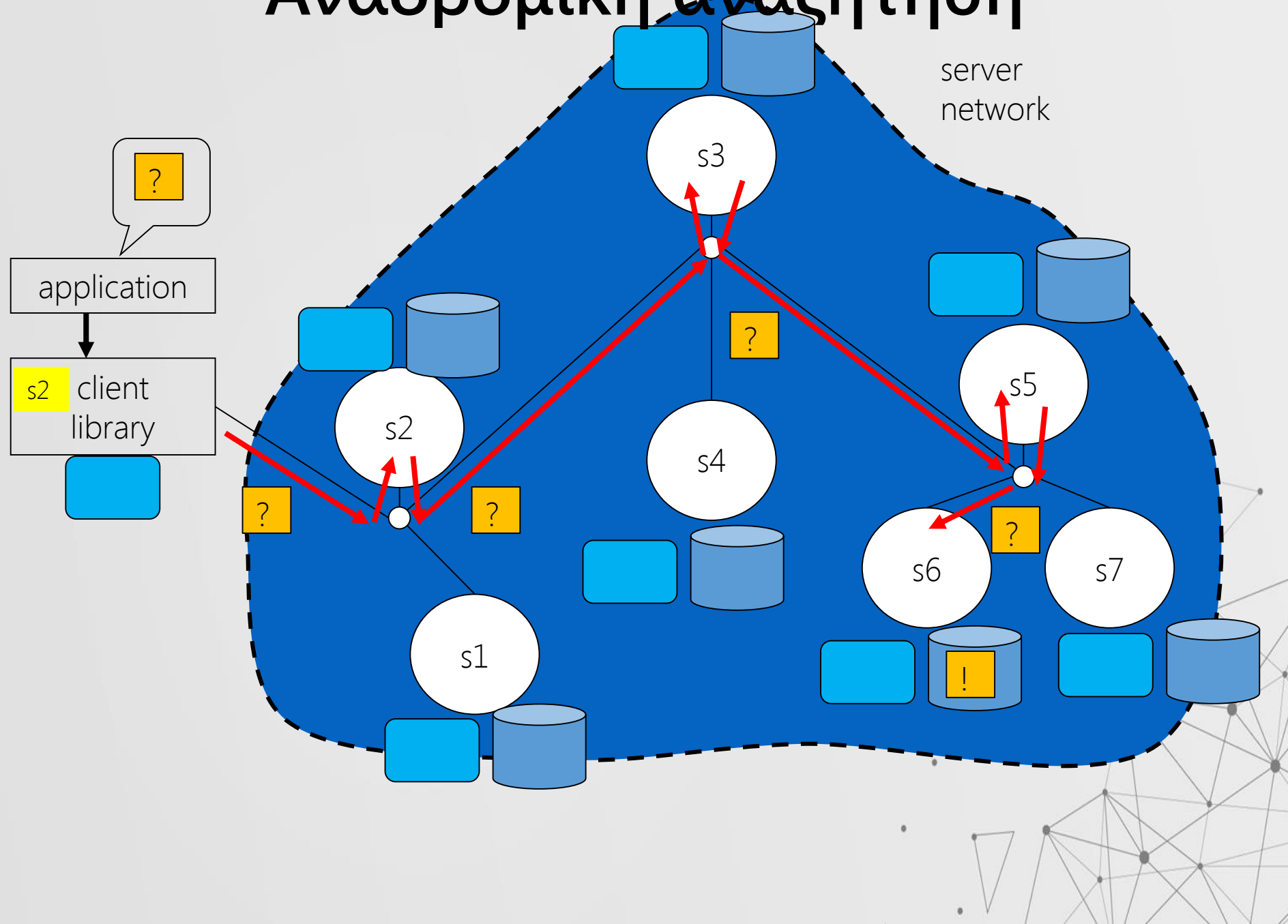
Αναδρομική αναζήτηση



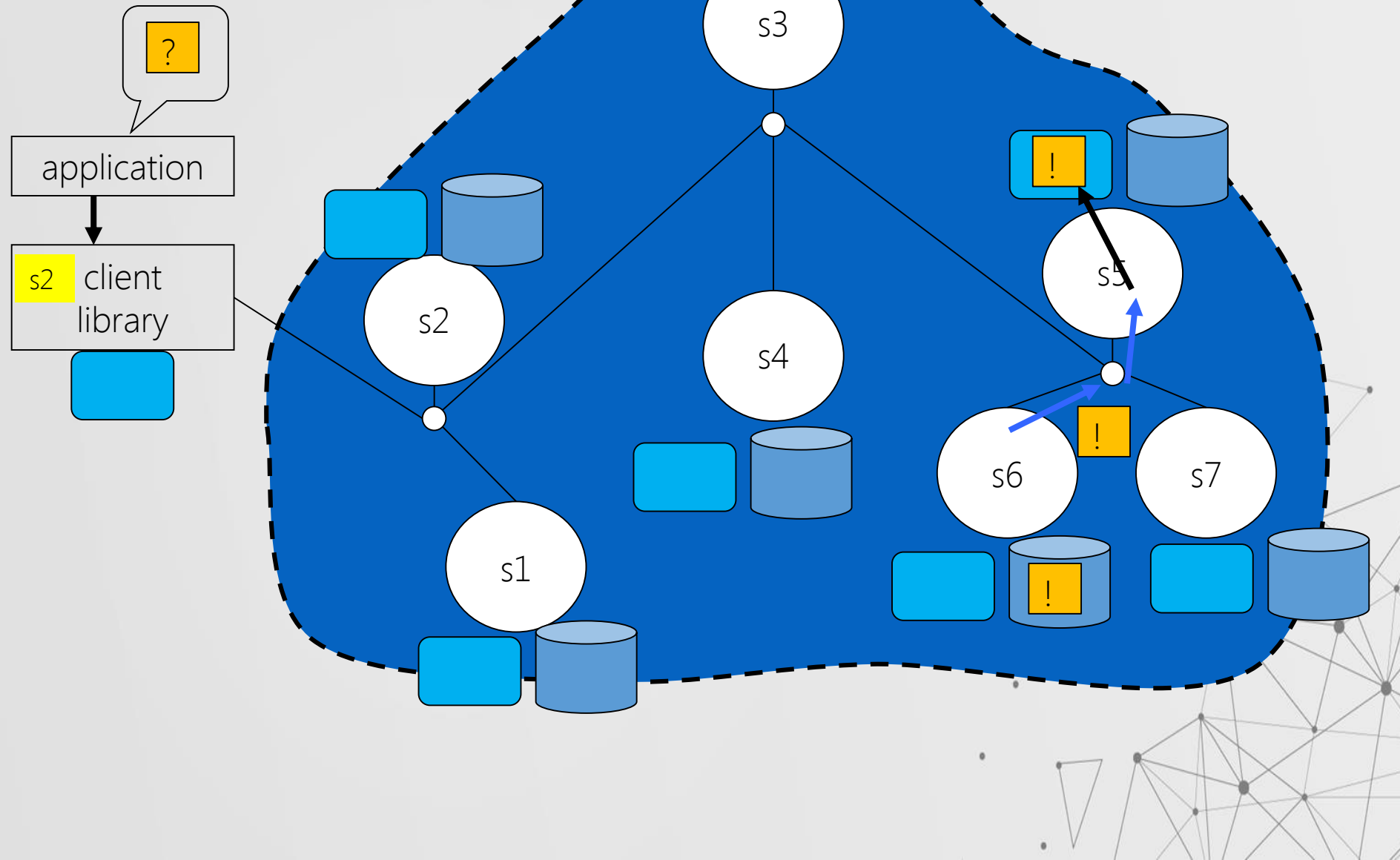
Αναδρομική αναζήτηση



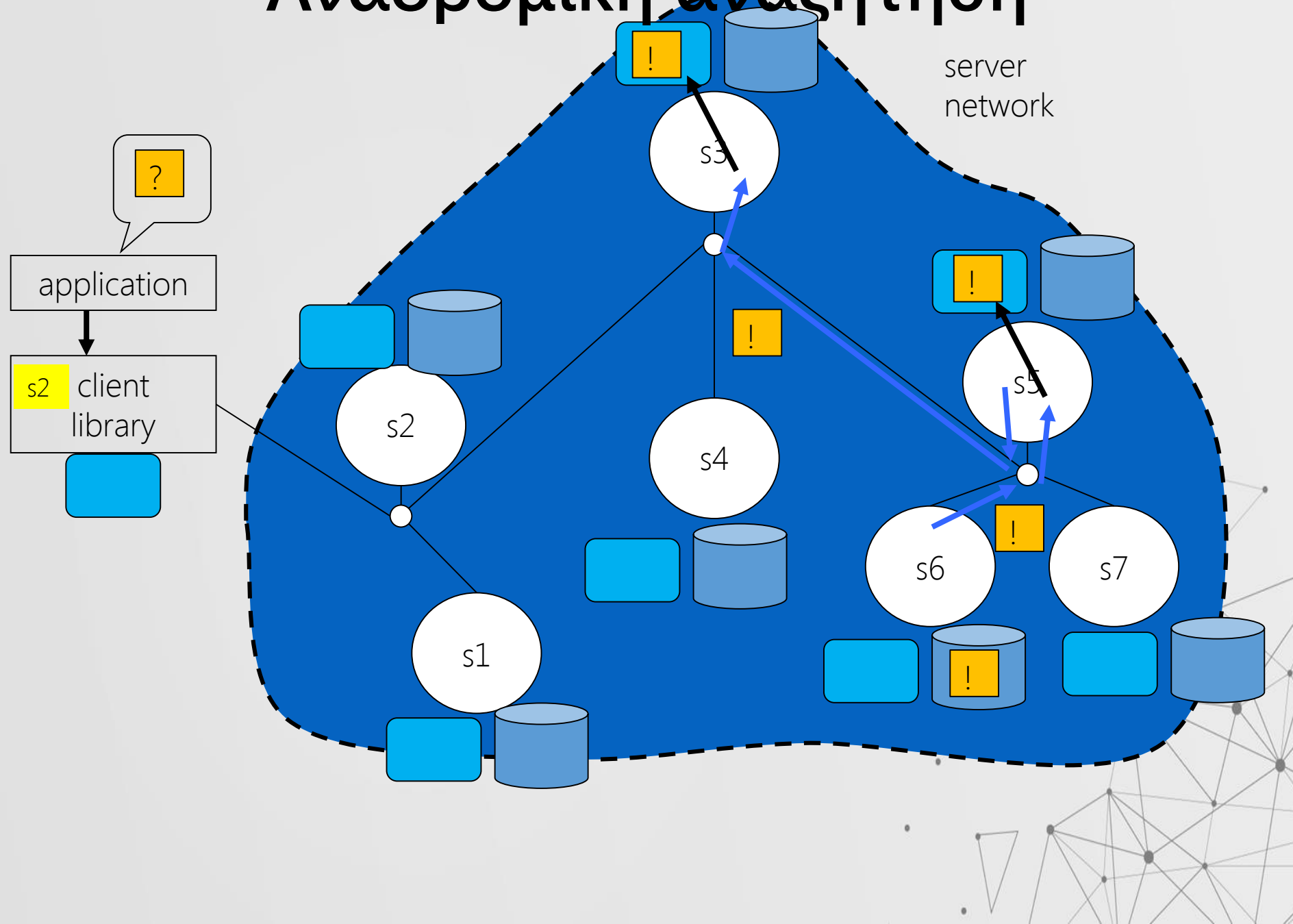
Αναδρομική αναζήτηση



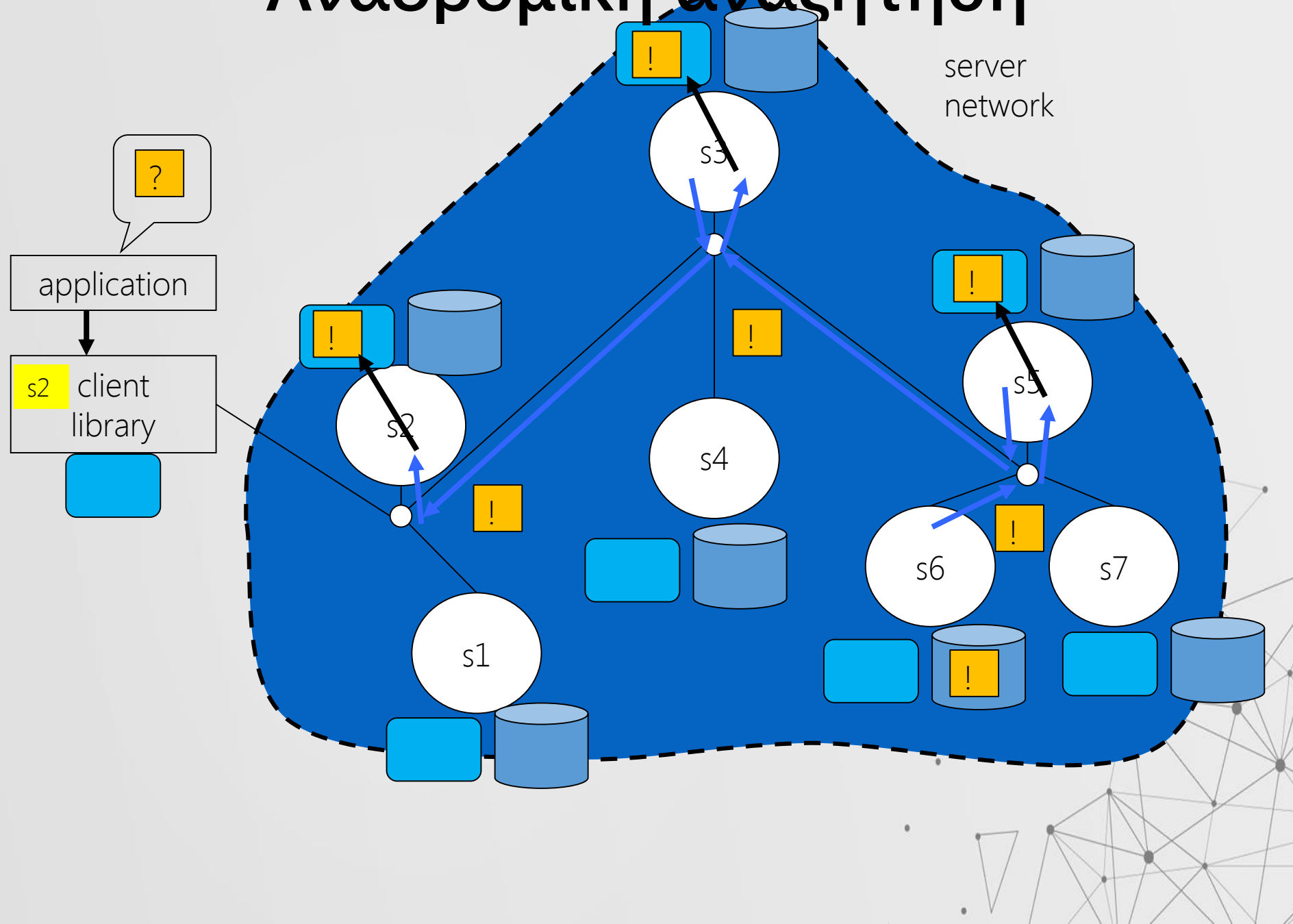
Αναδρομική αναζήτηση



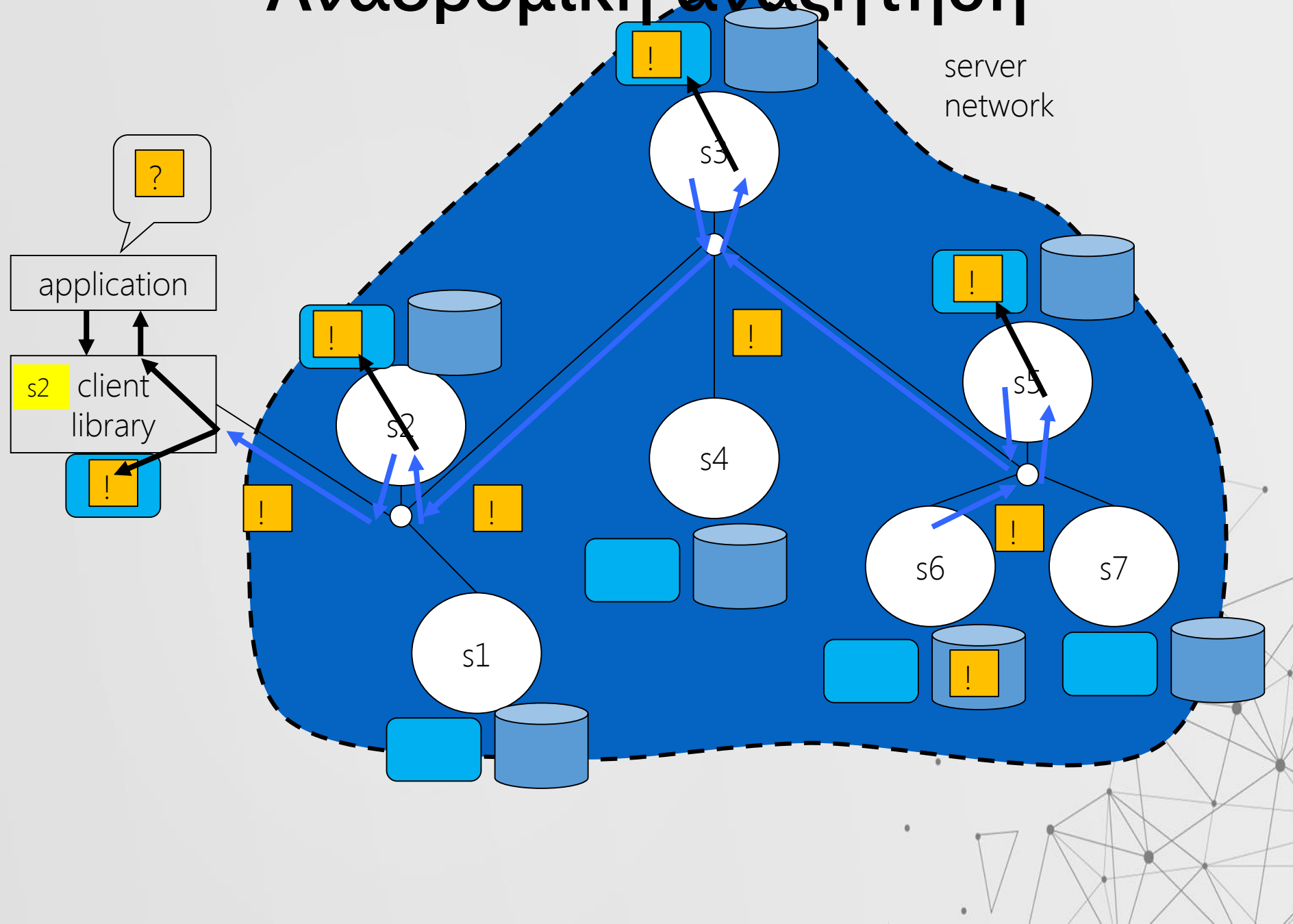
Αναδρομική αναζήτηση



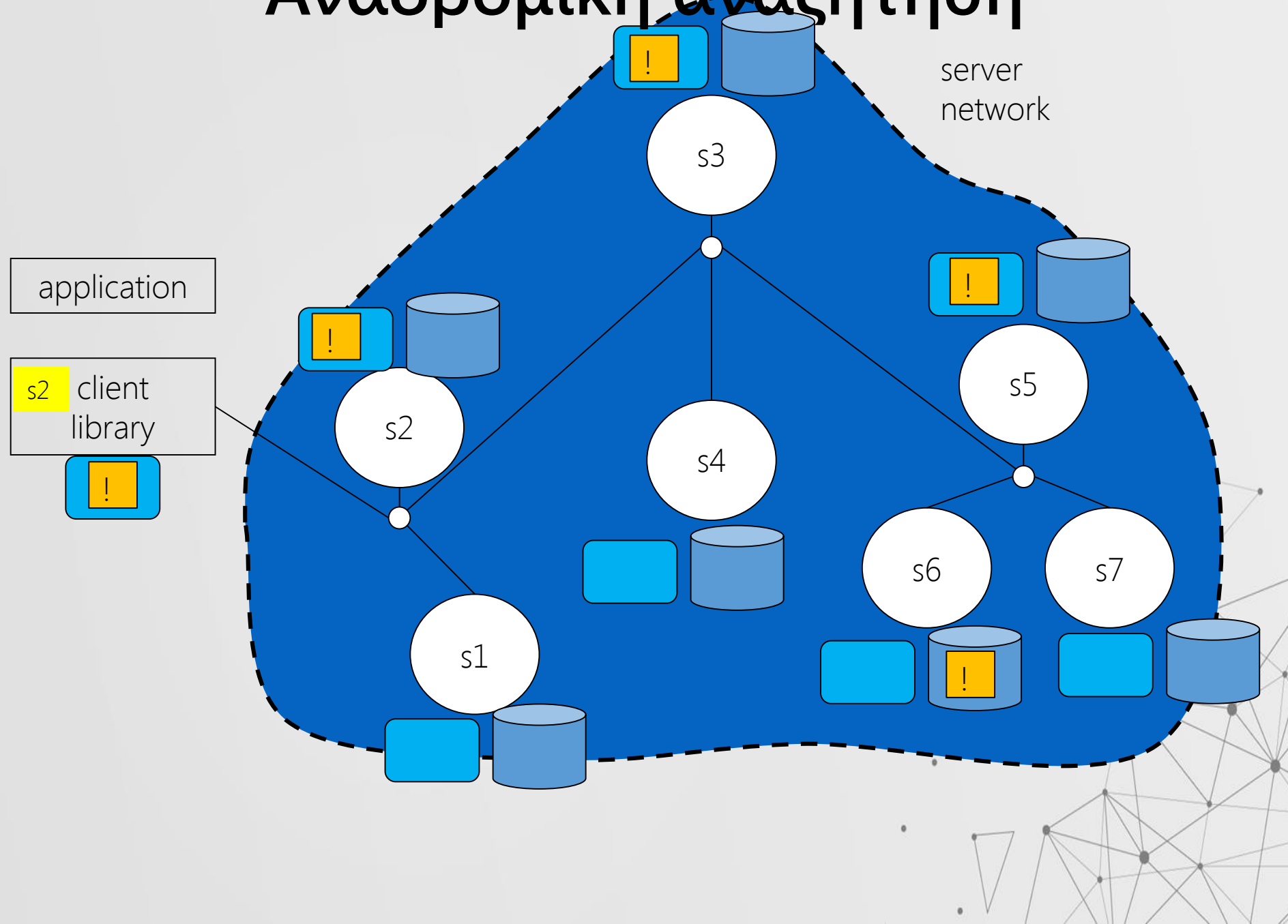
Αναδρομική αναζήτηση



Αναδρομική αναζήτηση

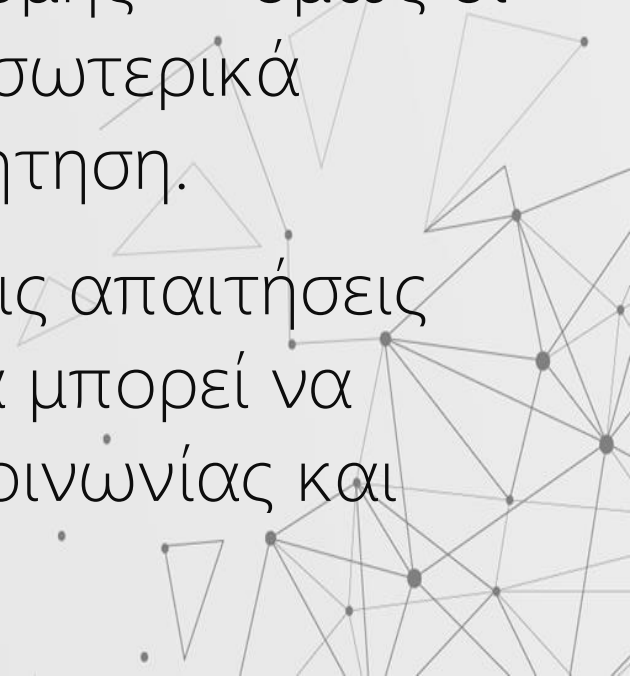


Αναδρομική αναζήτηση



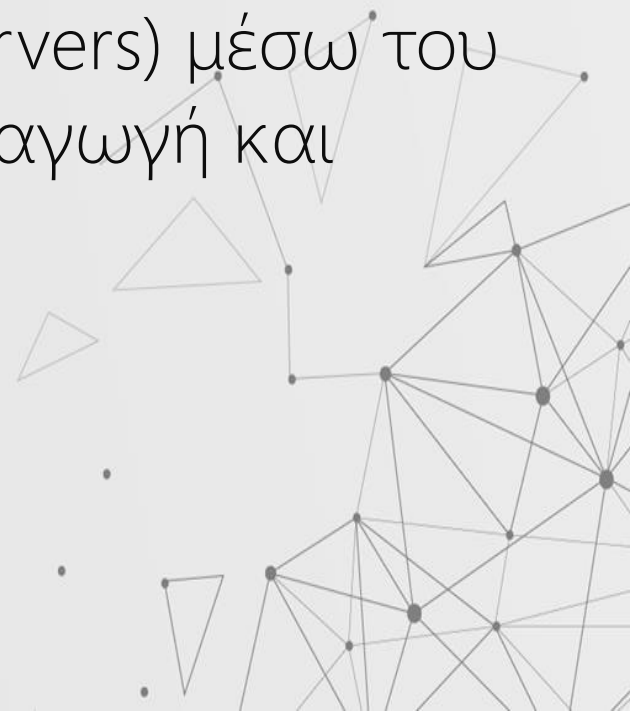
Παρατηρήσεις

- Η δρομολόγηση των αιτήσεων/απαντήσεων γίνεται στο επίπεδο του υπερδικτύου των εξυπηρετητών.
- Με την αναδρομική μέθοδο, η πληροφορία που επιστρέφει προς τον πελάτη μπορεί να αποθηκευτεί στην κρυφή μνήμη των εξυπηρετητών που βρίσκονται κατά μήκος της «διαδρομής» – όμως οι εξυπηρετητές πρέπει να κρατούν εσωτερικά κατάσταση για κάθε εκκρεμή αναζήτηση.
- Η επαναληπτική μέθοδος μειώνει τις απαιτήσεις μνήμης στους εξυπηρετητές – αλλά μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κόστος επικοινωνίας και επεξεργασίας.



Internet Domain Name Service (DNS)

- Αναγωγή ονομάτων (υπολογιστών και υπηρεσιών) σε διευθύνσεις στο επίπεδο του διαδικτύου.
- Διαχωρισμός του χώρου ονομάτων έτσι ώστε η διαχείριση υπο-χώρων να γίνεται ανεξάρτητα από ξεχωριστούς φορείς χωρίς συντονισμό μεταξύ τους.
- Υπερδίκτυο εξυπηρετητών (DNS servers) μέσω του οποίου υλοποιείται η επιθυμητή αναγωγή και αναζήτηση.

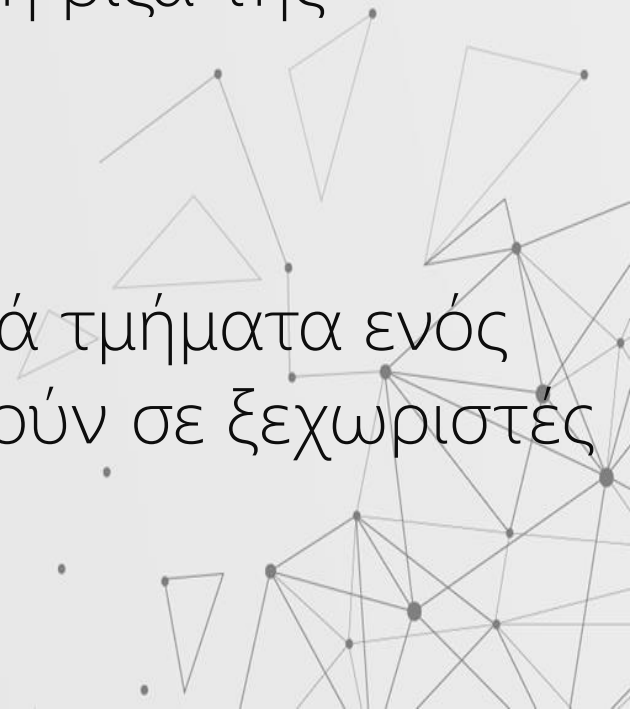


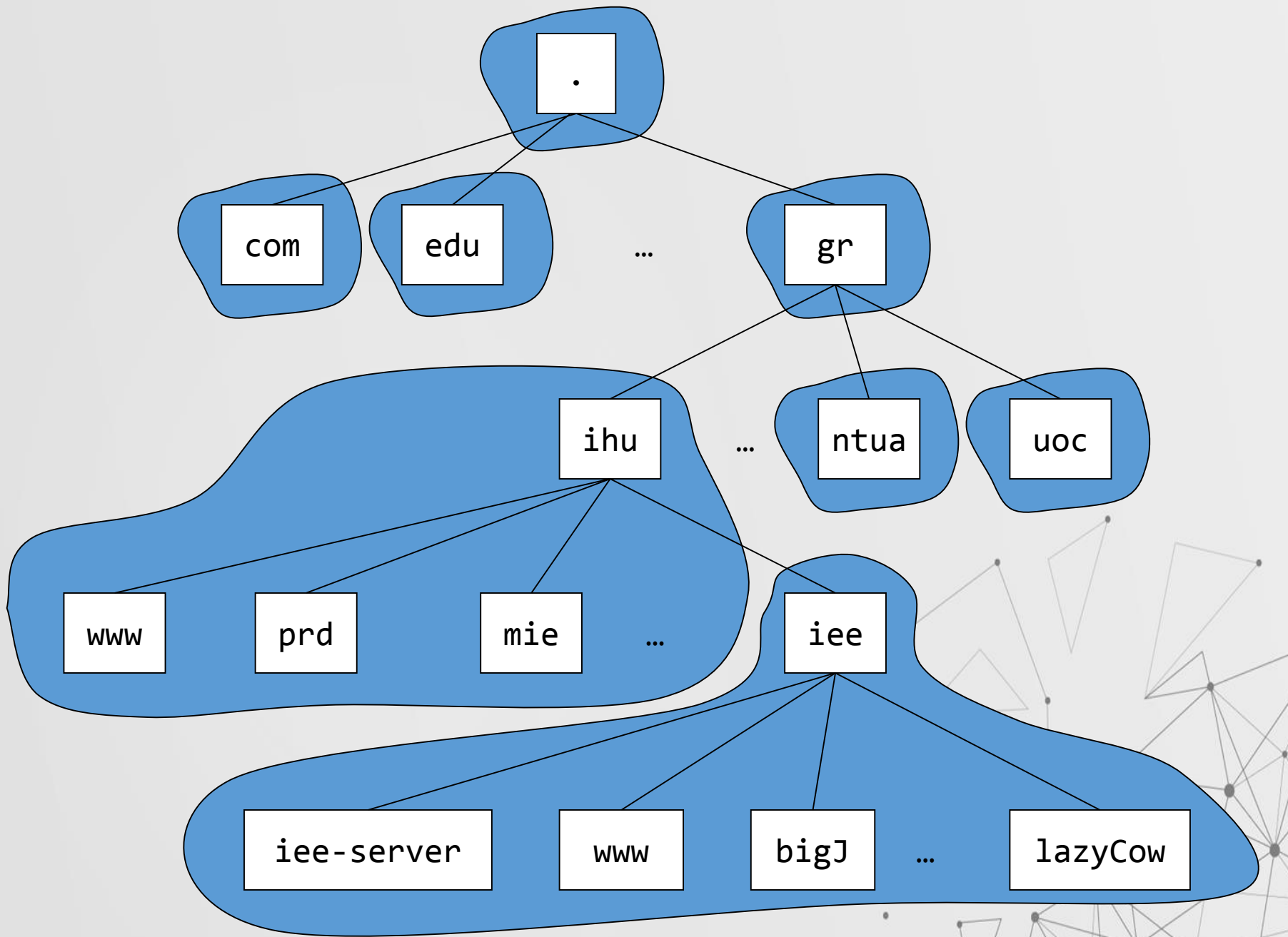
Χώροι ονομάτων και ζώνες DNS

- Ο χώρος των ονομάτων δομείται ιεραρχικά.
- Τα ονόματα έχουν αντίστοιχα δομημένη μορφή:

<name3>.<name2>.<name1>

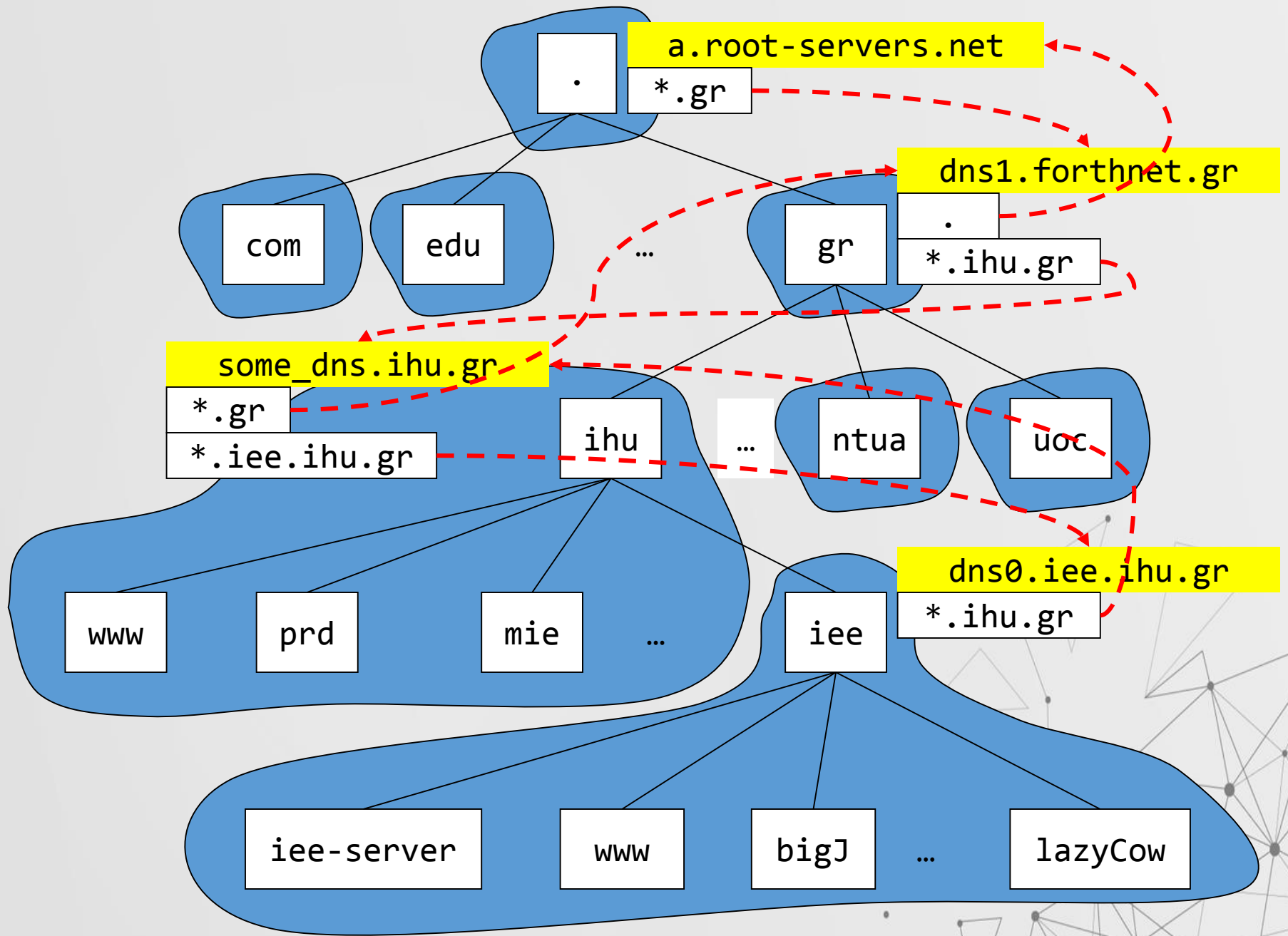
- Κάθε τμήμα του ονόματος <nameK> προσδιορίζει έναν υπο-χώρο σε επίπεδο K από τη ρίζα της ιεραρχίας.
 - το όνομα της ρίζας υπονοείται.
- Σε επίπεδο διαχείρισης, διαφορετικά τμήματα ενός υπο-χώρου μπορεί να ομαδοποιηθούν σε ξεχωριστές «ζώνες» (zones).





Εξυπηρετητές DNS

- Πληροφορία ζώνης:
 - ονόματα που ανήκουν στη ζώνη.
 - ονόματα/διευθύνσεις εξυπηρετητών της ζώνης.
 - ονόματα/διευθύνσεις εξυπηρετητών που είναι υπεύθυνοι για τον υπερ-χώρο και τους υπο-χώρους εκτός ζώνης.
- Κάθε ζώνη υποστηρίζεται από έναν πρωτεύοντα εξυπηρετητή ζώνης, όπου γίνονται και οι αλλαγές.
- Μπορεί να υπάρχουν δευτερεύοντες εξυπηρετητές, που επικοινωνούν περιοδικά με τον πρωτεύοντα για να ενημερωθούν για τυχόν αλλαγές.
- Οι εξυπηρετητές μπορεί να κρατούν πληροφορία σε κρυφή μνήμη (με περιορισμένη διάρκεια ζωής).



Εγγραφές DNS

- **A**: διεύθυνση.
- **NS**: όνομα εξυπηρετητή ονομάτων (Name Server).
- **CNAME**: συνώνυμο.
- Π.χ., για την ζώνη **ihu.gr**

Name	Type	Value
gr	NS	dns1.forthnet.gr
dns1.forthnet.gr	A	138.37.88.249
iee.ihu.gr	NS	dns0.iee.ihu.gr
dns0.iee.ihu.gr	A	194.177.204.125
www.iee.ihu.gr	CNAME	goofy.ihu.gr

Αναζήτηση DNS (name resolution)

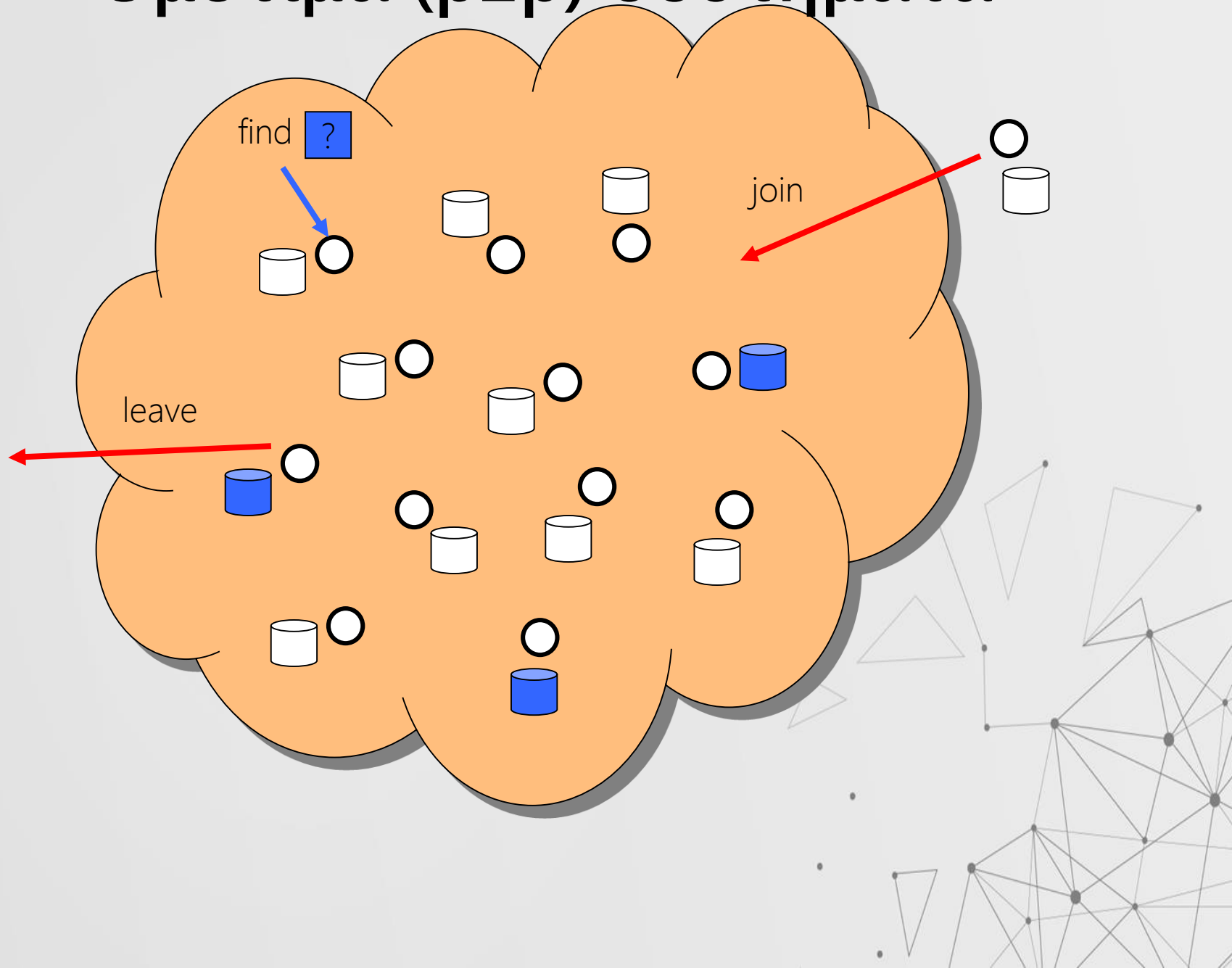
- Επαναληπτική και αναδρομική μέθοδος
- Η αναγωγή ονομάτων σε διευθύνσεις IP γίνεται συχνά, κάθε φορά που μια εφαρμογή χρησιμοποιεί ένα όνομα ενός μηχανήματος ή μιας υπηρεσίας.
 - e-mail, ftp, www
- Η χρήση κρυφής μνήμης είναι ιδιαίτερα σημαντική.
 - καλή απόκριση.
 - αποφυγή υπερφόρτωσης τοπικού εξυπηρετητή DNS.
 - αποφυγή υπερφόρτωσης δικτύου εξυπηρετητών DNS.



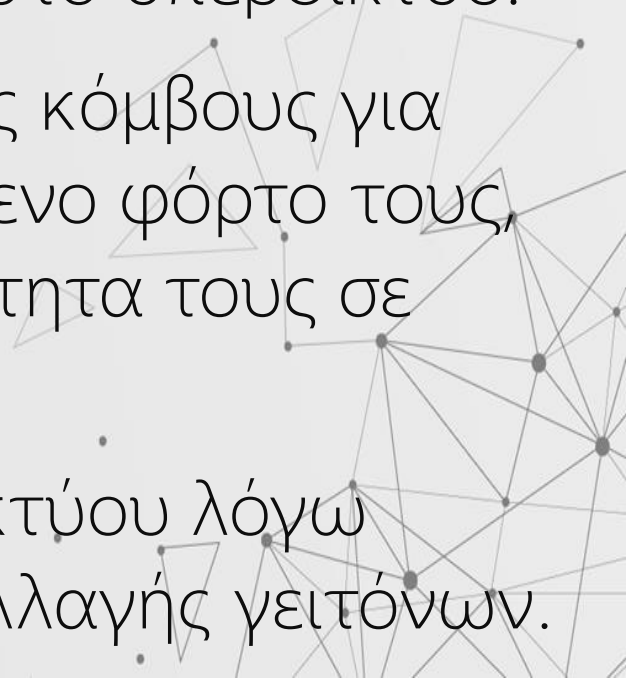
Ομότιμα (p2p) συστήματα

- Δεν υπάρχει εκ των προτέρων συμφωνημένη κατανομή της πληροφορίας προς αναζήτηση.
- Δεν υπάρχει διαχωρισμός ανάμεσα σε πελάτες και εξυπηρετητές: οι κόμβοι είναι ομότιμοι.
- Κάθε κόμβος μπορεί να παρέχει πληροφορίες καθώς και να πραγματοποιεί αναζητήσεις για πληροφορία.
- Οι κόμβοι δεν είναι απαραίτητα μόνιμα διαθέσιμοι, καθώς μπορεί να (από)συνδέονται στο/από το δίκτυο εντελώς δυναμικά και ανεξέλεγκτα.
- Πρόκληση: σχηματισμός κατάλληλου υπερδικτύου για γρήγορη αναζήτηση με μειωμένη επικοινωνία.

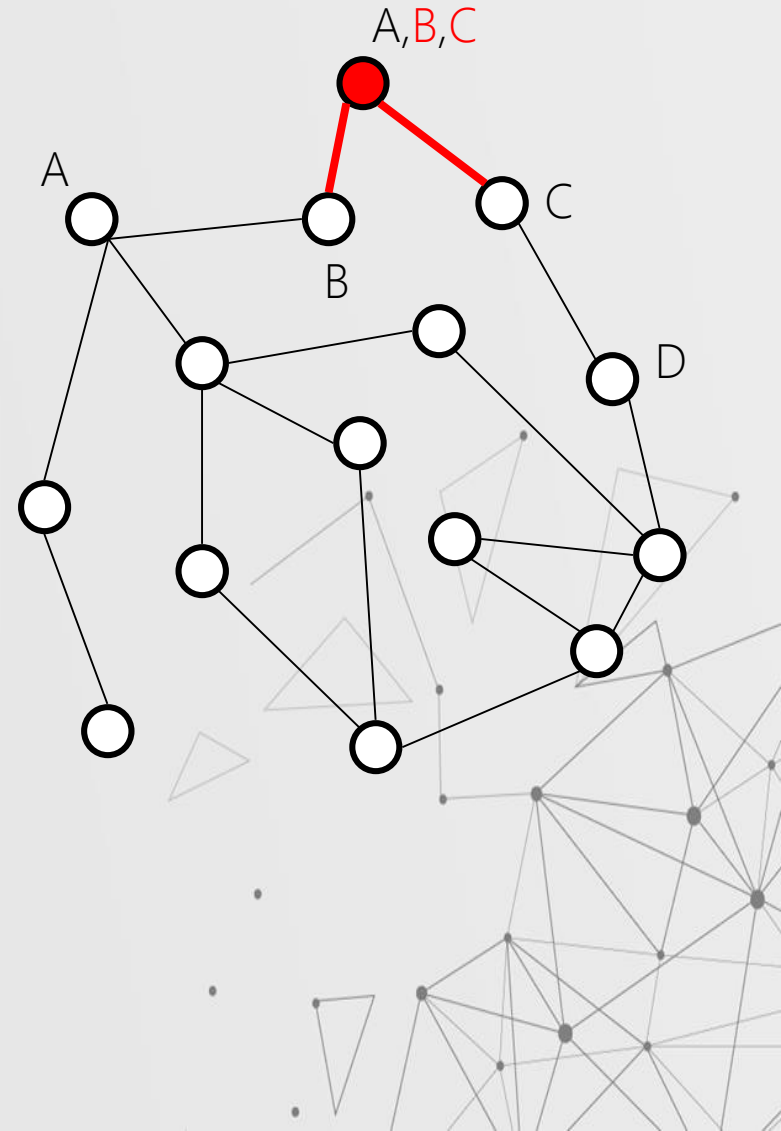
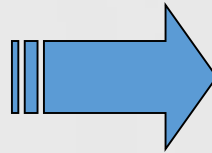
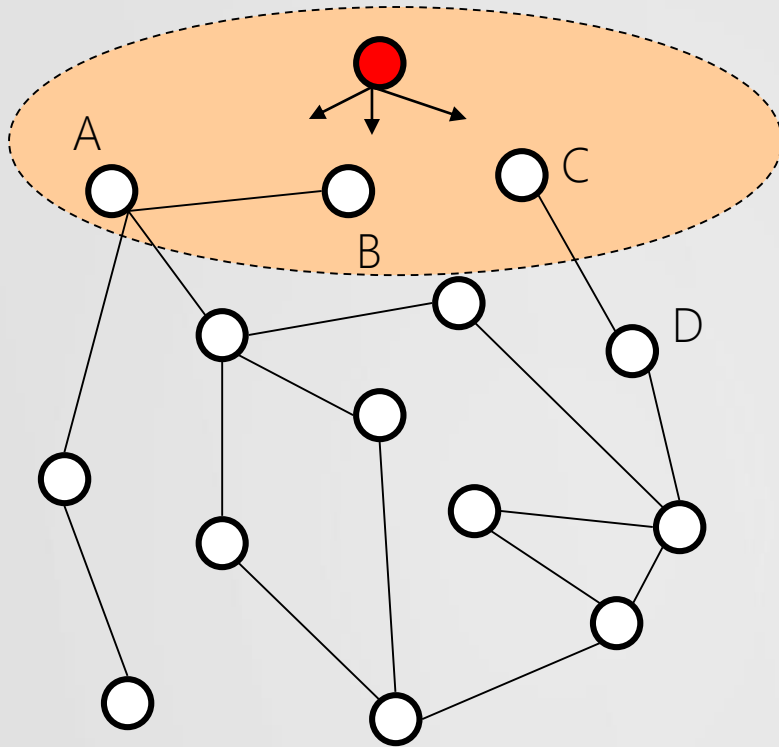
Ομότιμα (p2p) συστήματα



Κατασκευή υπερδικτύου

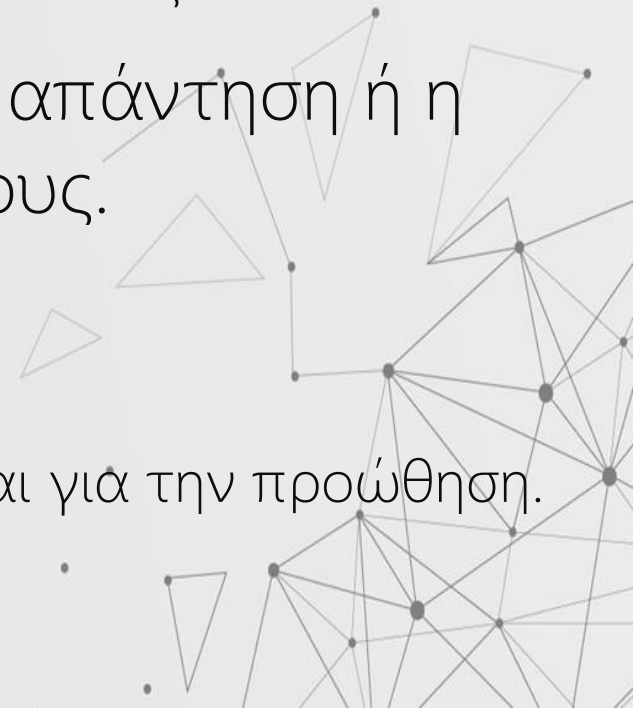
- Ο νεοεισερχόμενος κόμβος επικοινωνεί με έναν από κάποιους προκαθορισμένους (διαθέσιμους) κόμβους που παίζουν τον ρόλο μιας υπηρεσίας καταλόγου.
 - Λαμβάνει τα στοιχεία επικοινωνίας από έναν σχετικά μικρό αριθμό κόμβων που κρίνεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως γείτονες του στο υπερδίκτυο.
 - Επιλέγει κάποιους από αυτούς τους κόμβους για γείτονες, π.χ., με βάση τον εκτιμώμενο φόρτο τους, τη διαθεσιμότητα τους, τη χρησιμότητα τους σε προηγούμενες αναζητήσεις.
 - Δυναμική προσαρμογή του υπερδικτύου λόγω άφιξης/αναχώρησης κόμβων και αλλαγής γειτόνων.
- 

Κατασκευή υπερδικτύου



Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

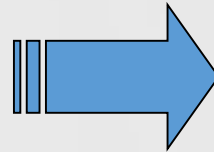
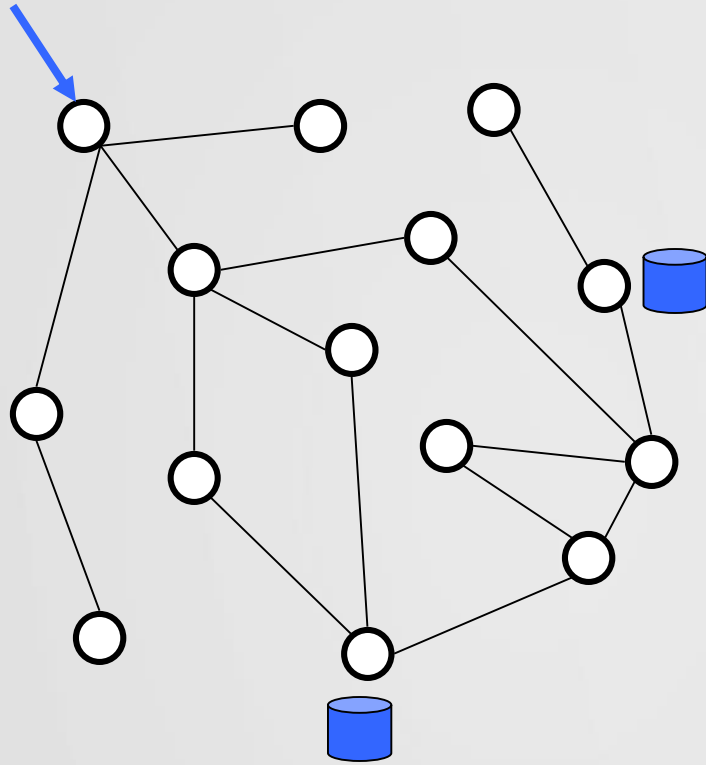
- Ο κόμβος που αναζητεί πληροφορία στέλνει αίτηση αναζήτησης σε όλους τους γειτονικούς κόμβους.
- Όταν ένας κόμβος δεχτεί αίτηση αναζήτησης
 - αν έχει ήδη δεχτεί αυτή την αίτηση, την αγνοεί.
 - αν έχει την πληροφορία τοπικά, στέλνει απάντηση.
 - διαφορετικά προωθεί την αίτηση στους γείτονες του.
- Η αναζήτηση σταματά όταν βρεθεί απάντηση ή η αίτηση φτάσει σε όλους τους κόμβους.
- Αποφυγή υπερφόρτωσης δικτύου.
 - όριο προωθήσεων μιας αίτησης.
 - όριο στους γείτονες που χρησιμοποιούνται για την προώθηση.
 - χρήση κρυφής μνήμης στους κόμβους.



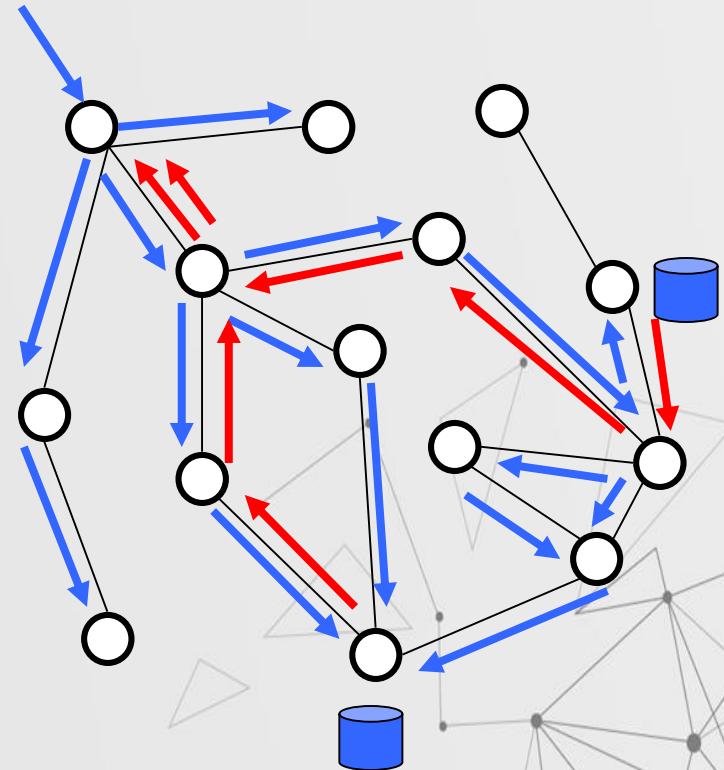
Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

unconstrained flooding

find ?



find ?

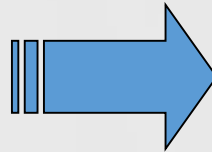
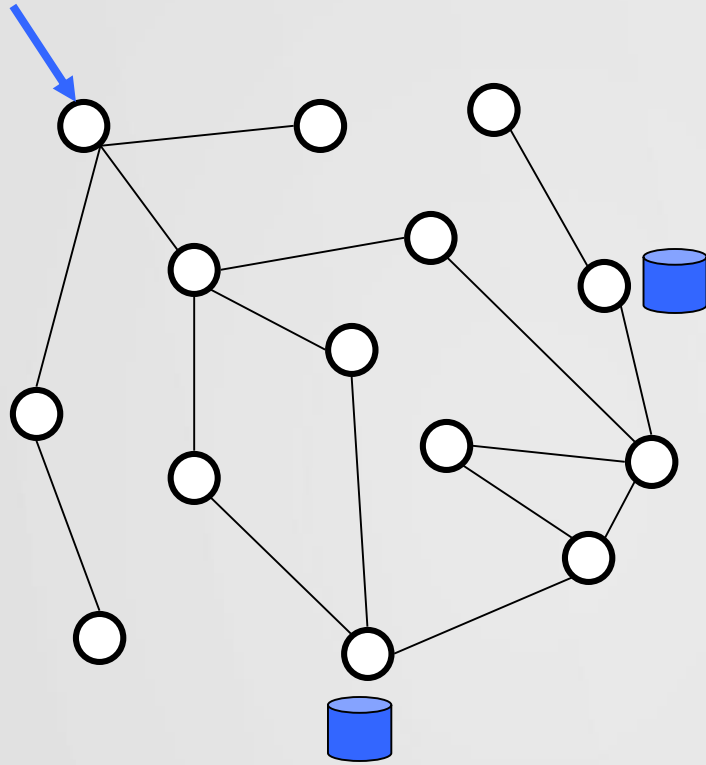


← request
← reply

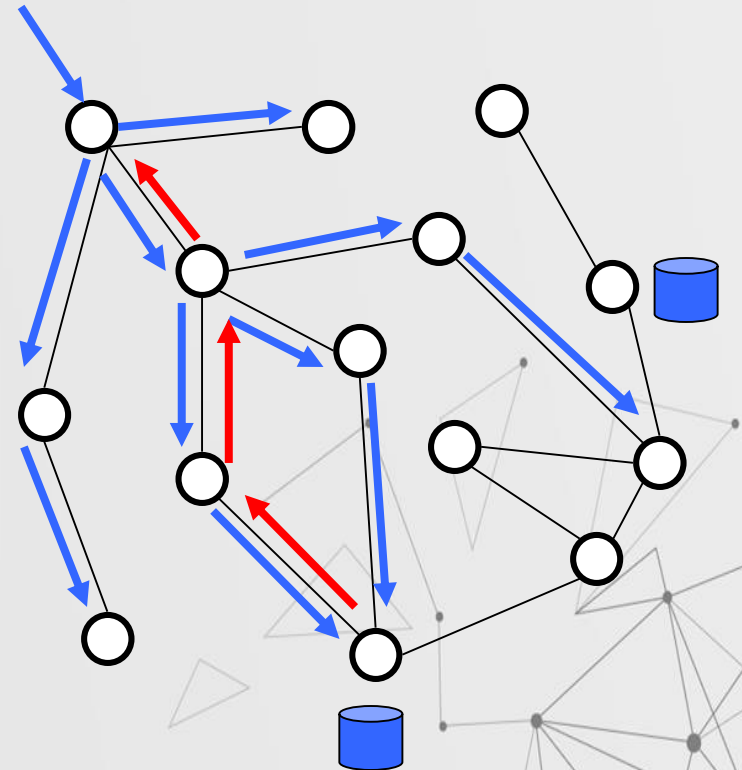
Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

flooding with hop limit = 3

find ?



find ?

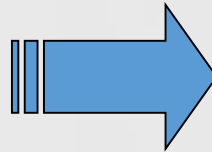
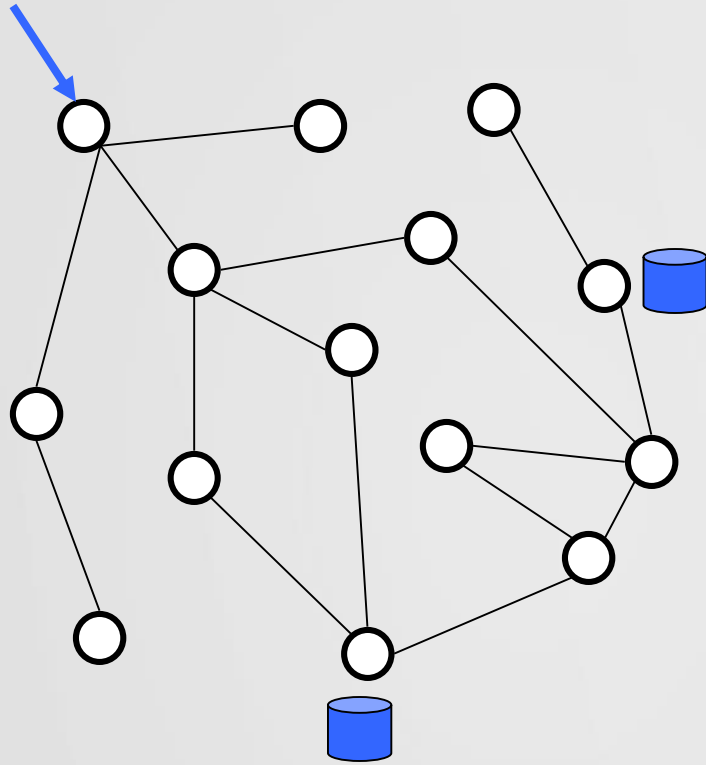


← request
← reply

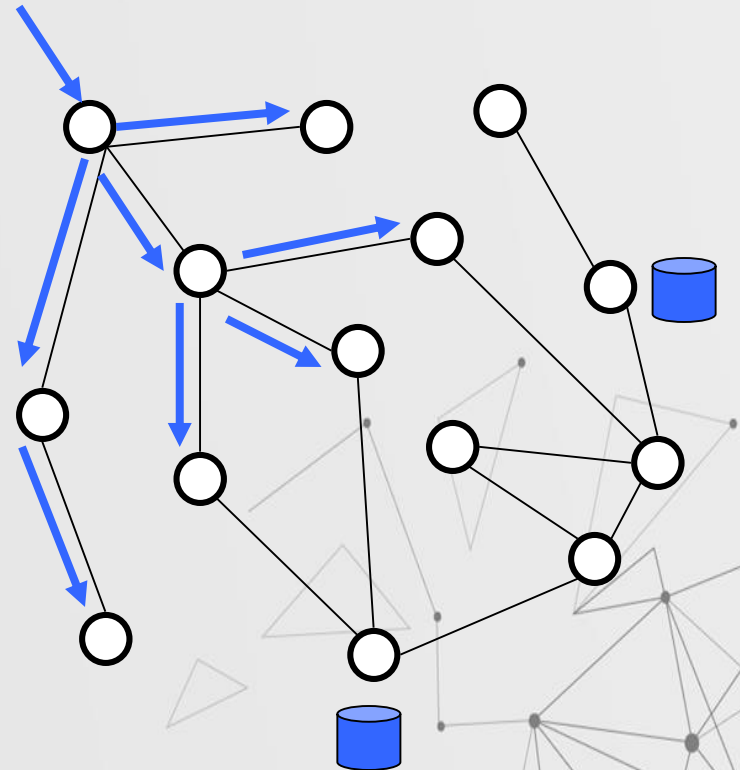
Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

flooding with hop limit = 2

find ?



find ?

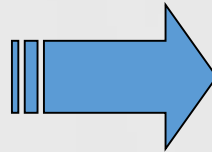
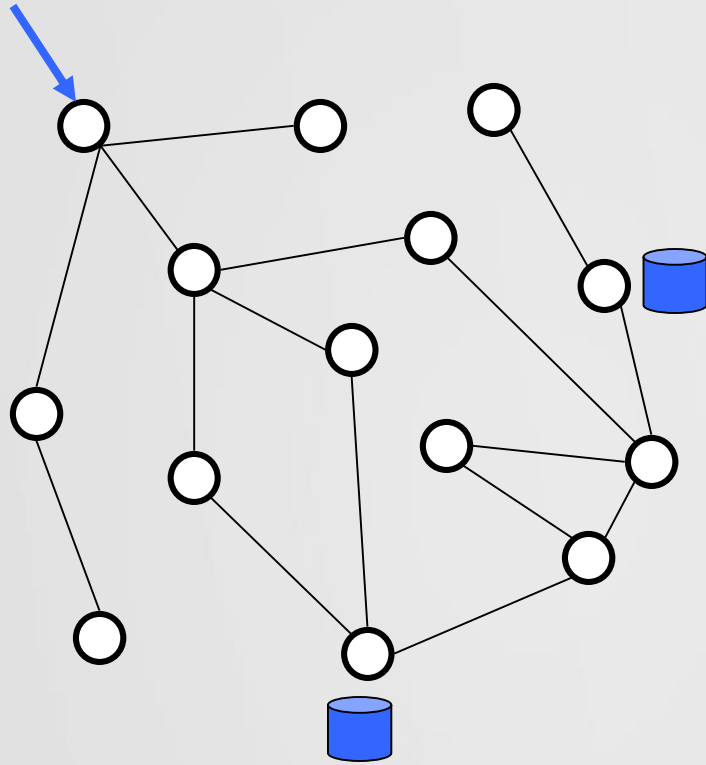


← request
← reply

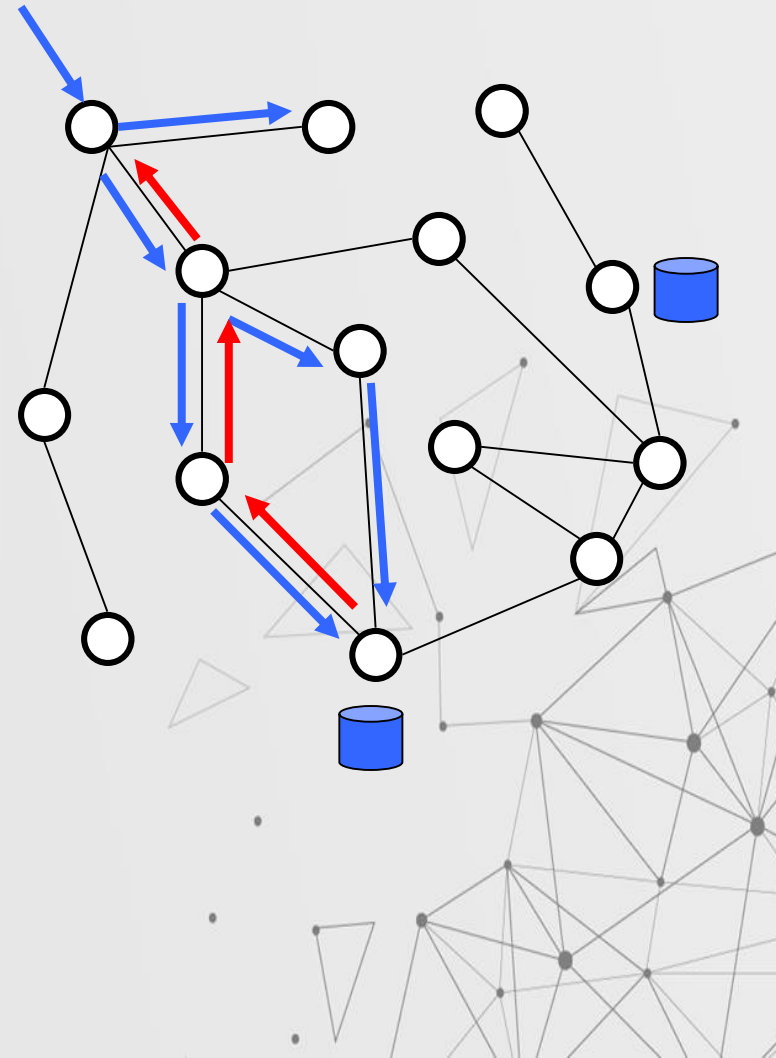
Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

flooding with out degree 2

find ?



find ?

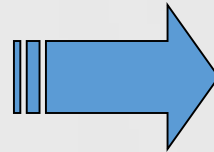
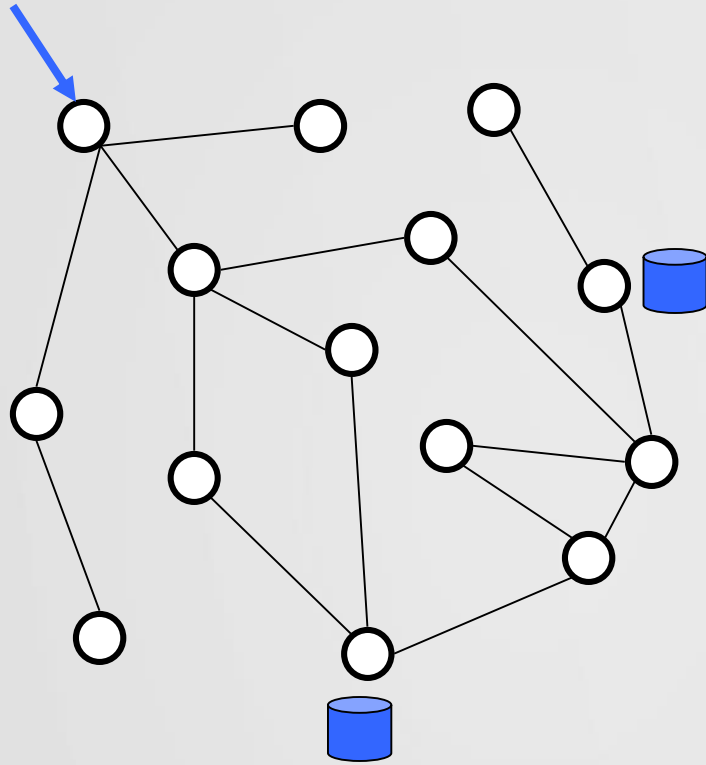


← request
← reply

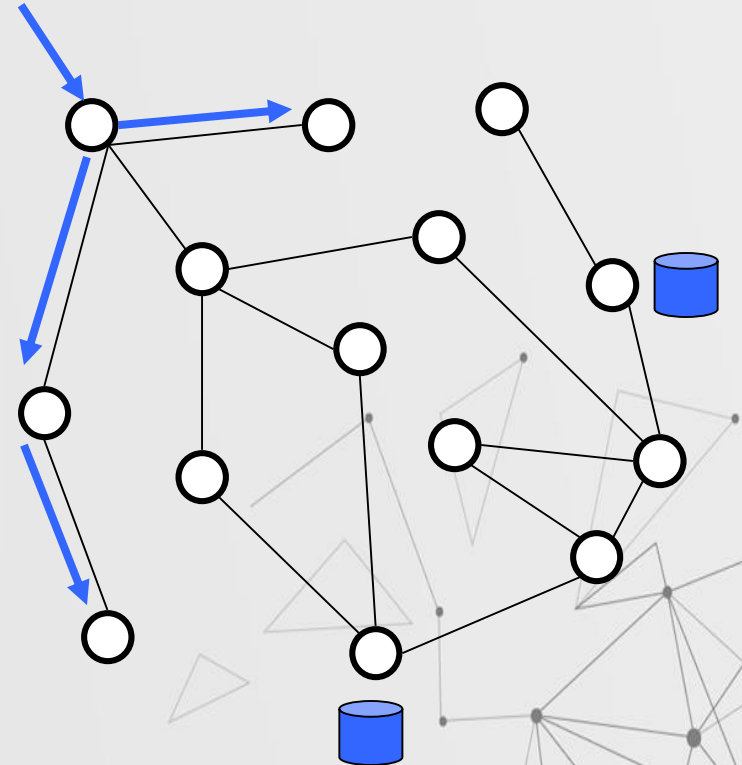
Αναζήτηση με πλημμύρα (flooding)

flooding with out degree 2 (again)

find ?



find ?

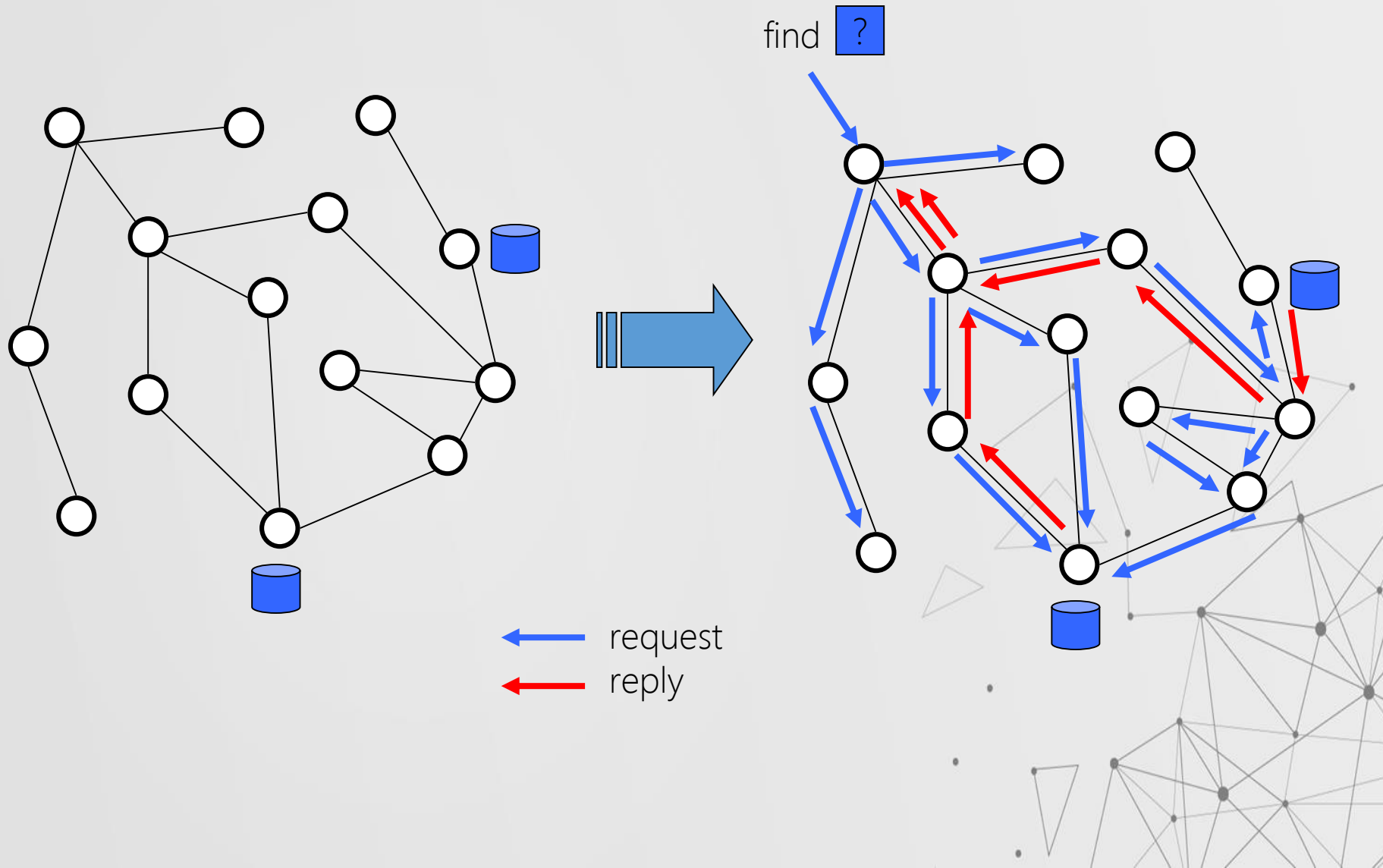


← request
← reply

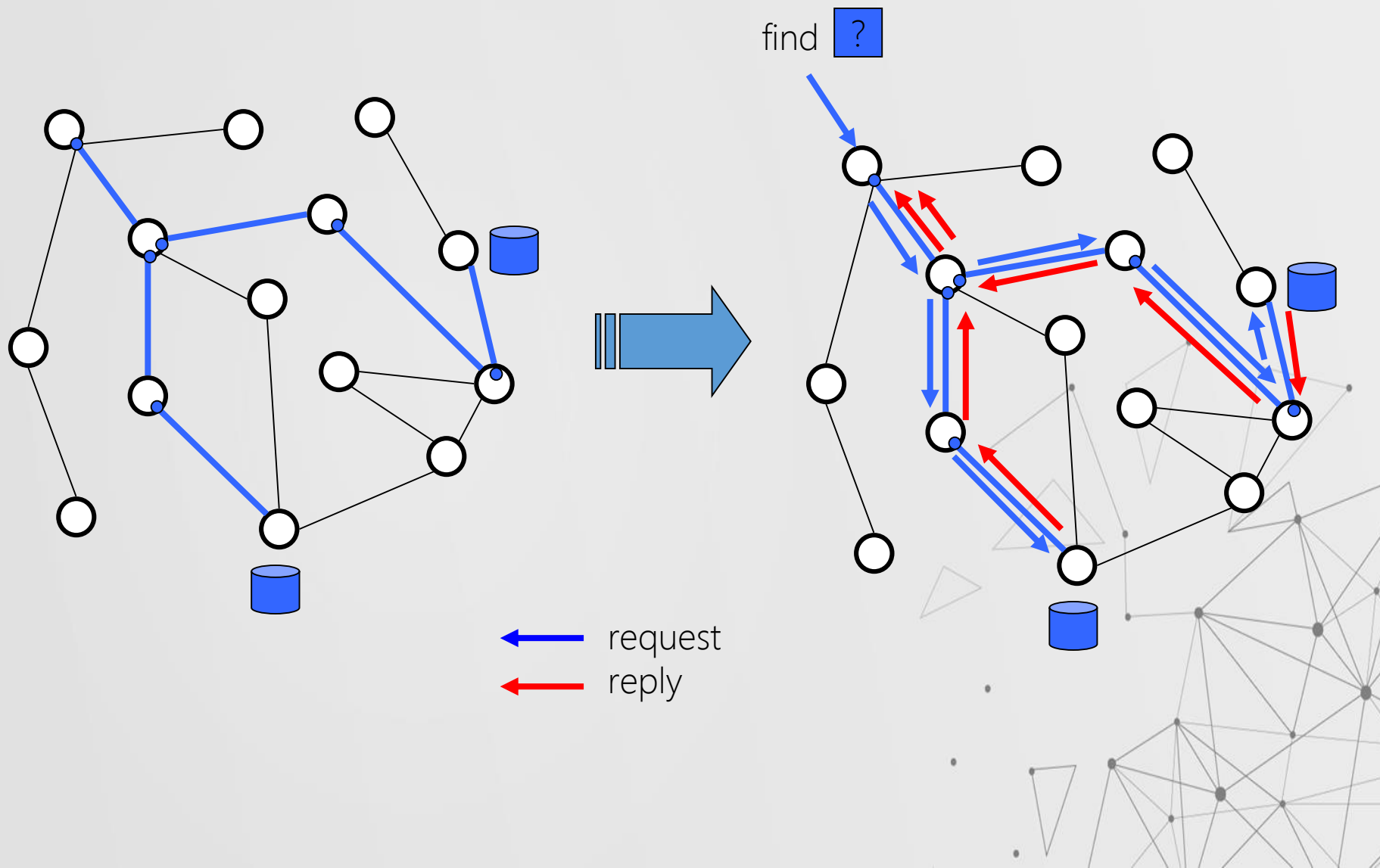
Βιολογικά μοντέλα

- Όταν μια απάντηση στέλνεται προς τα πίσω, ανανεώνεται πληροφορία για τα μονοπάτια που οδηγούν στην πληροφορία.
- Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για την προώθηση/δρομολόγηση επόμενων αιτήσεων.
- Η πληροφορία μπορεί να είναι στοχαστική, και να «εξασθενεί» με τον χρόνο (αν δεν ανανεωθεί).
- Μηχανισμός ανεύρεσης τροφής από τα μυρμήγκια: αν βρεθεί τροφή, κατά την επιστροφή εκκρίνεται φερομόνη, που εξατμίζεται σταδιακά οπότε αν το μονοπάτι πάψει να είναι «καλό» θα σταματήσει να προσελκύει νέα μυρμήγκια στο μέλλον.

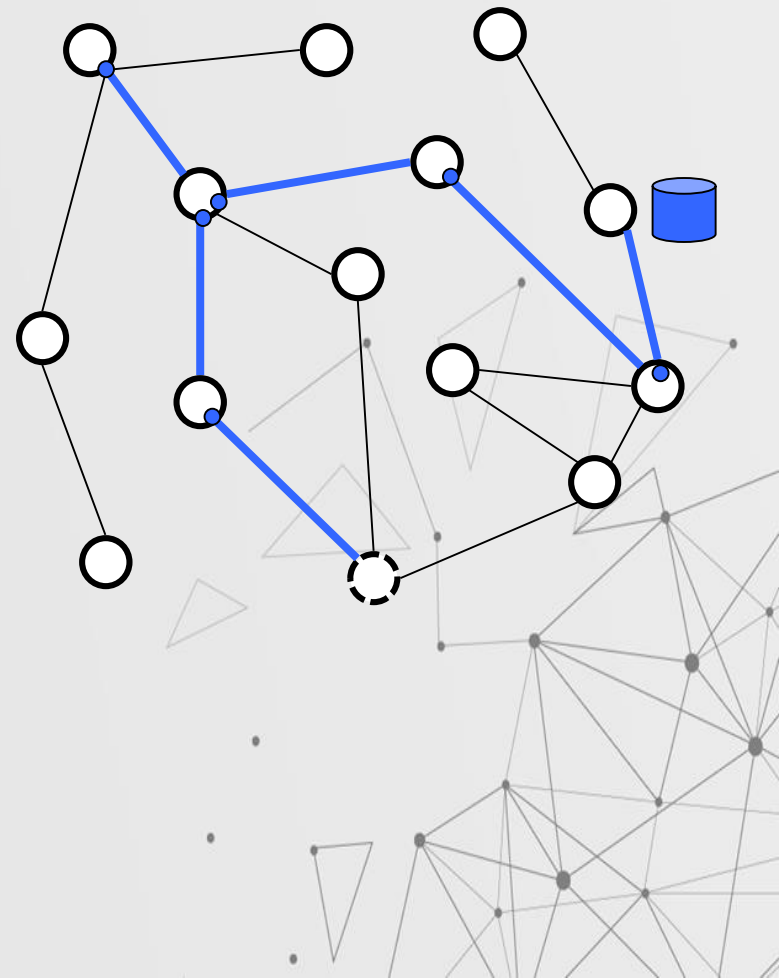
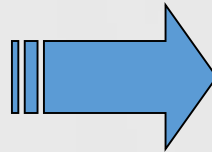
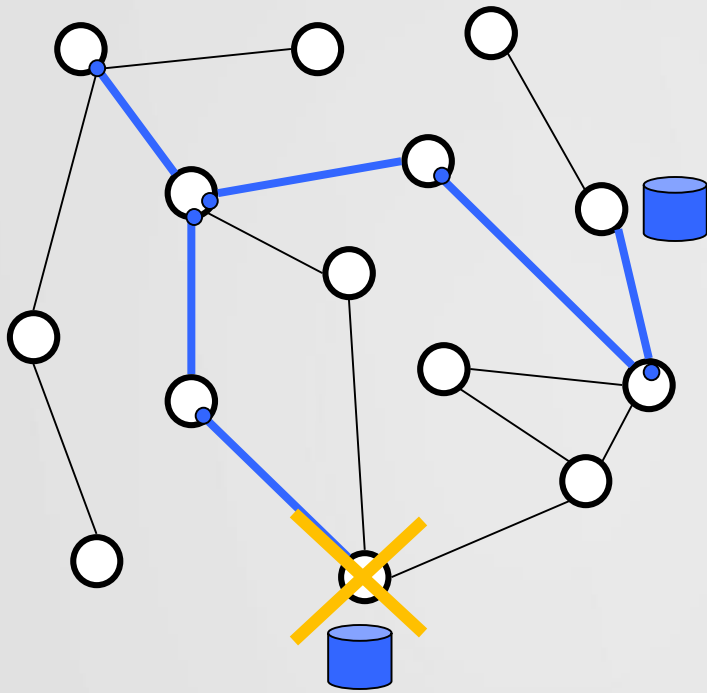
unconstrained flooding
with re-enforcement



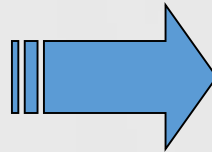
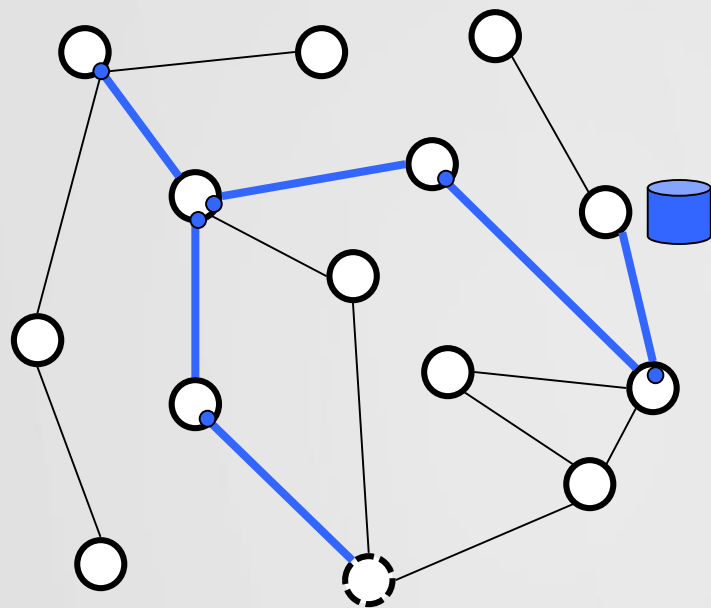
unconstrained flooding
with re-enforcement



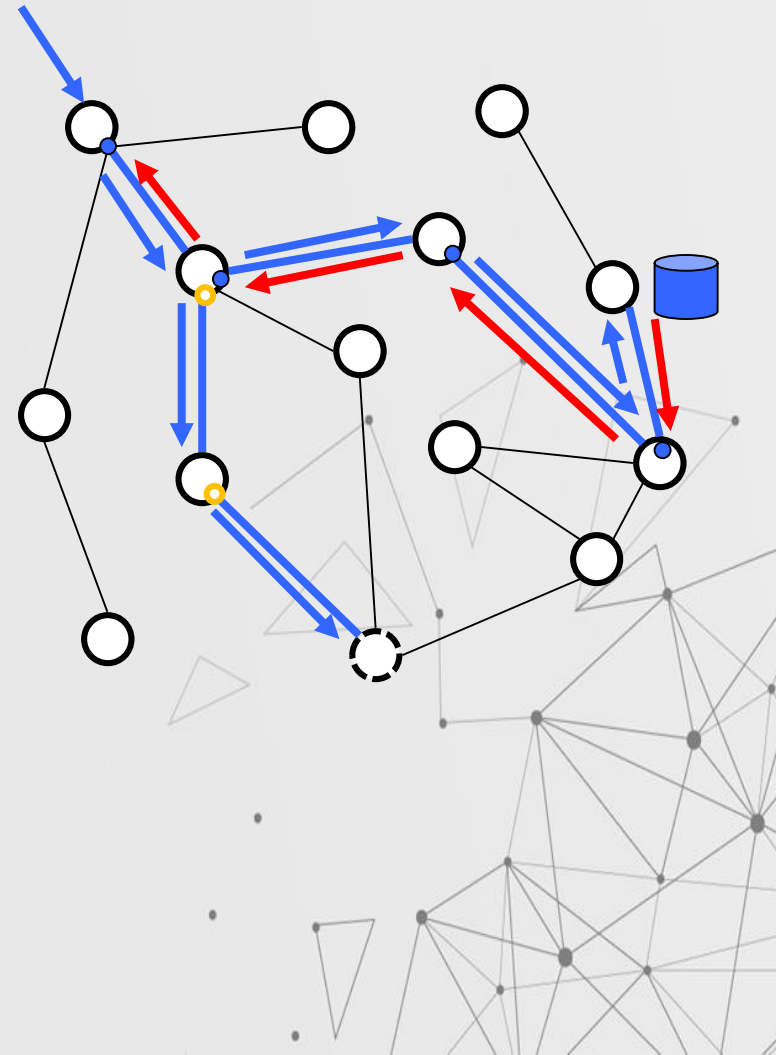
unconstrained flooding
with re-enforcement



unconstrained flooding
with re-enforcement

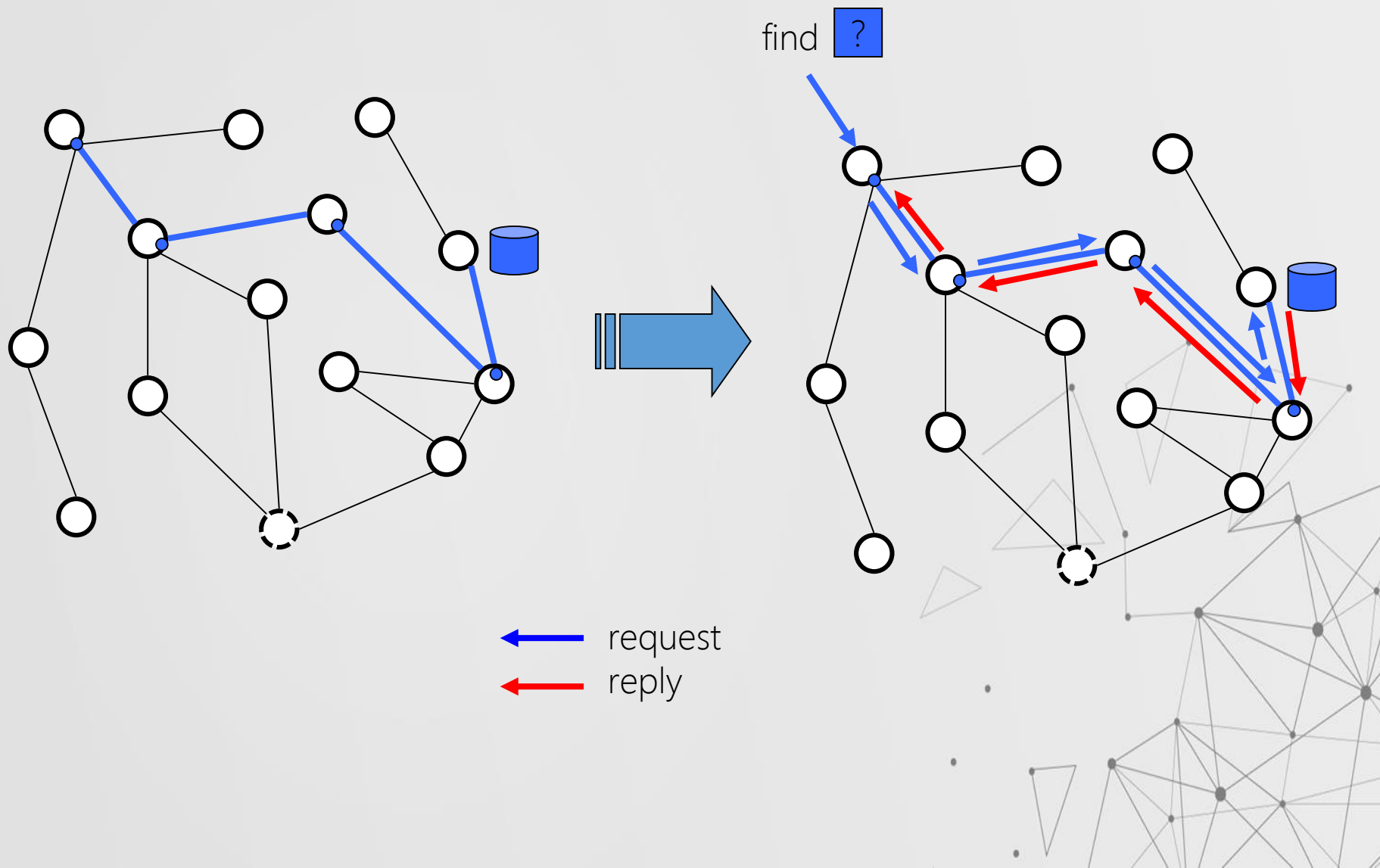


find ?



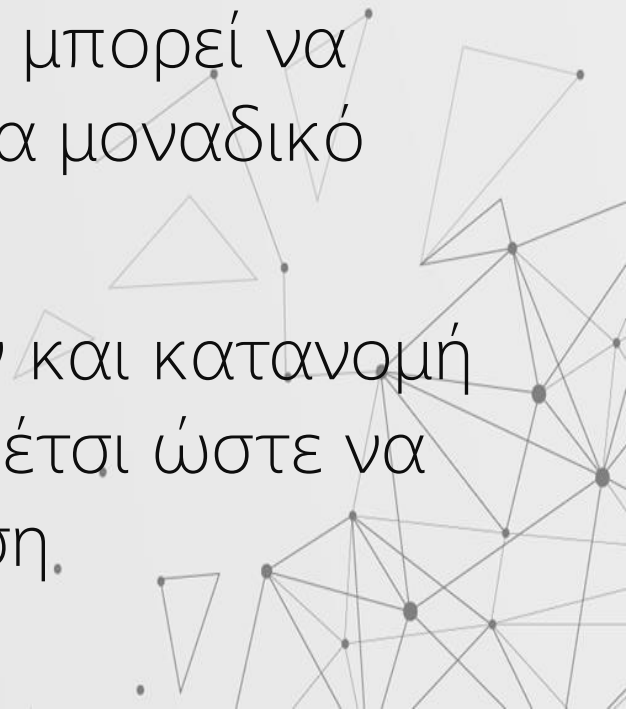
← request
← reply

unconstrained flooding
with re-enforcement



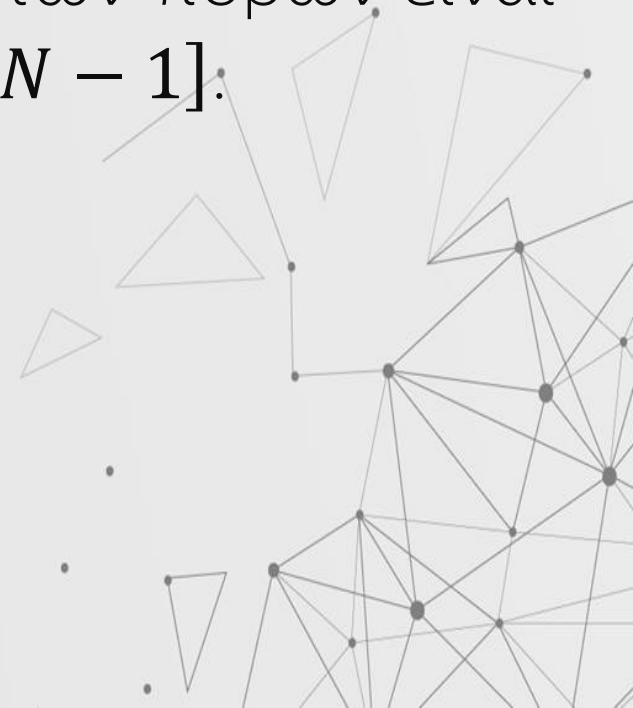
Distributed hash tables

- Οι πόροι λαμβάνουν αναγνωριστικά $[0, N - 1]$ π.χ., μέσω κάποιας hash function.
- Δημιουργείται ένα ευρετήριο όπου η εγγραφή με αριθμό k περιέχει τη διεύθυνση του κόμβου που διαθέτει την πληροφορία με αυτό το κλειδί.
- Τα περιεχόμενα του ευρετηρίου δεν μπορεί να αποθηκευτούν εξ' ολοκλήρου σε ένα μοναδικό κόμβο.
- Ζητούμενο: οργάνωση των κόμβων και κατανομή των περιεχομένων του ευρετηρίου έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αποδοτική αναζήτηση.



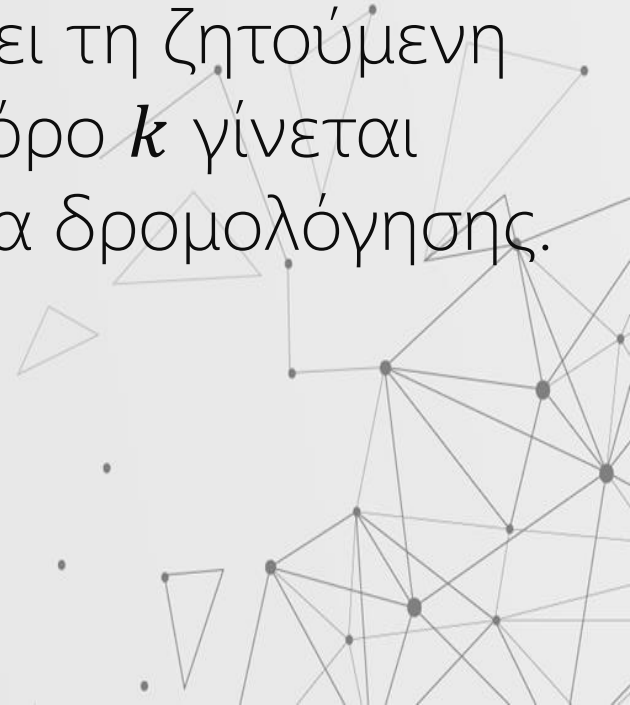
Chord – δομή υπερδικτύου

- Οι κόμβοι σχηματίζουν έναν δακτύλιο με βάση τα μοναδικά αναγνωριστικά τους $[0, N - 1]$.
- *prev*(*n*): προηγούμενος κόμβος στον δακτύλιο.
- *next*(*n*): επόμενος κόμβος στον δακτύλιο.
- Υποθέτουμε ότι τα αναγνωριστικά των πόρων είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στο $[0, N - 1]$.

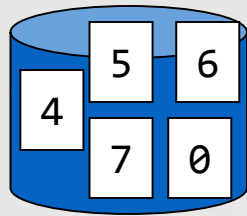


Chord – δρομολόγηση

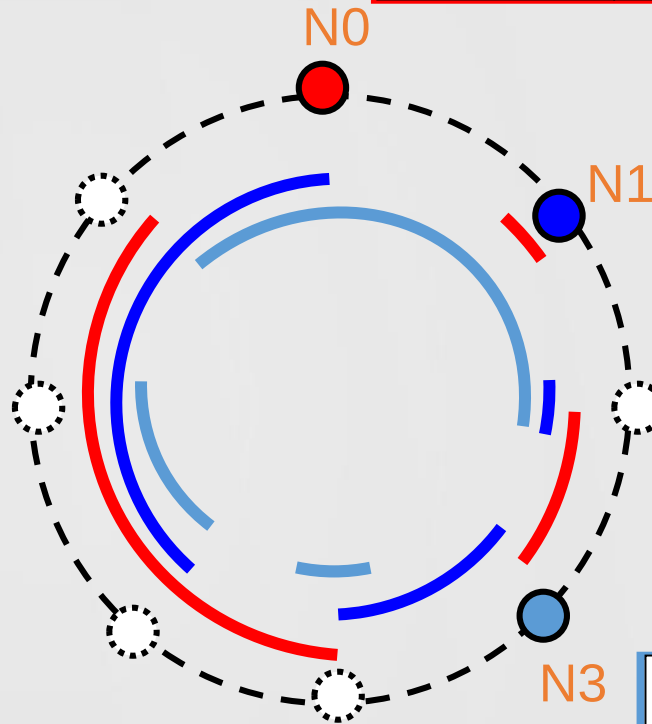
- Κάθε κόμβος n διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης (finger table) που αποτελείται από m γραμμές.
- Κάθε γραμμή i , $0 \leq i \leq m$ του πίνακα περιέχει το αναγνωριστικό του κόμβου που είναι υπεύθυνος για τα αναγνωριστικά κάποιων πόρων.
- Η αναζήτηση για τον κόμβο που έχει τη ζητούμενη πληροφορία / διεύθυνση για τον πόρο k γίνεται χρησιμοποιώντας αυτόν τον πίνακα δρομολόγησης.



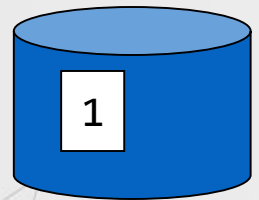
Chord – δρομολόγηση



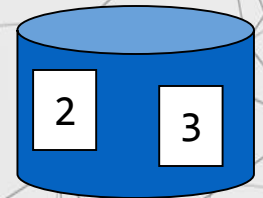
$[1, 2)$	1
$[2, 4)$	3
$[4, \emptyset)$	$\emptyset$



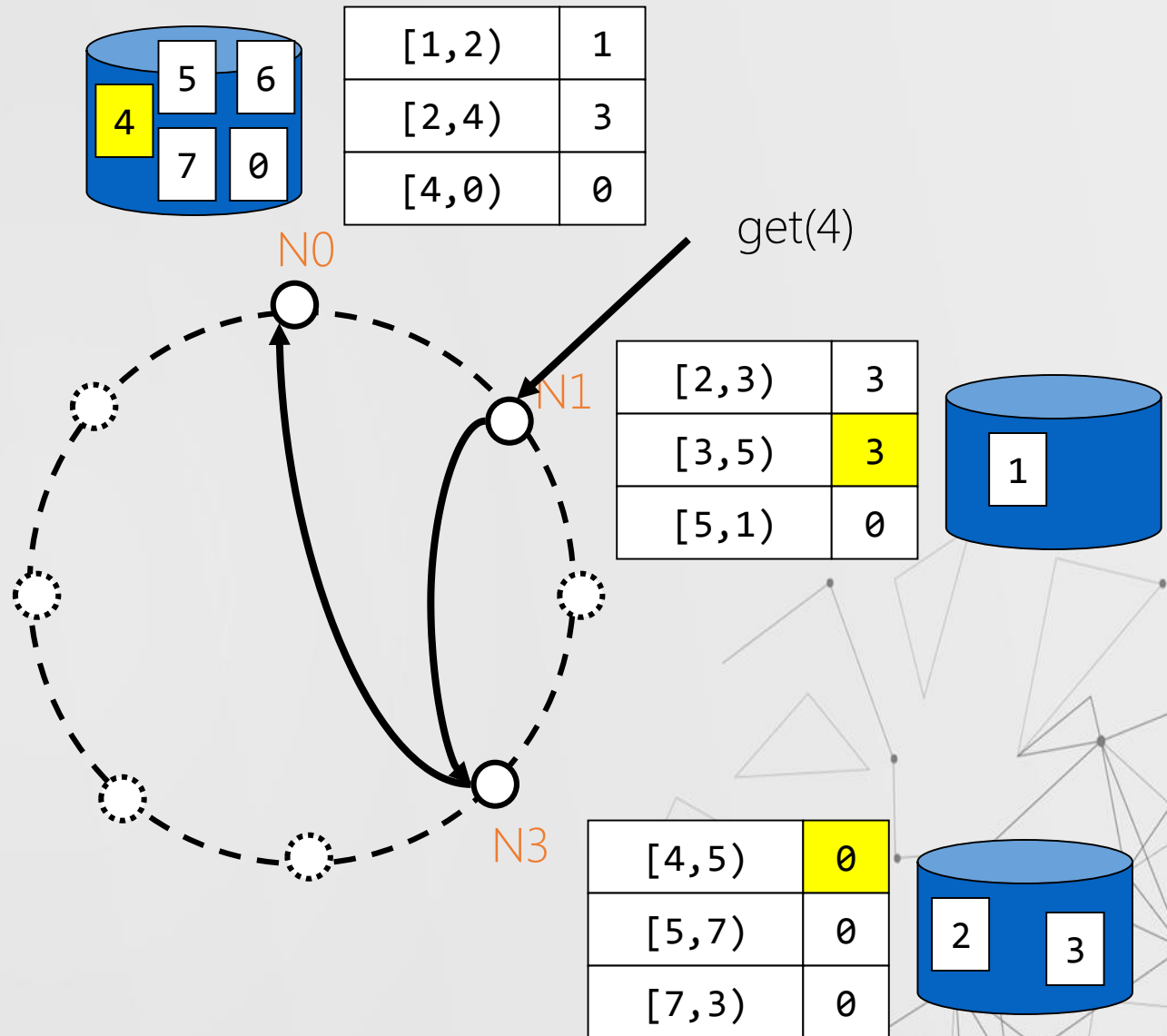
$[2, 3)$	3
$[3, 5)$	3
$[5, 1)$	$\emptyset$



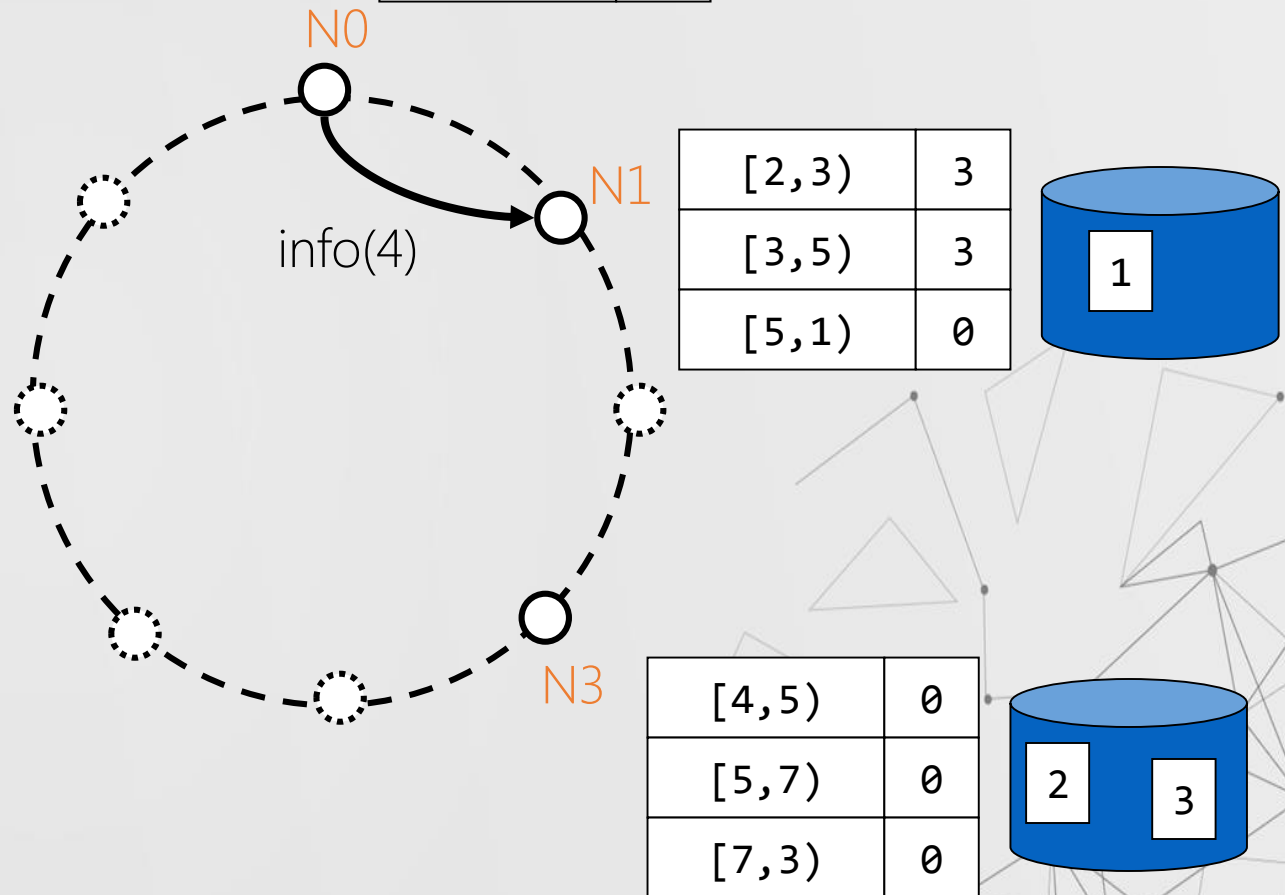
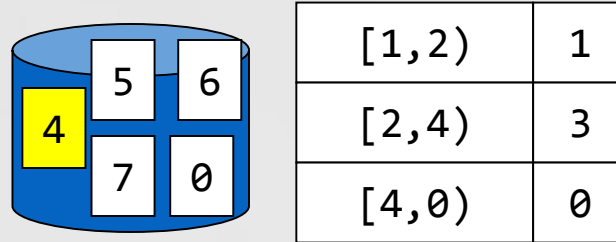
$[4, 5)$	$\emptyset$
$[5, 7)$	$\emptyset$
$[7, 3)$	$\emptyset$



Chord – δρομολόγηση

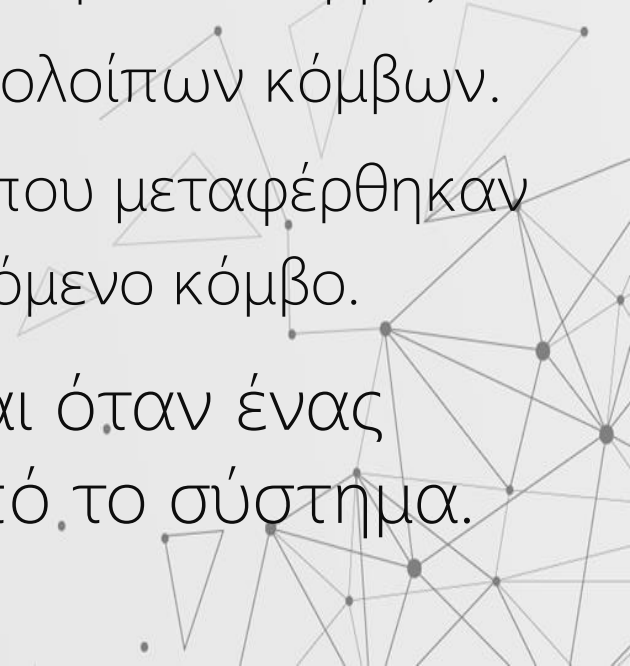


Chord – δρομολόγηση

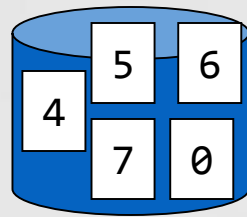


Προσθήκη νέου κόμβου

- Όταν προστίθεται ένας νέος κόμβος πρέπει να ανακατανεμηθούν οι εγγραφές του ευρετηρίου και να προσαρμοστούν οι πίνακες δρομολόγησης.
 1. Αρχικοποίηση του πίνακα finger στον νέο κόμβο.
 2. Αντιγραφή των καταχωρήσεων που αντιστοιχούν στον νέο κόμβο (μόνο από τον αμέσως «επόμενο» κόμβο).
 3. Ενημέρωση των finger tables των υπολοίπων κόμβων.
 4. Απομάκρυνση των καταχωρήσεων που μεταφέρθηκαν στον νέο κόμβο από τον αμέσως επόμενο κόμβο.
- Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται όταν ένας κόμβος επιθυμεί να αποχωρήσει από το σύστημα.

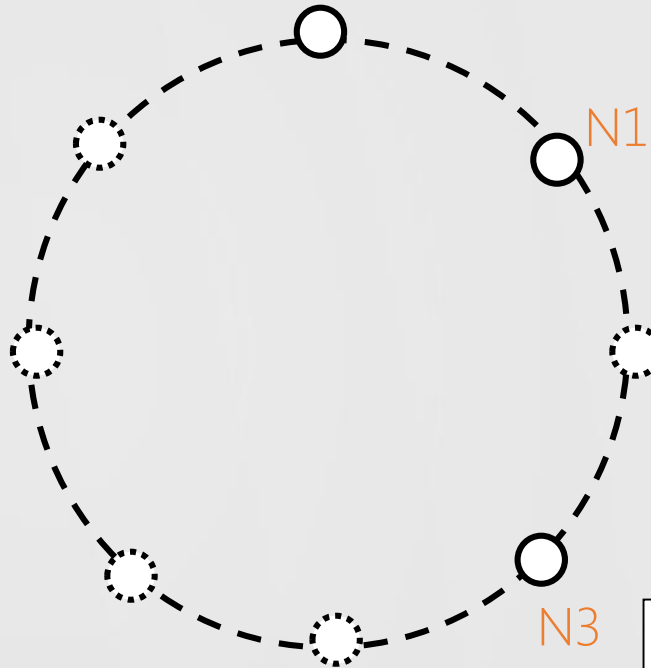


Προσθήκη νέου κόμβου

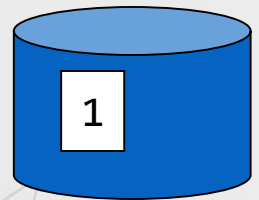


$[1, 2)$	1
$[2, 4)$	3
$[4, \emptyset)$	$\emptyset$

N0



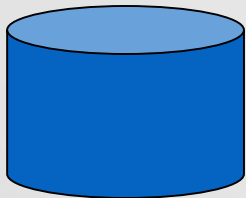
$[2, 3)$	3
$[3, 5)$	3
$[5, 1)$	$\emptyset$



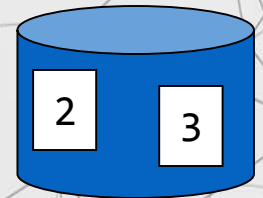
N6



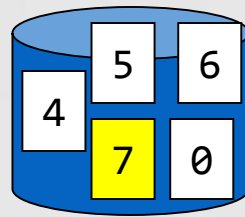
$[7, \emptyset)$	?
$[\emptyset, 2)$	?
$[2, 6)$	?



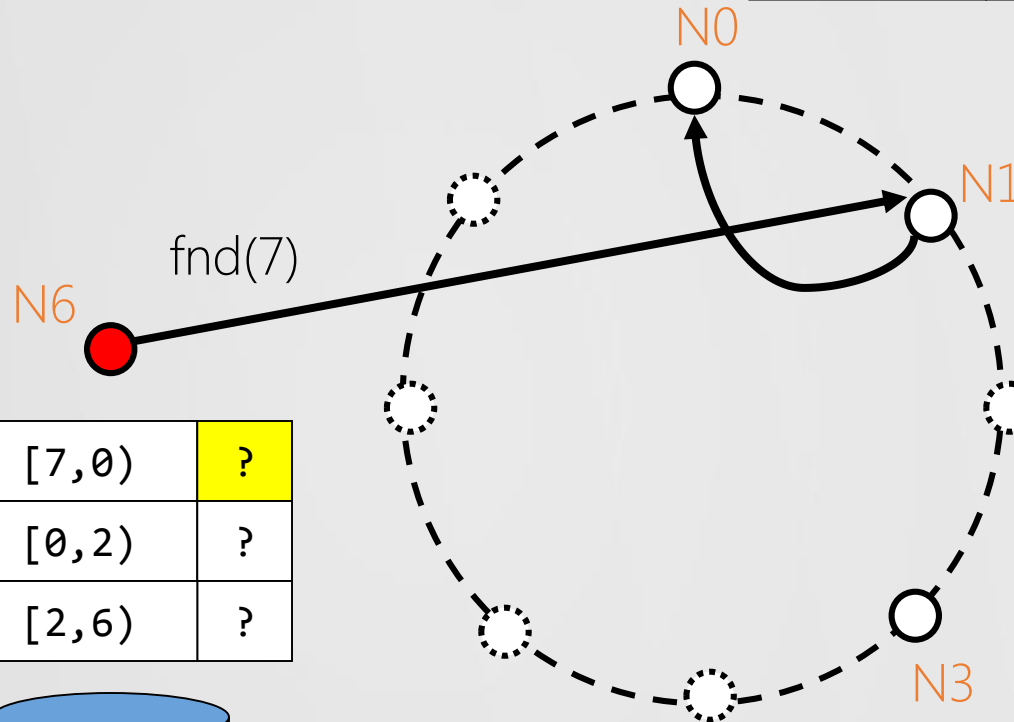
$[4, 5)$	$\emptyset$
$[5, 7)$	$\emptyset$
$[7, 3)$	$\emptyset$



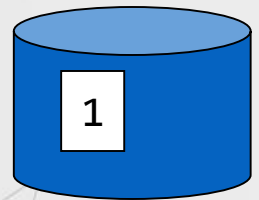
Προσθήκη νέου κόμβου



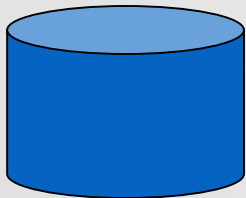
$[1, 2)$	1
$[2, 4)$	3
$[4, 0)$	0



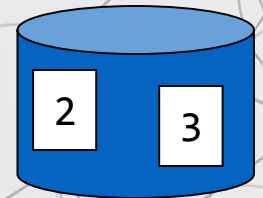
$[2, 3)$	3
$[3, 5)$	3
$[5, 1)$	0



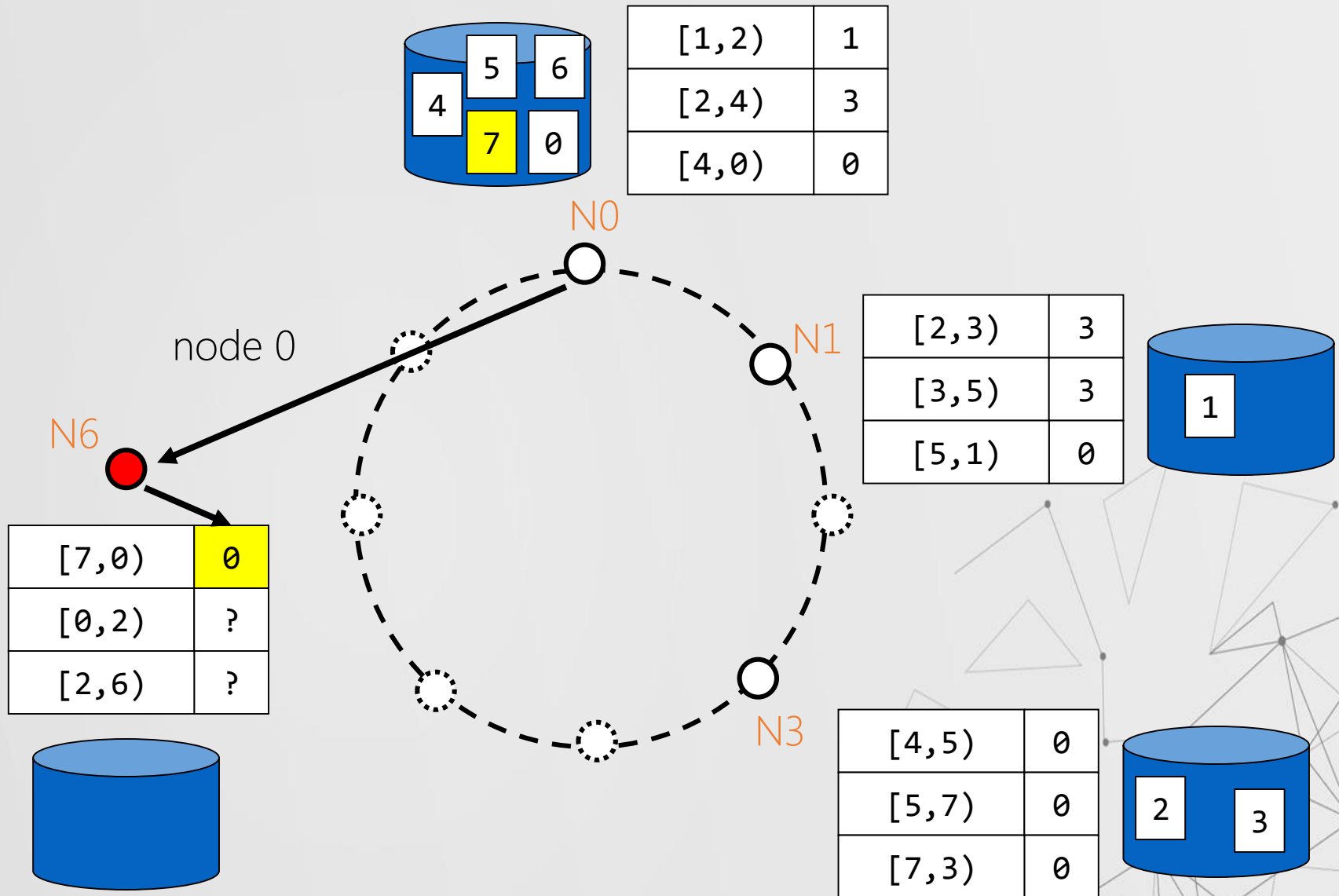
$[7, 0)$	?
$[0, 2)$	?
$[2, 6)$	?



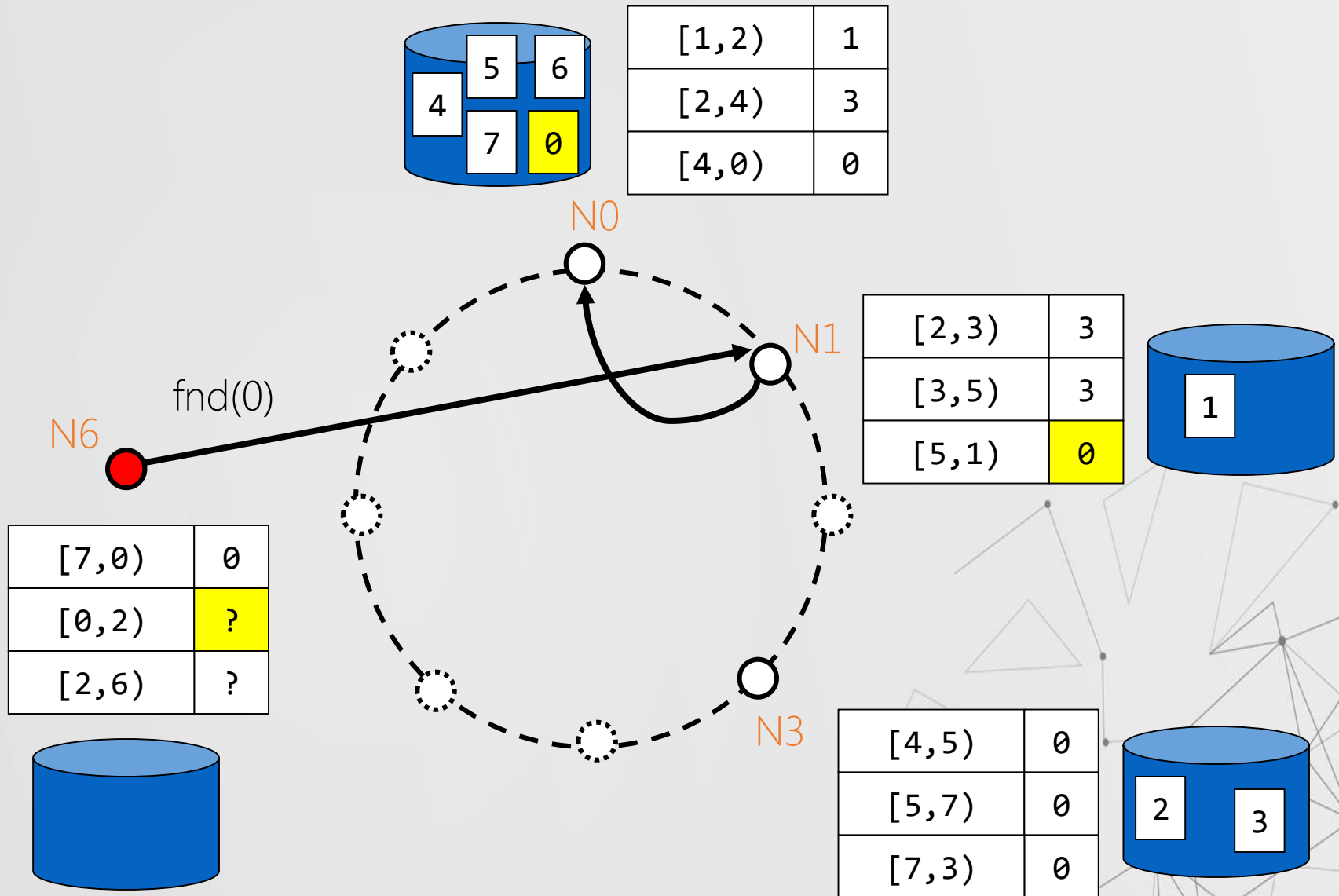
$[4, 5)$	0
$[5, 7)$	0
$[7, 3)$	0



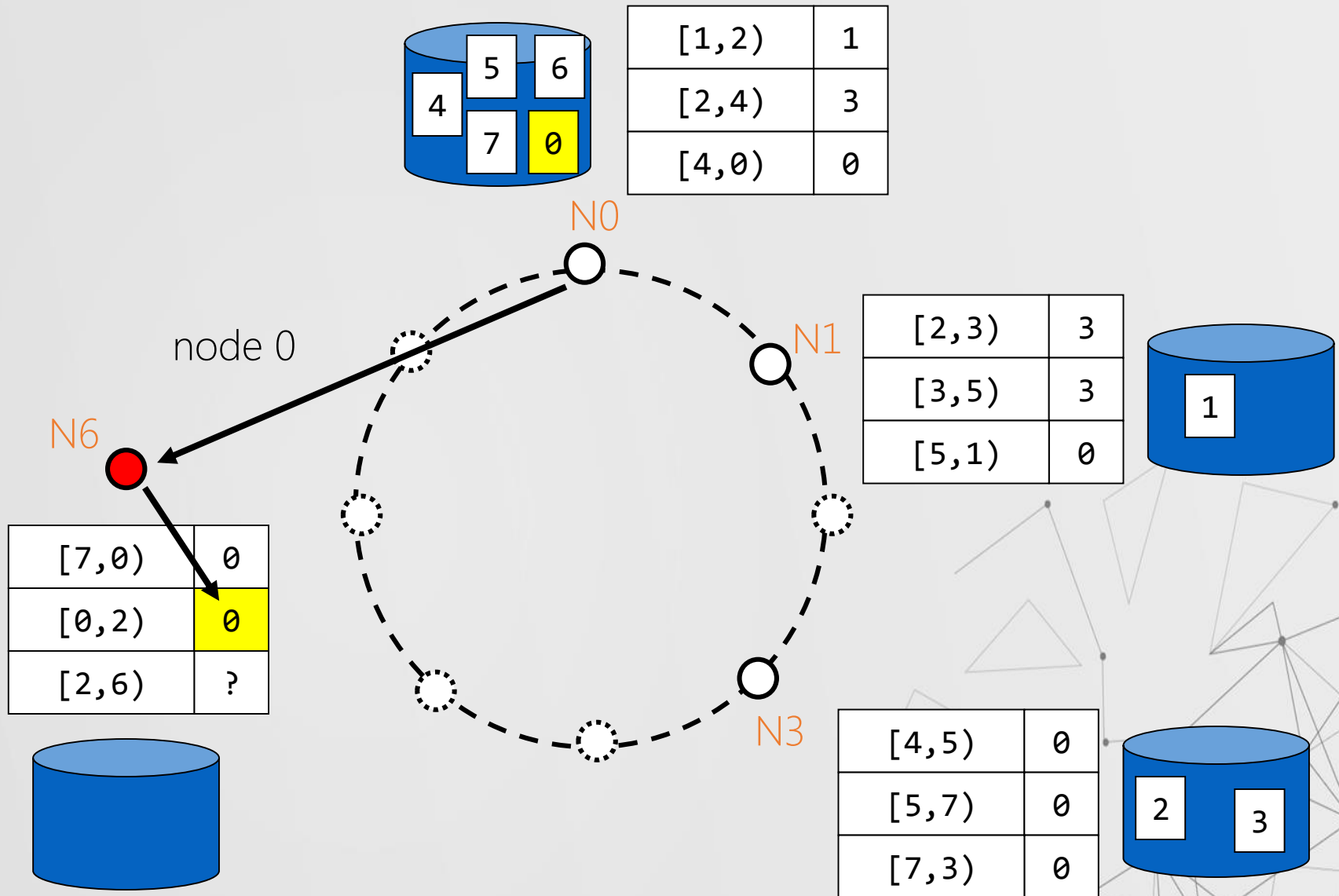
Προσθήκη νέου κόμβου



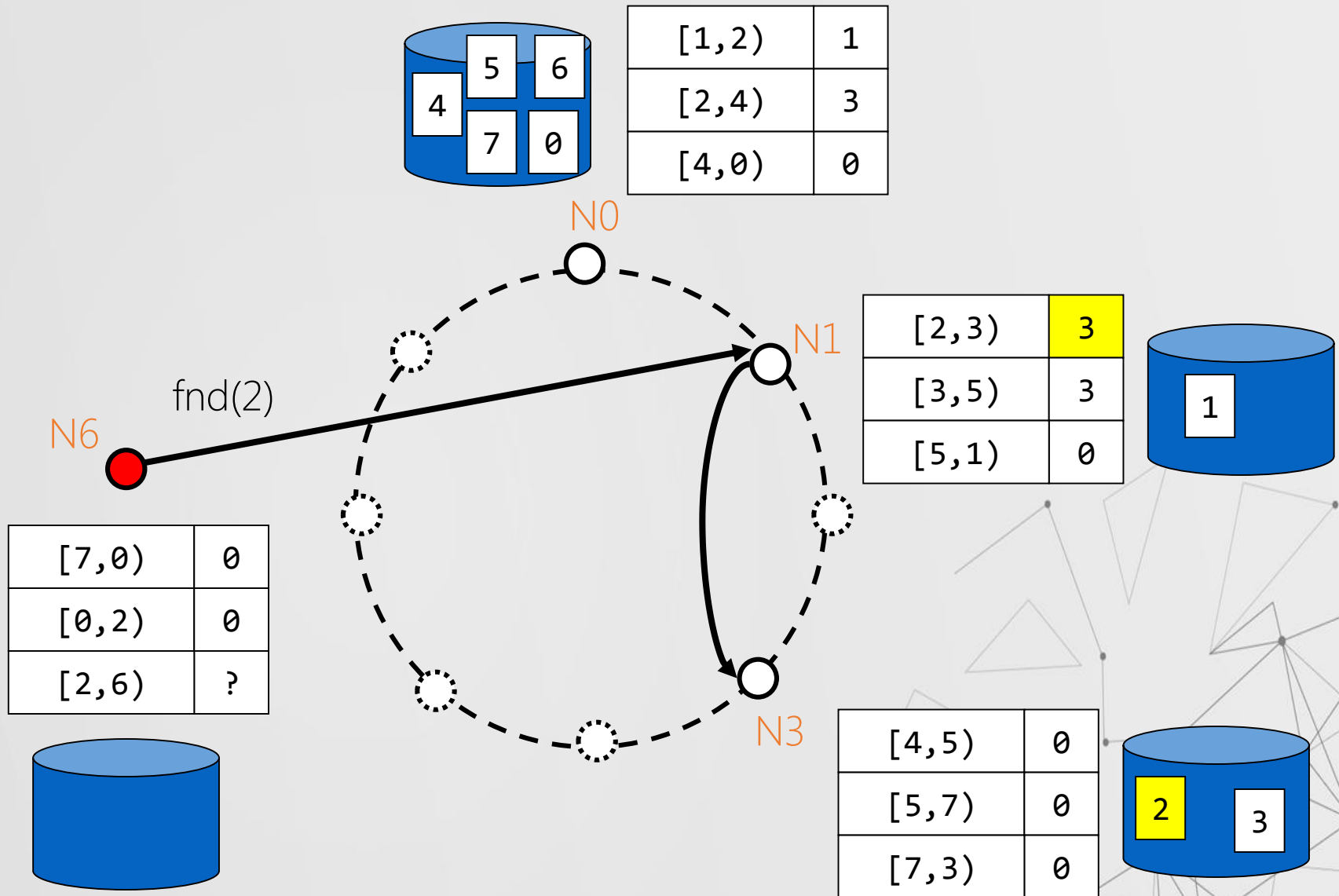
Προσθήκη νέου κόμβου



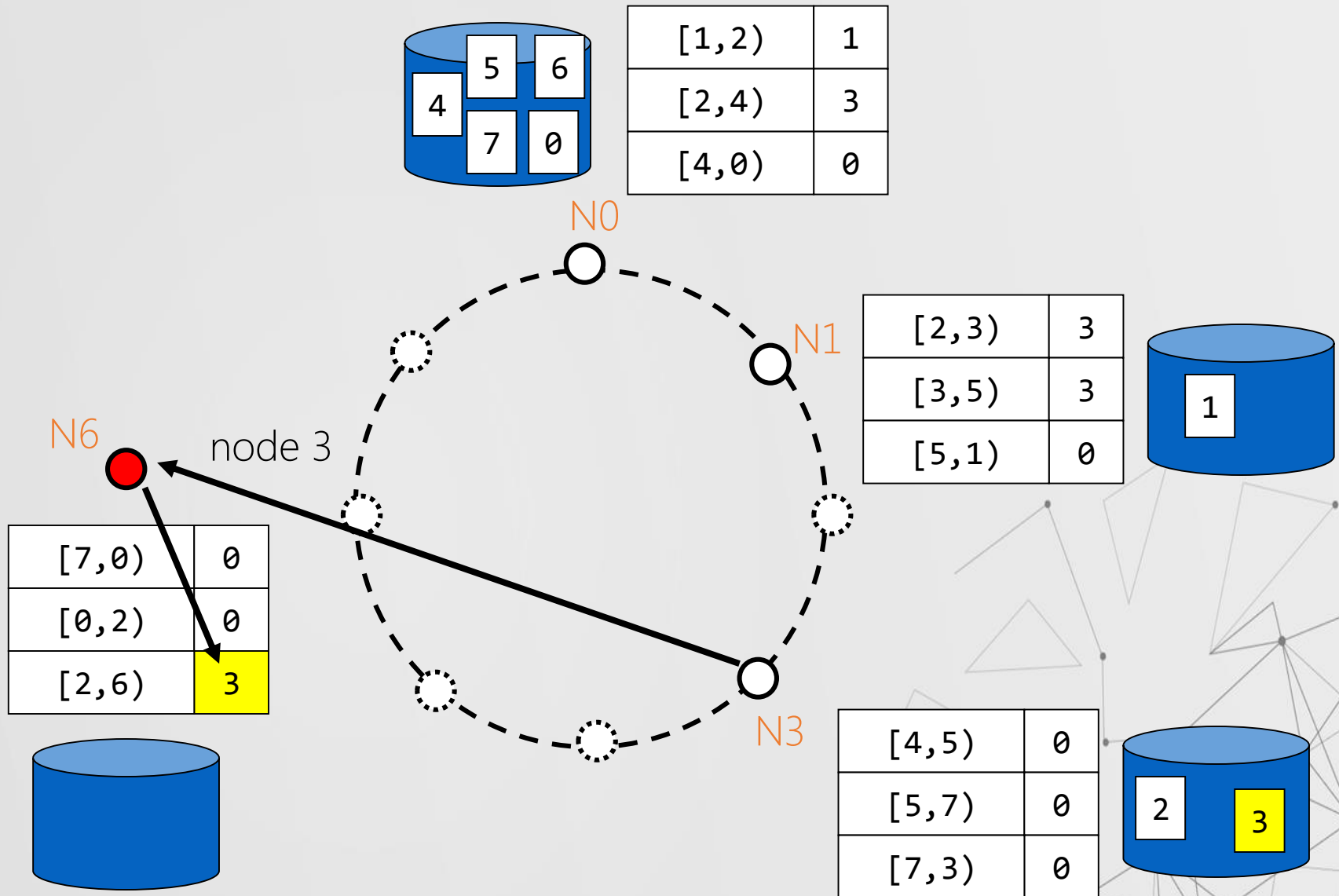
Προσθήκη νέου κόμβου



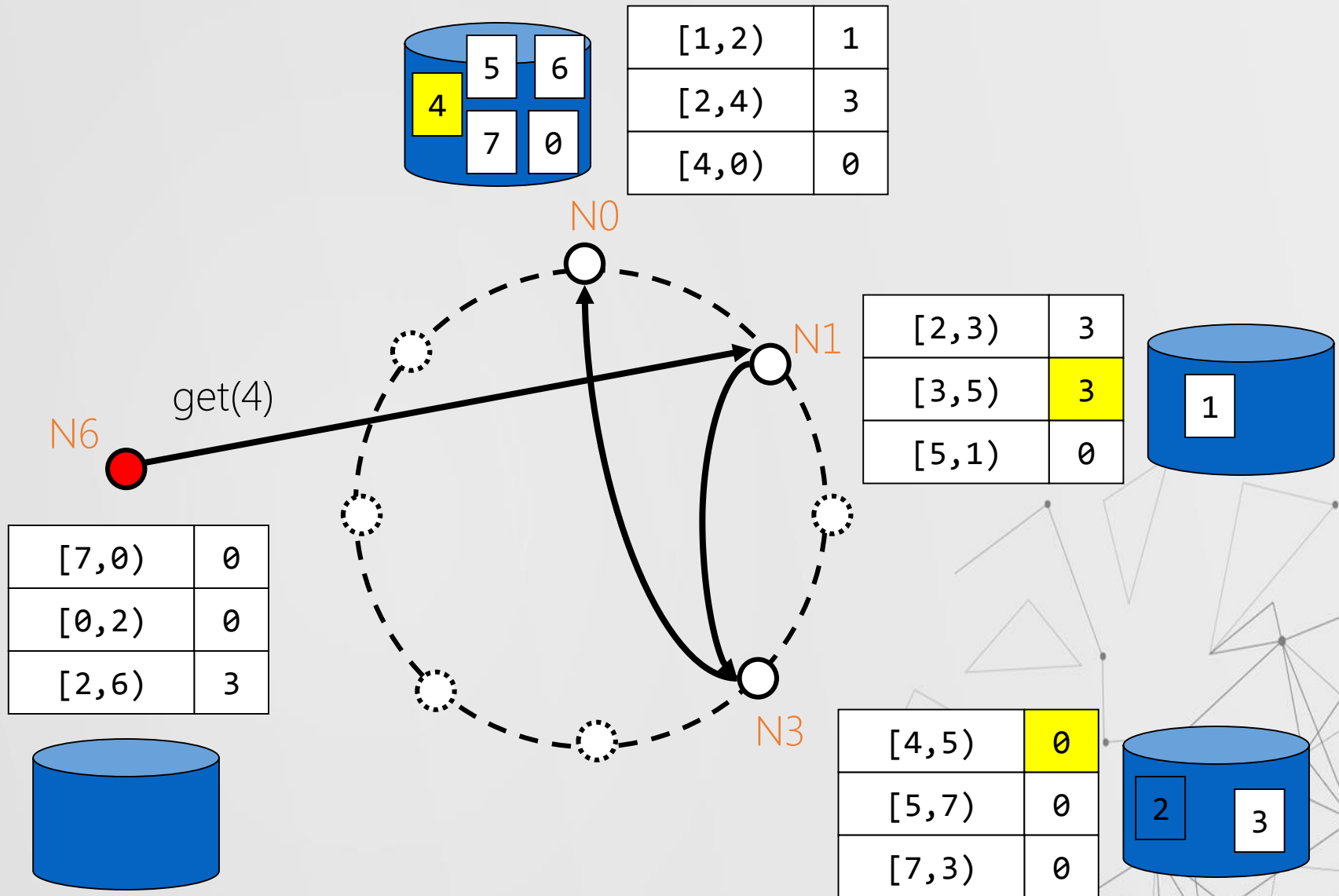
Προσθήκη νέου κόμβου



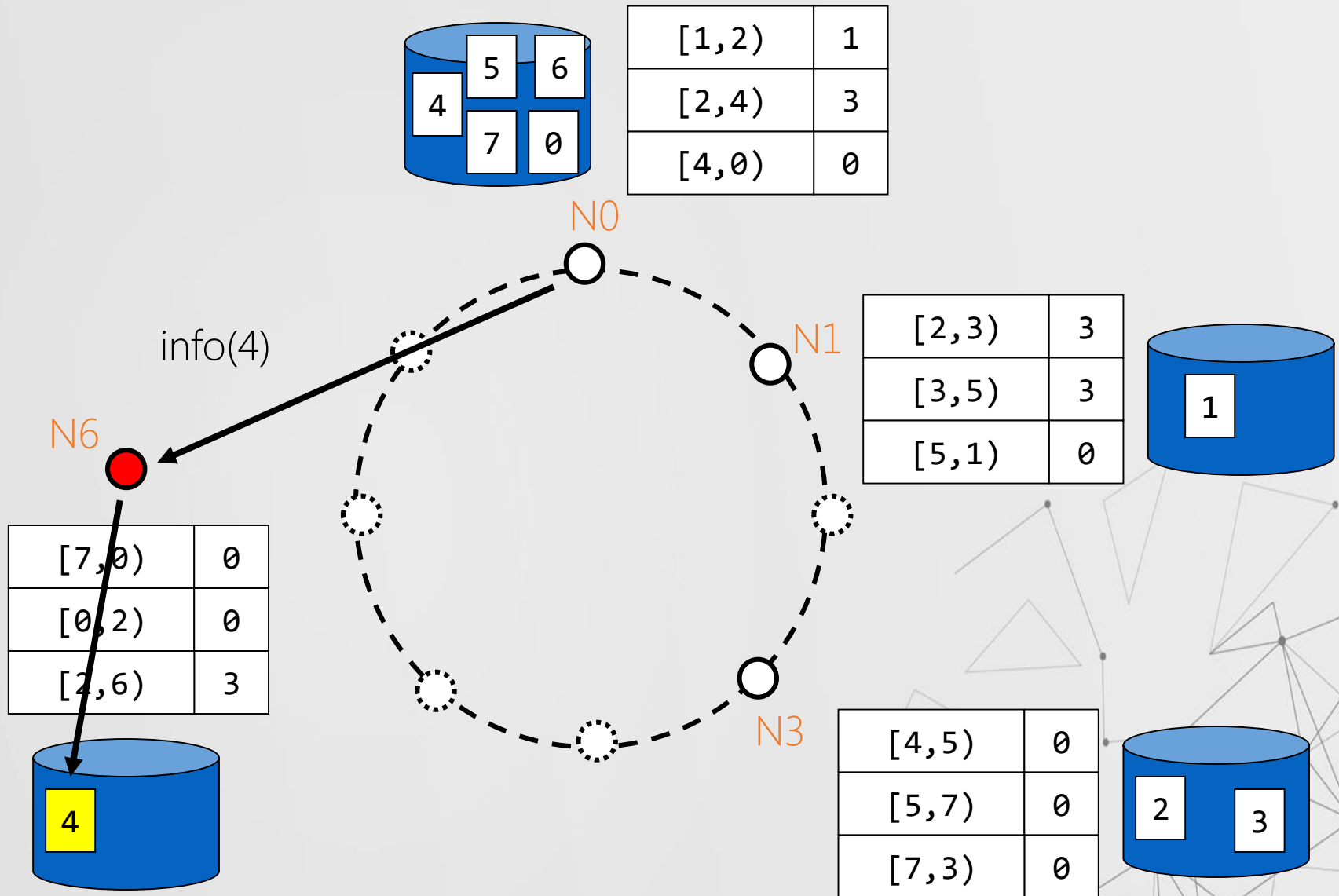
Προσθήκη νέου κόμβου



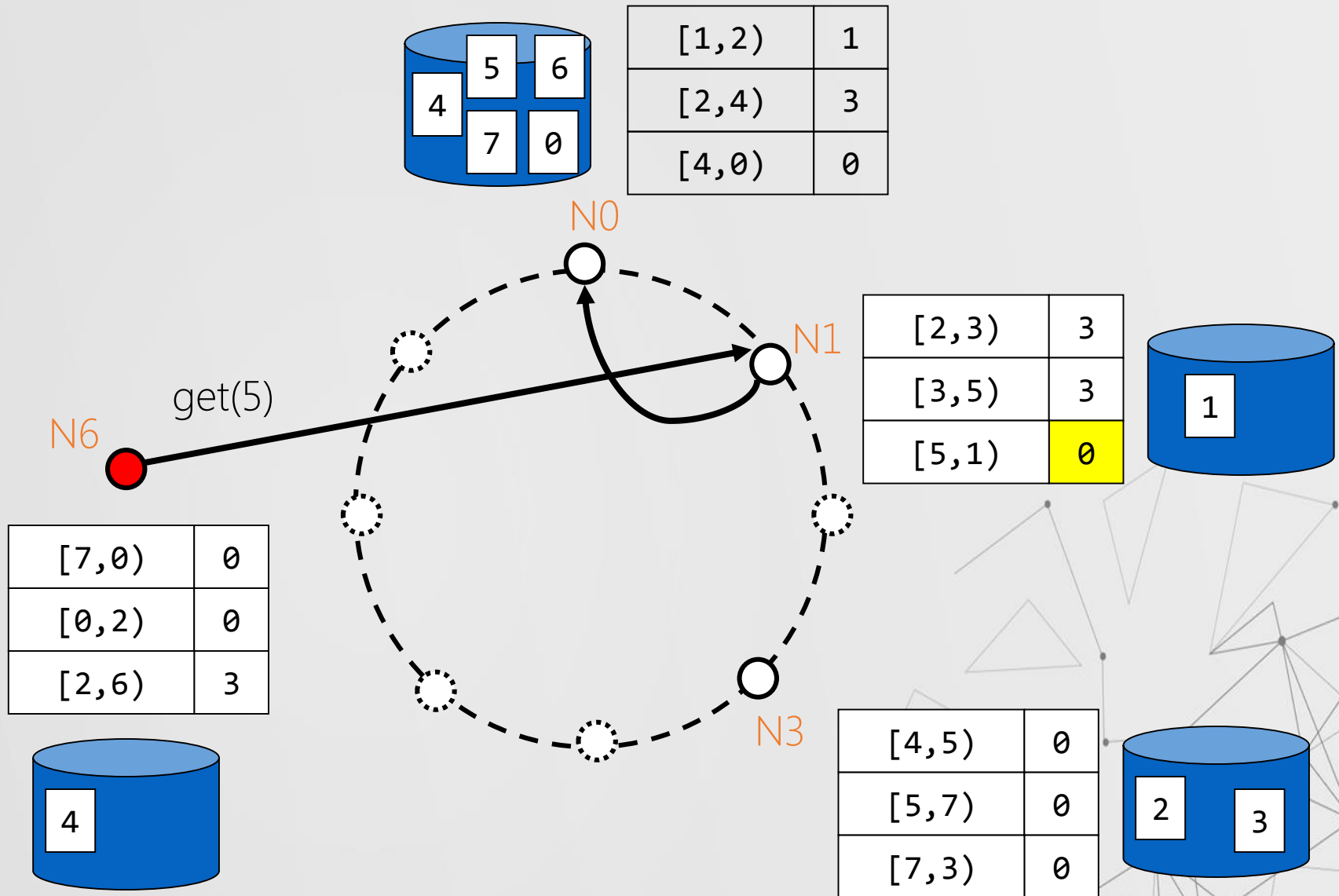
Προσθήκη νέου κόμβου



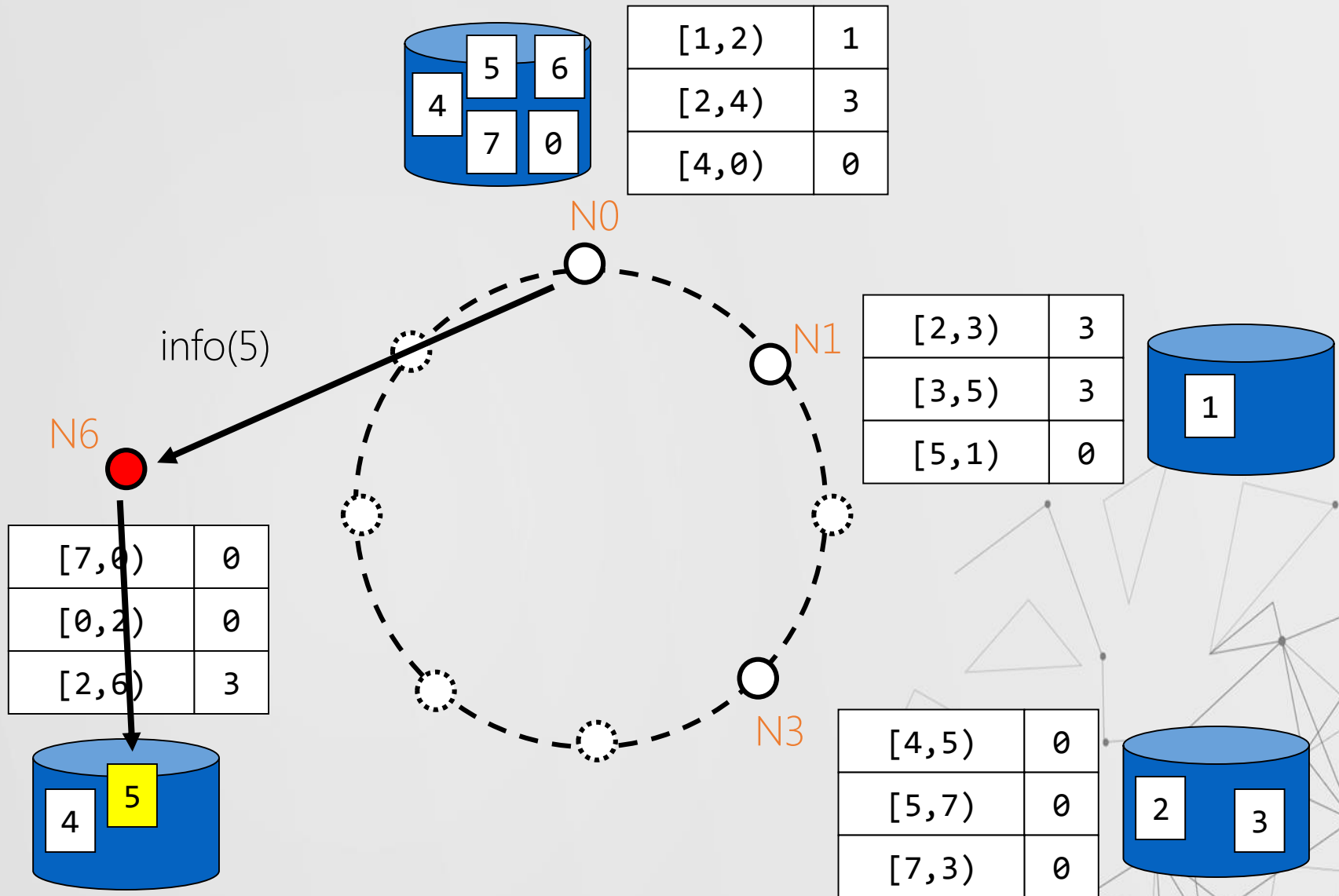
Προσθήκη νέου κόμβου



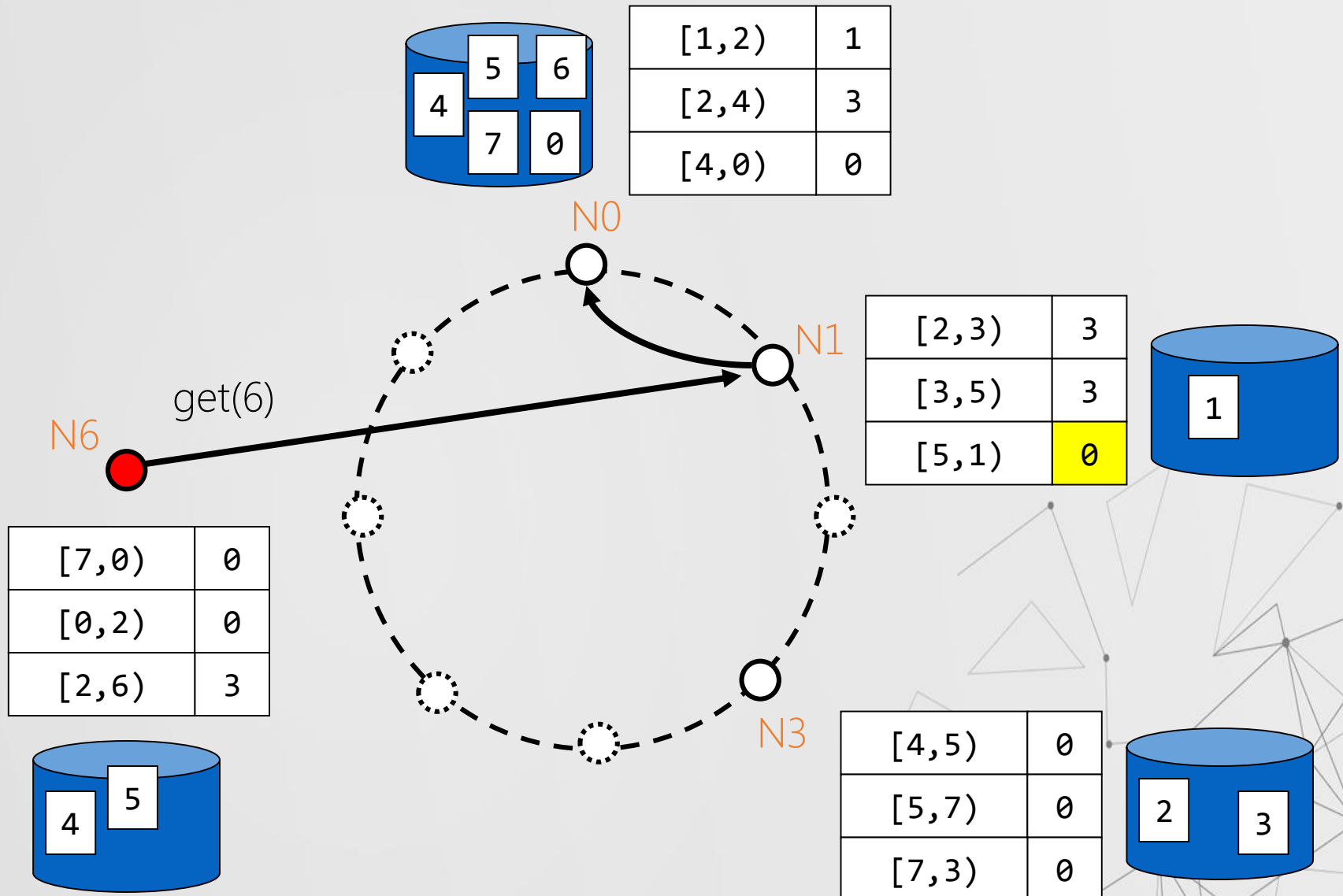
Προσθήκη νέου κόμβου



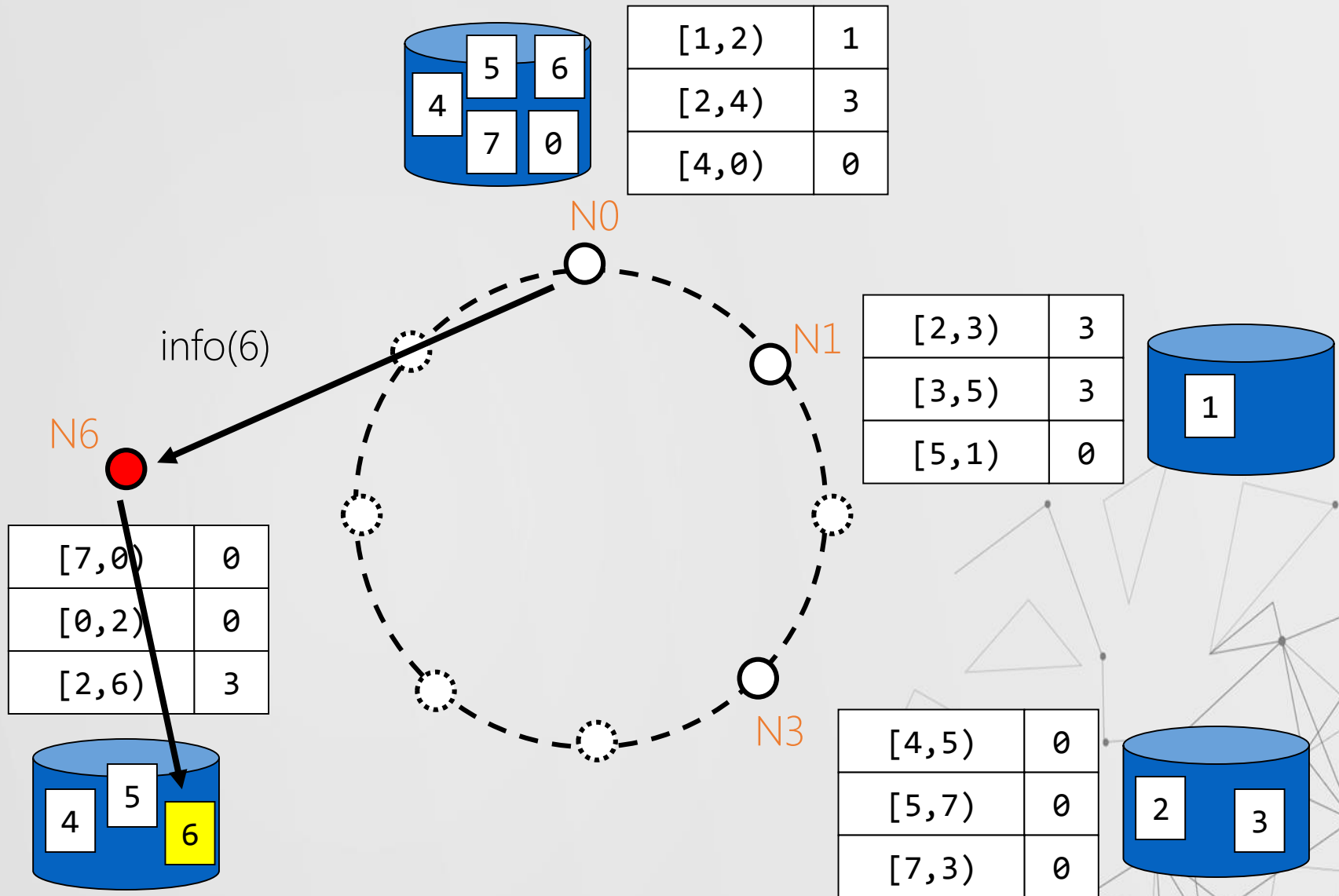
Προσθήκη νέου κόμβου



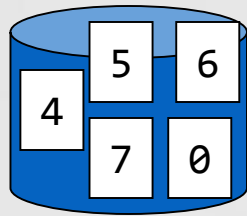
Προσθήκη νέου κόμβου



Προσθήκη νέου κόμβου

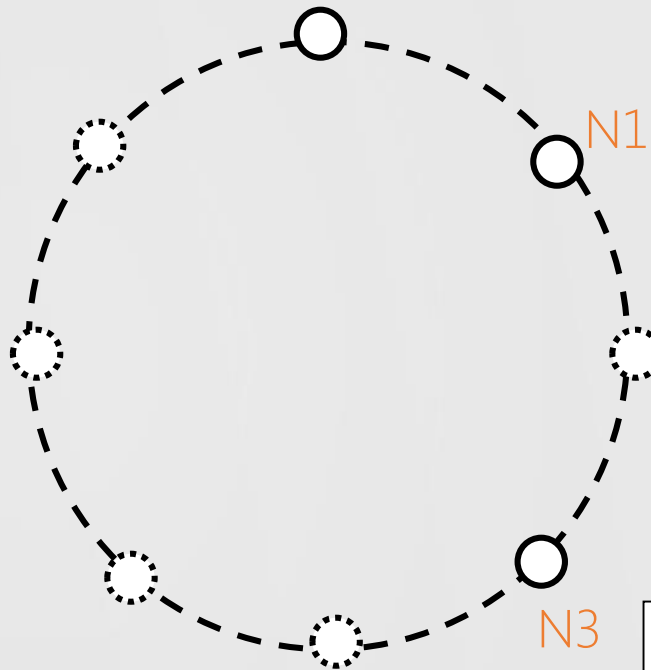


Προσθήκη νέου κόμβου



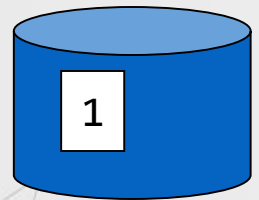
$[1, 2)$	1
$[2, 4)$	3
$[4, \emptyset)$	$\emptyset$

N0



N1

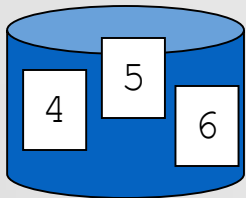
$[2, 3)$	3
$[3, 5)$	3
$[5, 1)$	$\emptyset$



N6

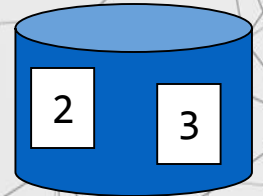


$[7, \emptyset)$	$\emptyset$
$[\emptyset, 2)$	$\emptyset$
$[2, 6)$	3

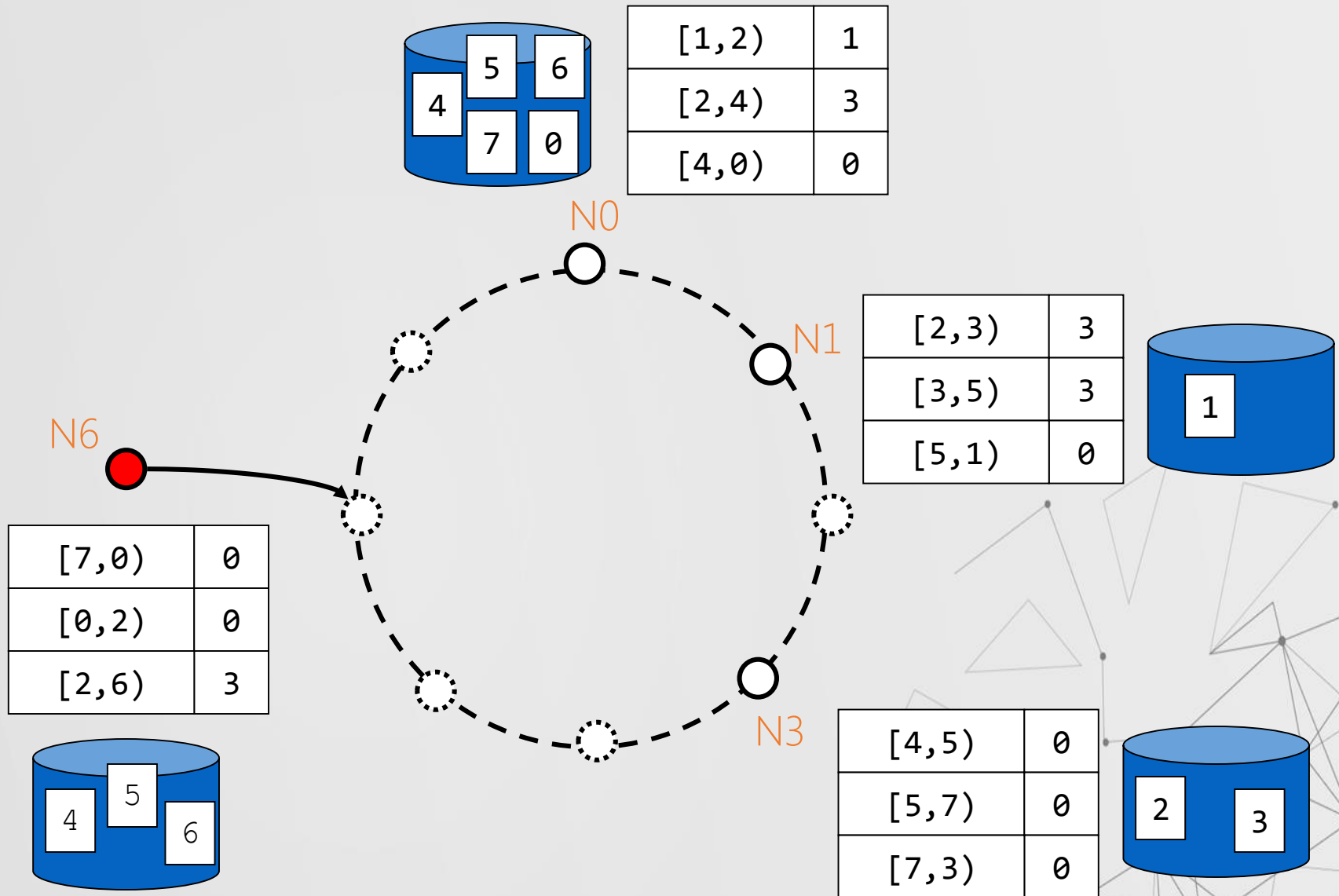


N3

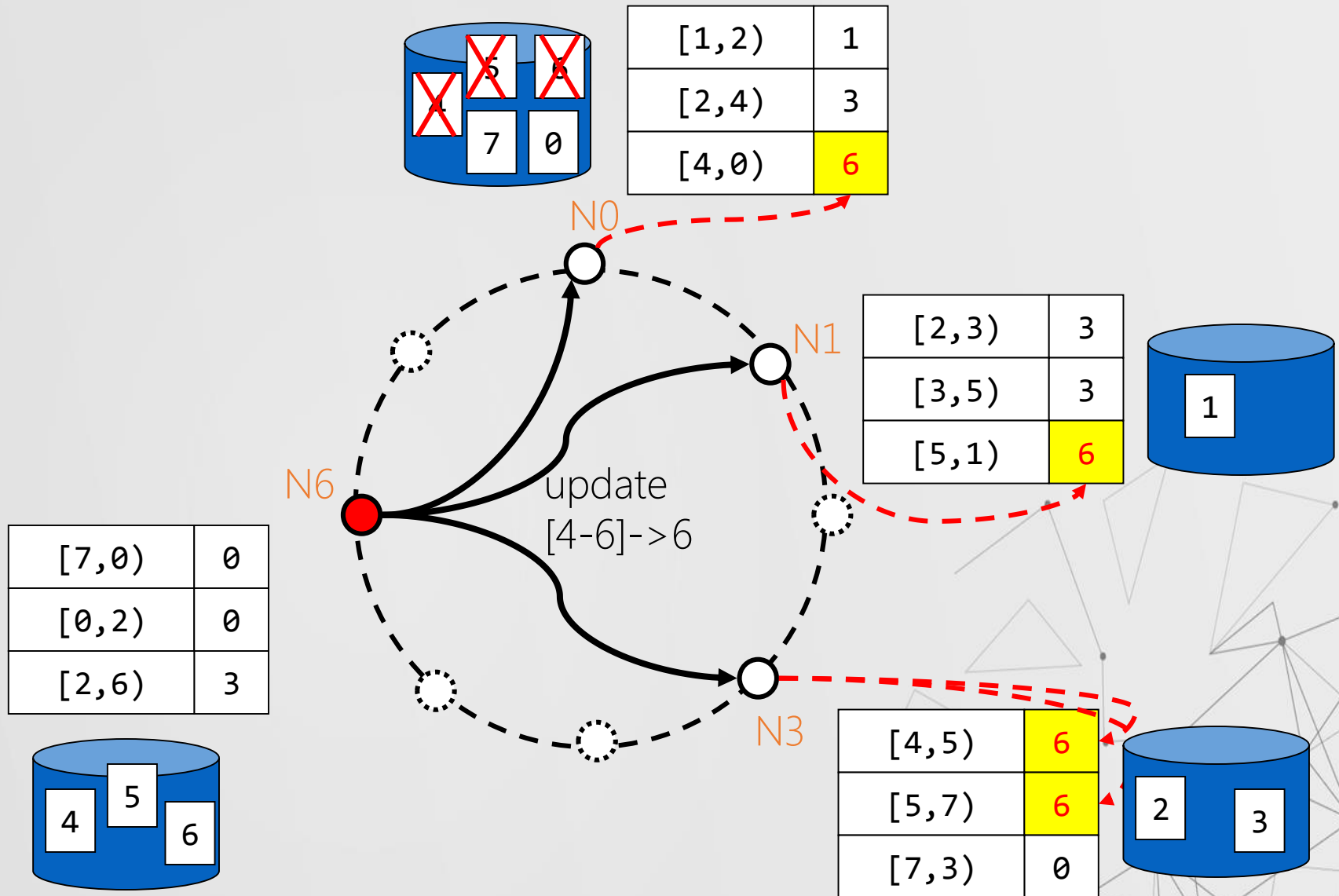
$[4, 5)$	$\emptyset$
$[5, 7)$	$\emptyset$
$[7, 3)$	$\emptyset$



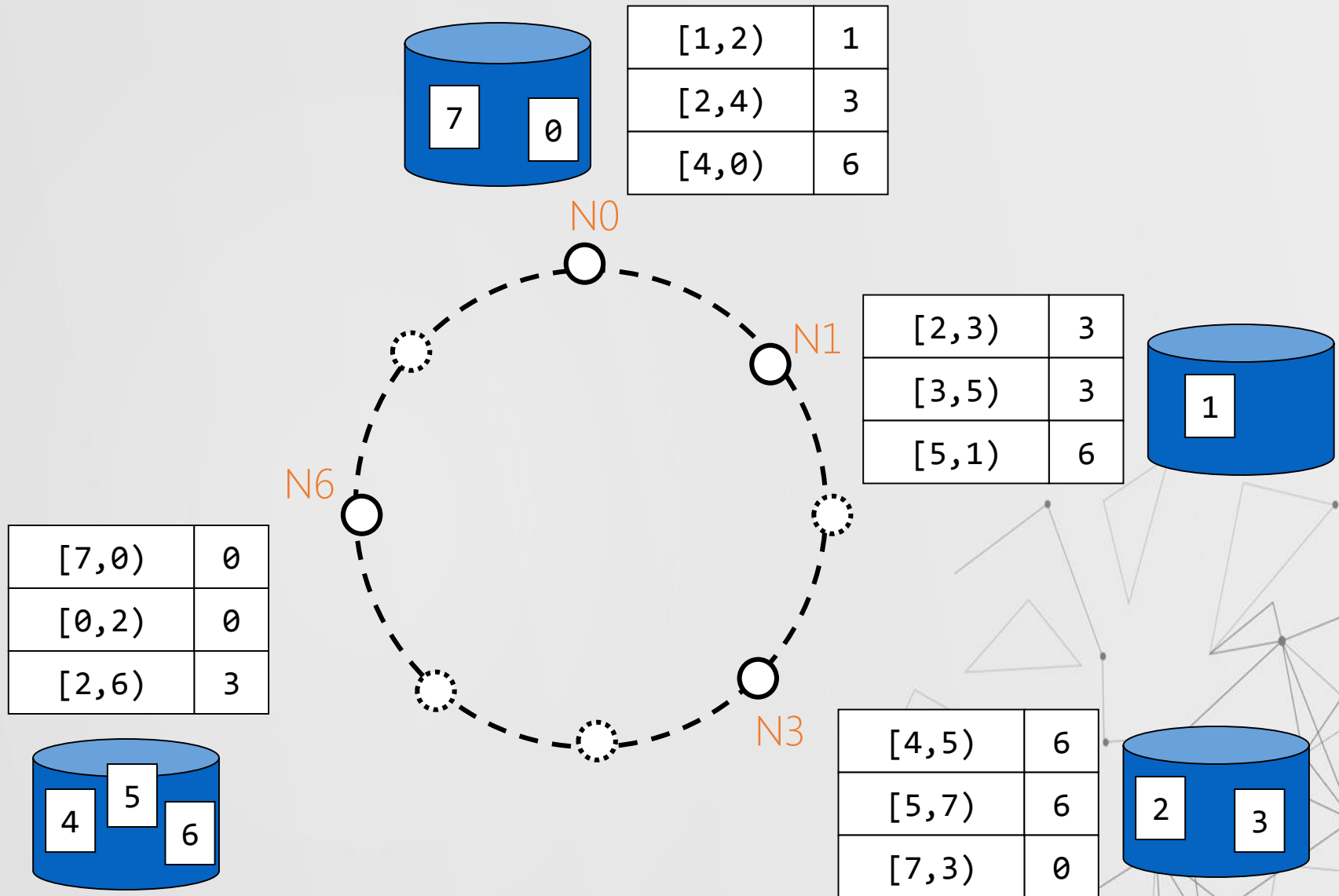
Προσθήκη νέου κόμβου



Προσθήκη νέου κόμβου



Προσθήκη νέου κόμβου



Παρατηρήσεις

- Τα περισσότερα πρωτόκολλα υποθέτουν μια αυστηρά σειριακή προσθήκη / αποχώρηση των κόμβων.
 - Πιθανά προβλήματα:
 - Όταν πολλοί κόμβοι επιχειρήσουν να συνδεθούν με το σύστημα ταυτόχρονα.
 - Αν ένας κόμβος παρουσιάσει βλάβη ή αποχωρήσει χωρίς να ενημερώσει τους υπόλοιπους.
 - Το κόστος προσθήκης/αποχώρησης, με αντίστοιχη αναδιάταξη της δομής/ευρετηρίου, δεν είναι αμελητέο.
 - Απαιτείται η υλοποίηση πρωτοκόλλων που να καλύπτουν τις ανάγκες για δυναμικά συστήματα.
- 