

# Κινητός και Διάχυτος Υπολογισμός (Mobile & Pervasive Computing)

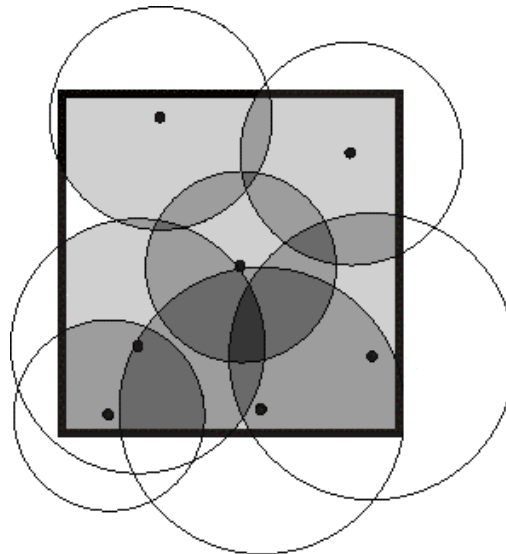
Δημήτριος Κατσαρός

Διάλεξη 20η

# Το πρόβλημα κάλυψης σε 2D ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

# Προβλήματα κάλυψης

- Σε γενικές γραμμές
  - Προσδιορισμός πόσο καλά το πεδίο των αισθητήρων παρατηρείται ή ελέγχεται από τους αισθητήρες
  - Οι αισθητήρες μπορεί να είναι τοποθετημένοι σε τυχαίες θέσεις

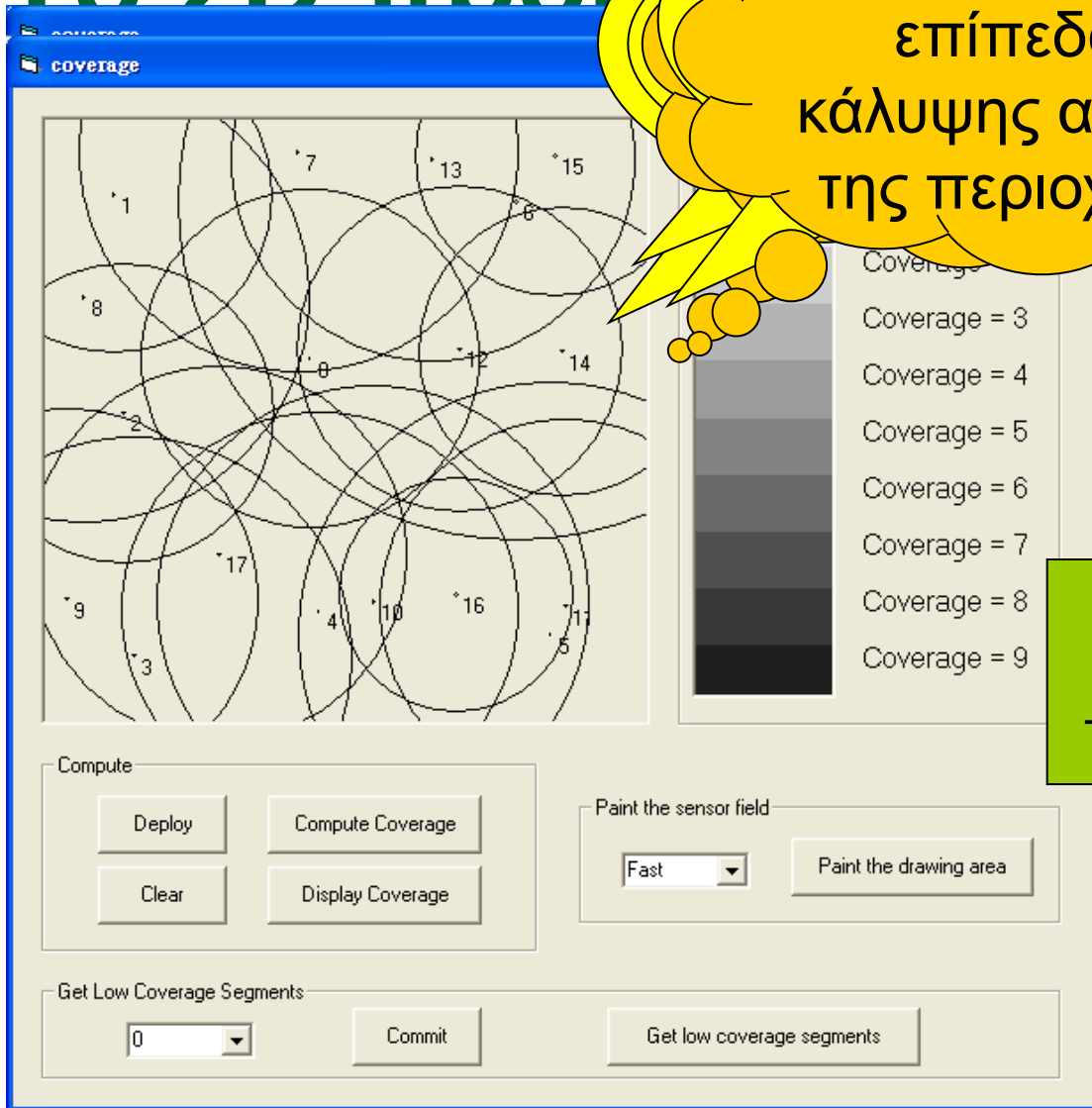


# Προβλήματα κάλυψης

- Τυποποιούμε το πρόβλημα ως εξής:
  - Προσδιορισμός κατά πόσον κάθε σημείο της περιοχής κάλυψης από το δίκτυο αισθητήρων καλύπτεται από τουλάχιστον  $\alpha$  αισθητήρες
  - Γιατί  $\alpha$  αισθητήρες;
    - Localization, positioning, και εφαρμογές παρακολούθησης
    - Ανοχή σε σφάλματα (ελαττωματικοί αισθητήρες)

# Το 2D πρόβλημα

Ποιο είναι το επίπεδο κάλυψης αυτής της περιοχής;



1-covered

σημαίνει ότι

2-covered  
σημαίνει ότι  
κάθε σημείο

Coverage level =  $\alpha$   
σημαίνει ότι αυτή η  
περιοχή είναι  $\alpha$ -covered

2 sensors

# Εμβέλεια αίσθησης και επικοινωνίας

Radio transmission range of Berkeley Motes

Product	Transmission Range
MPR300*	30m
MPR400CB	150m
MPR410CB	300m
MPR420CB	300m
MPR500CA	150m
MPR510CA	300m
MPR520CA	300m

Table 2: Sensing range of several typical sensors

Product	Sensing Range	Functions
HMC1002 Magnetometer sensor [8]	5m	Detecting disturbance from Automobiles
Reflective type photoelectric sensor [2]	1m	Detecting targets of virtually any material
Thru-beam type photoelectric sensor [2]	10m	Detecting targets of virtually any material
Pyroelectric infrared sensor (RE814S) [18]	30m	Detecting moving objects
Acoustic sensor Berkeley Motes * [8]	~ 1m	Detecting acoustic on sound sources

\* This result is based on our own measurement on Berkeley motes [8].

<sup>1</sup>Honghai Zhang and Jennifer C. Hou, “On deriving the upper bound of  $\alpha$ -lifetime for large sensor networks”, Proc. *ACM Mobihoc 2004*

# Υποθέσεις

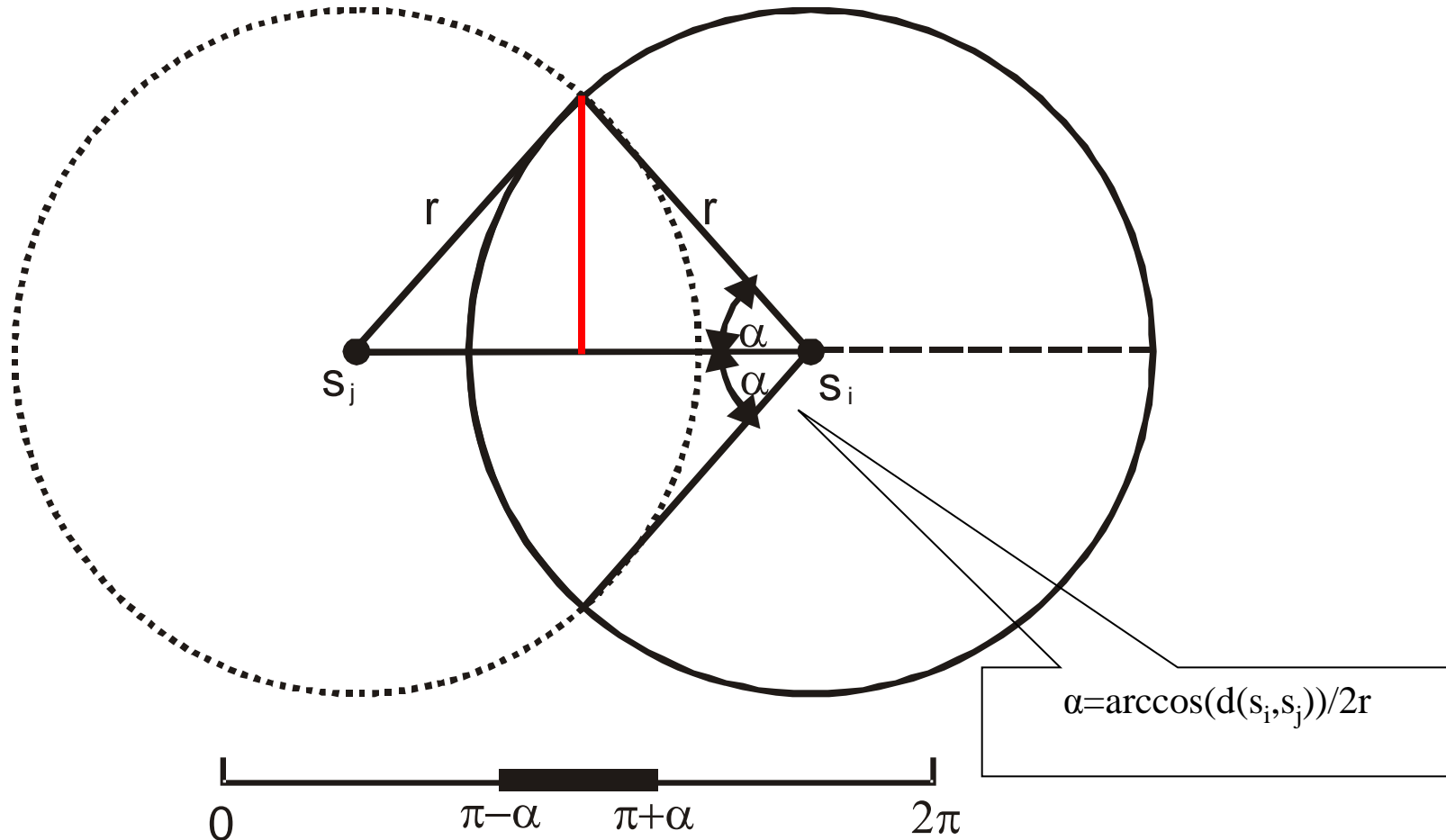
- Κάθε αισθητήρας γνωρίζει την γεωγραφική του θέση και την εμβέλεια αίσθησής του
- Κάθε αισθητήρας μπορεί να επικοινωνήσει με τους γείτονές του
- Δυσκολίες:
  - $O(n^2)$  περιοχές που ‘παράγουν’ οι  $n$  τεμνόμενοι κύκλοι
  - Πώς θα προσδιορίσουμε τα όρια αυτών των περιοχών;

# Η λύση

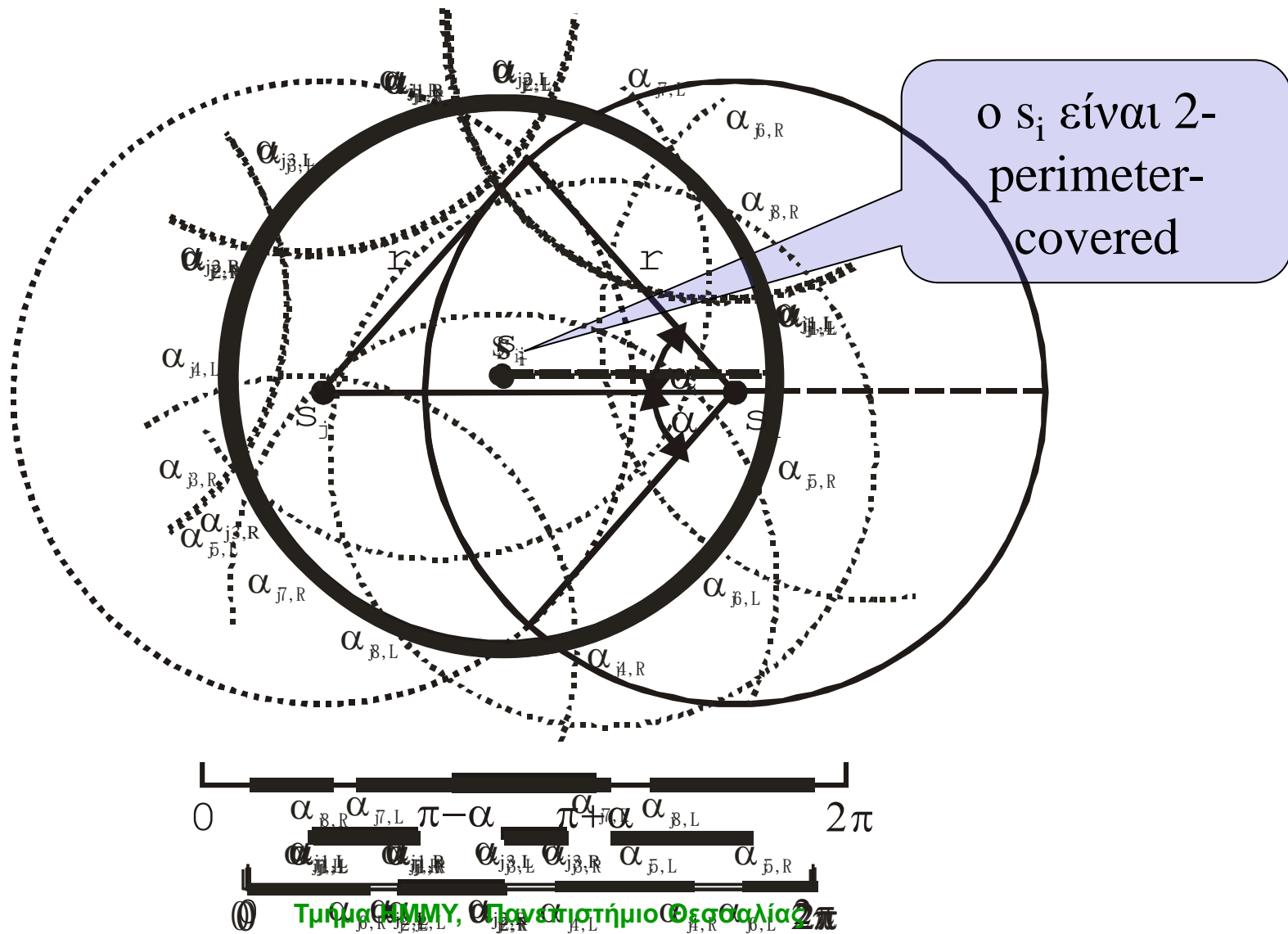
- Κοιτάζουμε πώς καλύπτεται η **περίμετρος** της εμβέλειας αίσθησης κάθε αισθητήρα
  - Το πώς καλύπτεται μια περίμετρος υπονοεί το πώς καλύπτεται η περιοχή
  - ... λόγω της συνέχειας της κάλυψης μιας περιοχής
- Συλλέγοντας τις **καλύψεις περιμέτρου** κάθε αισθητήρα, μπορεί να προσδιοριστεί το επίπεδο **κάλυψης μιας περιοχής**
  - Κατανεμημένος αλγόριθμος



# Πώς υπολογίζουμε την κάλυψη περιμέτρου ενός αισθητήρα;

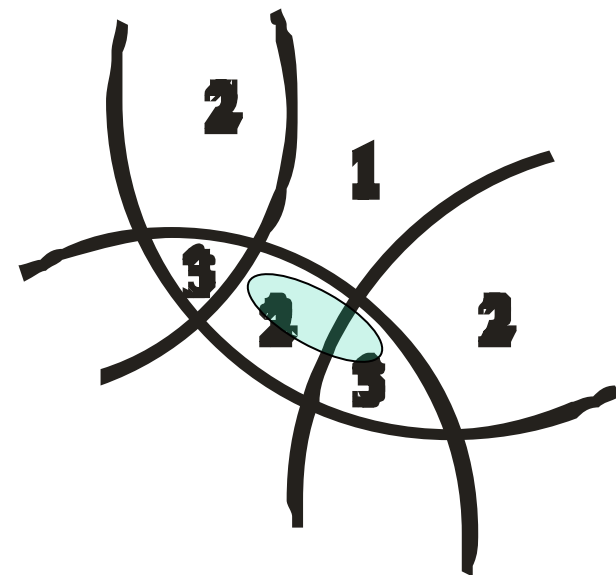
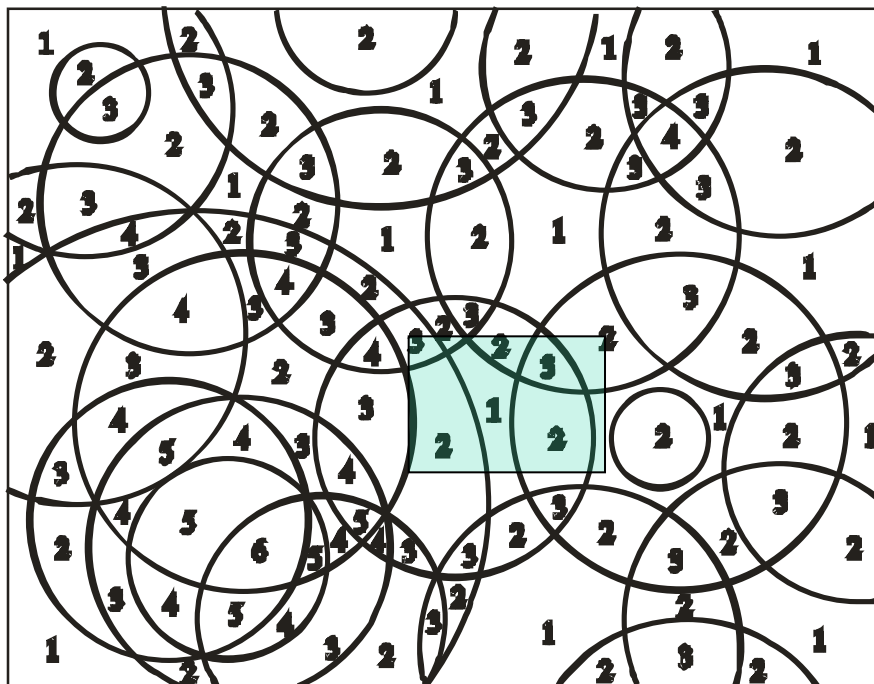


# Πώς υπολογίζουμε την κάλυψη περιμέτρου ενός αισθητήρα;



# Σχέση μεταξύ της $k$ -covered και της $k$ -perimeter-covered

- ΘΕΩΡΗΜΑ. Υποθέτουμε ότι κανένας αισθητήρας δεν βρίσκεται στην ίδια θέση με κάποιον άλλο. Ολόκληρη η περιοχή του δικτύου είναι  **$k$ -covered**, εάν και μόνο εάν κάθε αισθητήρας του δικτύου είναι  **$k$ -perimeter-covered**

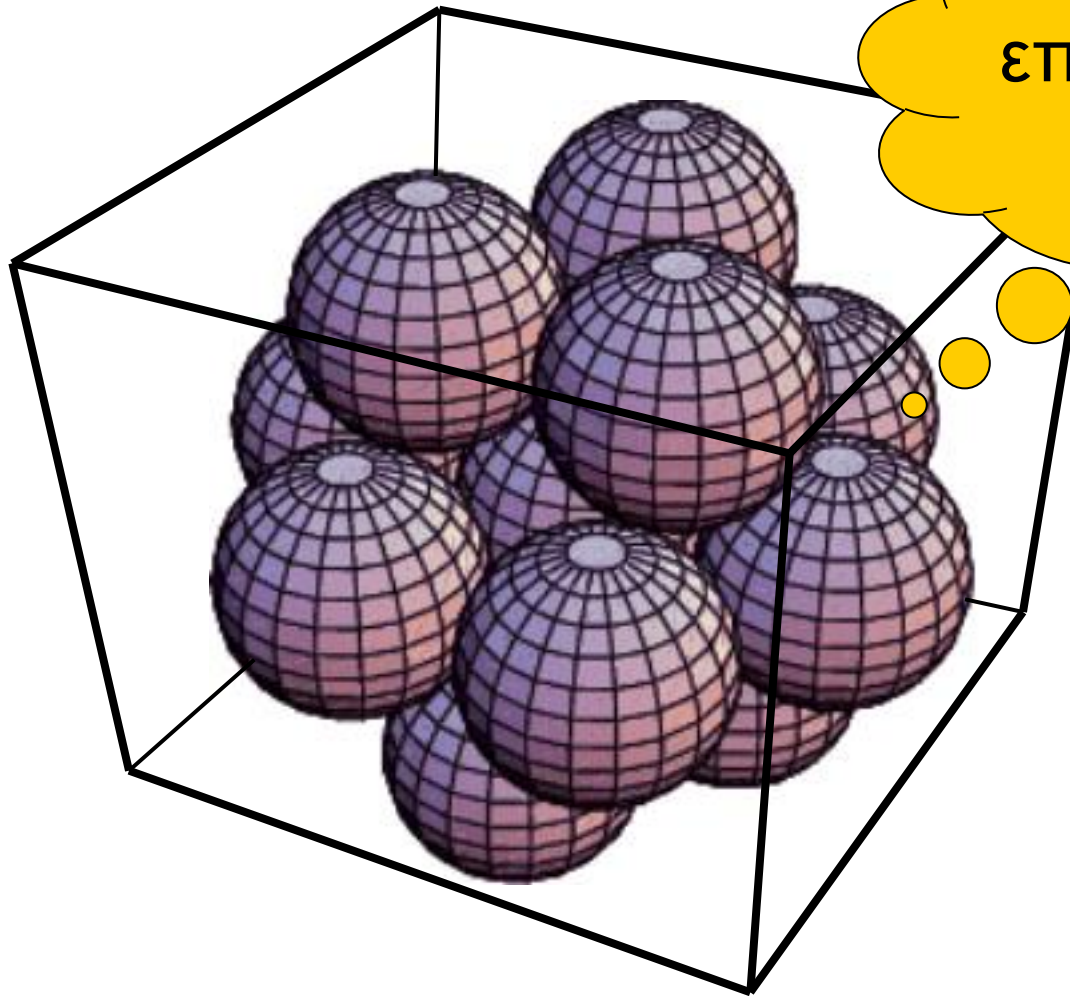


# Λεπτομερής αλγόριθμος

- Κάθε αισθητήρας, ανεξάρτητα, υπολογίζει την κάλυψη της δικής του περιμέτρου
  - $k = \min\{\text{κάλυψη περιμέτρου κάθε αισθητήρα}\}$
- Πολυπλοκότητα χρόνου:  $n*d*\log(d)$ 
  - $n$ : αριθμός αισθητήρων
  - $d$ : μέγιστος αριθμός γειτόνων αισθητήρα

# Το πρόβλημα κάλυψης σε 3D ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

# Το 3D πρόβλημα κάλυψης



Ποιο είναι το  
επίπεδο κάλυψης  
αυτής της 3D  
περιοχής;

# Το 3D πρόβλημα κάλυψης

- Ορισμός προβλήματος
  - Δεδομένου ενός συνόλου αισθητήρων σε ένα 3D πεδίο, καλύπτεται κάθε σημείο του πεδίου από τουλάχιστον  $\alpha$  αισθητήρες;
- Υποθέσεις:
  - Κάθε αισθητήρας γνωρίζει την δική του γεωγραφική θέση καθώς και αυτή των γειτόνων του
  - Η εμβέλεια αίσθησης κάθε αισθητήρα μοντελοποιείται ως μια **3D σφαίρα**
  - Οι εμβέλειες αίσθησης των αισθητήρων μπορεί να είναι άνισες

# Σύνοψη της λύσης

- Η λύση
  - “Ελαττώνουμε” το γεωμετρικό πρόβλημα από τον **3D χώρο** στον **2D χώρο**, και κατόπιν στον **1D χώρο**
  - Ο αλγόριθμος προσπαθεί να προσδιορίσει εάν και κατά πόσο η σφαίρα κάθε αισθητήρα καλύπτεται επαρκώς.
  - Για να προσδιοριστεί εάν καλύπτεται επαρκώς η σφαίρα του αισθητήρα, κοιτάζουμε πώς ο κύκλος κάθε σφαιρικού cap του αισθητήρα καλύπτεται από τους γείτονες του αισθητήρα που τον τέμνουν



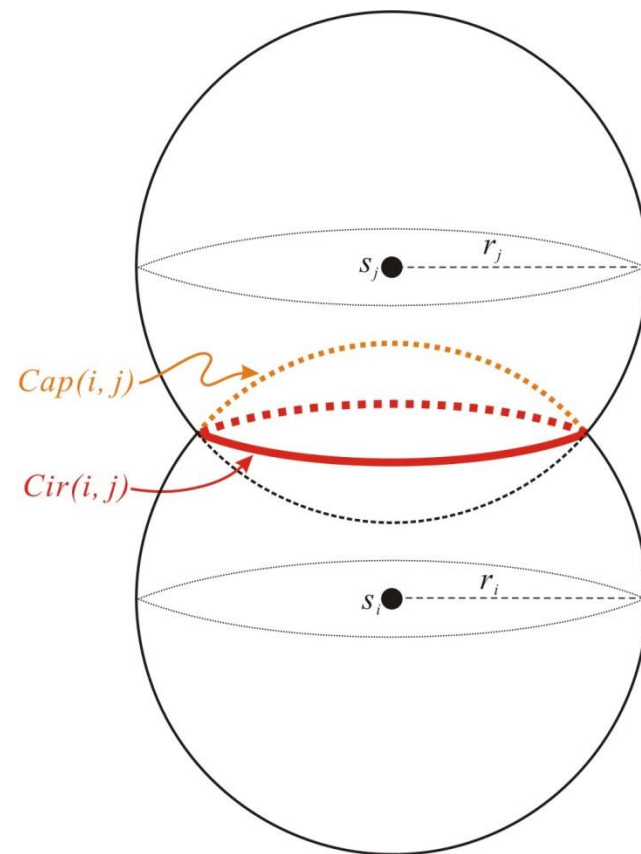
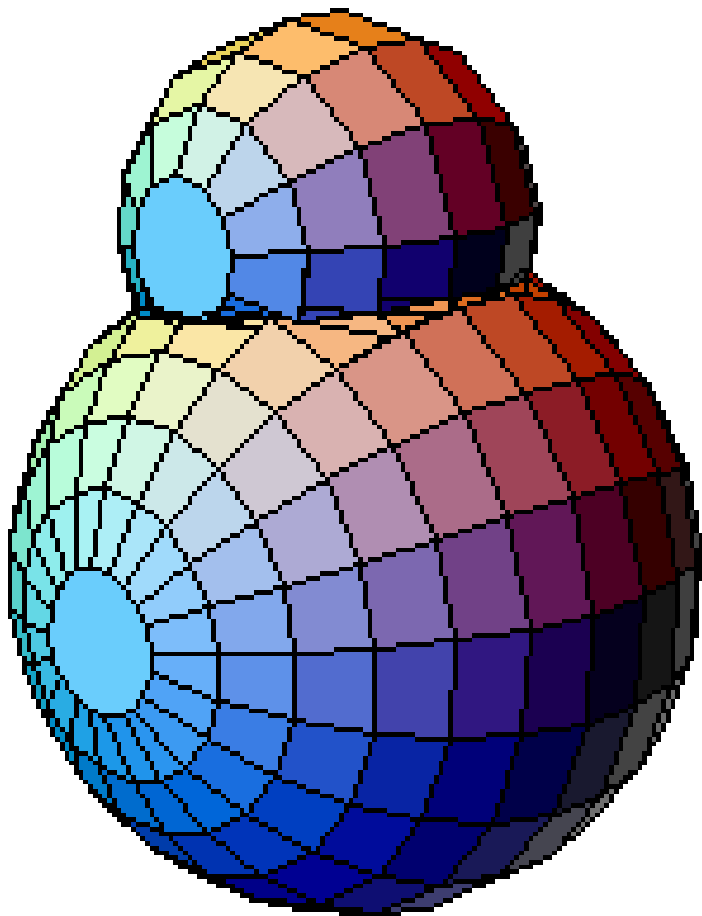
# Τεχνική ελάττωσης (I)

- $3D \Rightarrow 2D$ 
  - Για να προσδιορίσουμε κατά πόσον ολόκληρο το πεδίο καλύπτεται επαρκώς, κοιτάζουμε τις **σφαίρες** όλων των αισθητήρων
  - Θεώρημα 1: Εάν κάθε σφαίρα είναι  **$\alpha$ -sphere-covered**, τότε το πεδίο είναι  **$\alpha$ -covered**
    - Ο αισθητήρας  $s_i$  είναι  **$\alpha$ -sphere-covered** εάν όλα τα σημεία της σφαίρας του είναι **sphere-covered** από τουλάχιστον  $\alpha$  αισθητήρες, δηλ., πάνω ή μέσα στις σφαίρες τουλάχιστον  $\alpha$  αισθητήρων

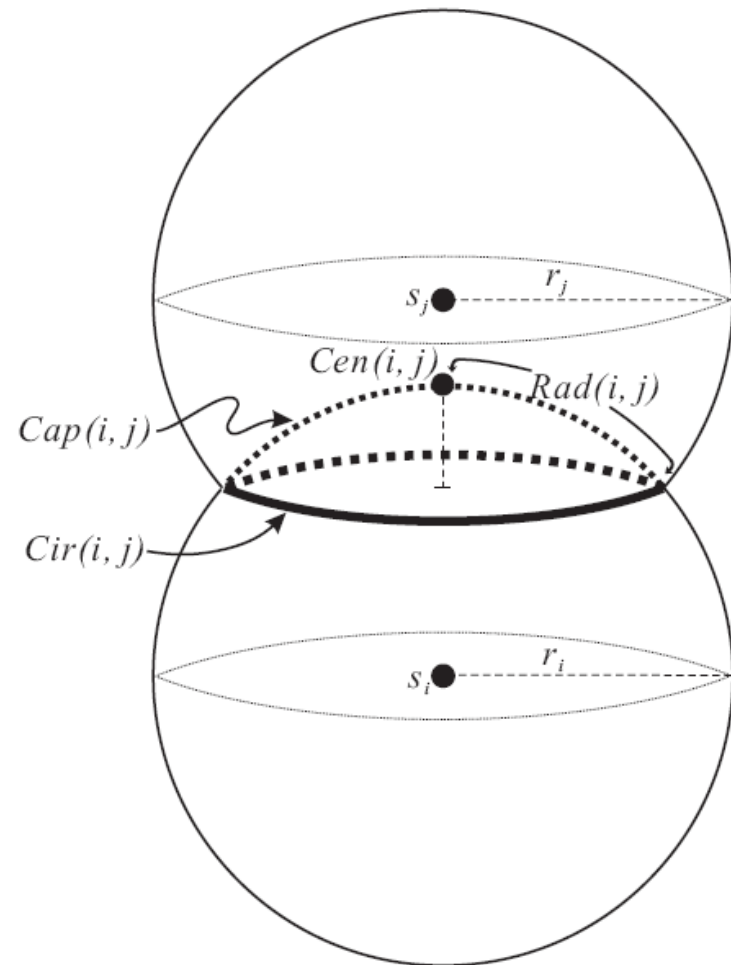
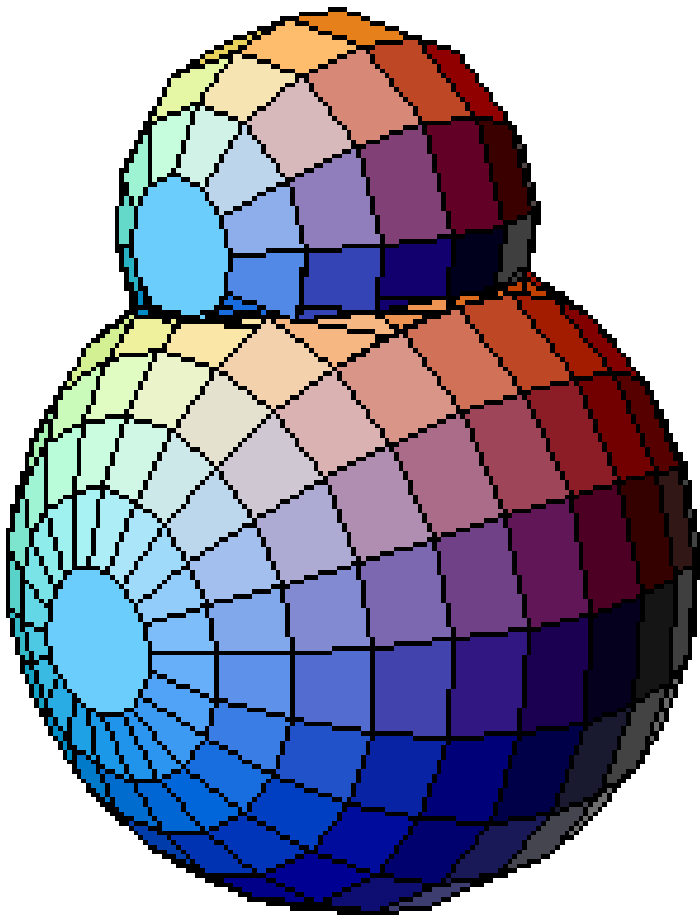
# Τεχνική ελάττωσης (II)

- $2D \Rightarrow 1D$ 
  - Για προσδιορίσουμε εάν η σφαίρα κάθε αισθητήρα καλύπτεται επαρκώς, κοιτάζουμε πώς καλύπτεται κάθε **spherical cap** και πώς καλύπτεται κάθε **circle** της τομής των δυο σφαιρών
    - (δείτε την επόμενη διαφάνεια)
  - Πόρισμα 1: Θεωρήστε οποιοδήποτε αισθητήρα  $s_i$ . Εάν κάθε σημείο πάνω στην  $S_i$  είναι  **$\alpha$ -cap-covered**, τότε η σφαίρα  $S_i$  είναι  **$\alpha$ -sphere-covered**
    - Ένα σημείο  $p$  είναι  **$\alpha$ -cap-covered** εάν βρίσκεται πάνω σε τουλάχιστον  $\alpha$  caps

# Cap και circle I

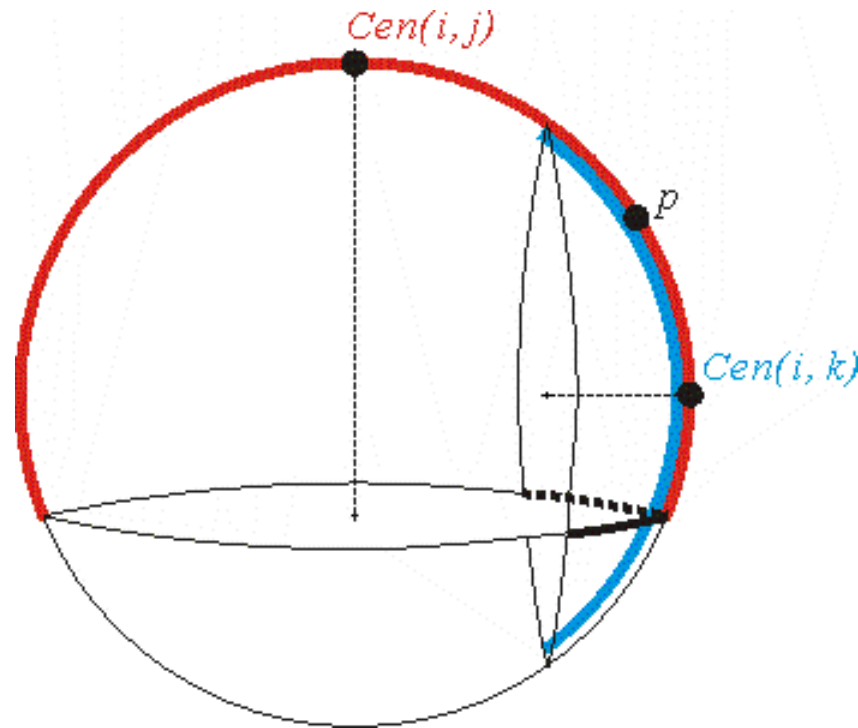


# Cap και circle II



# $k$ -cap-covered

- $p$  είναι  $2$ -cap-covered (λόγω  $Cap(i, j)$  και  $Cap(i, k)$ )

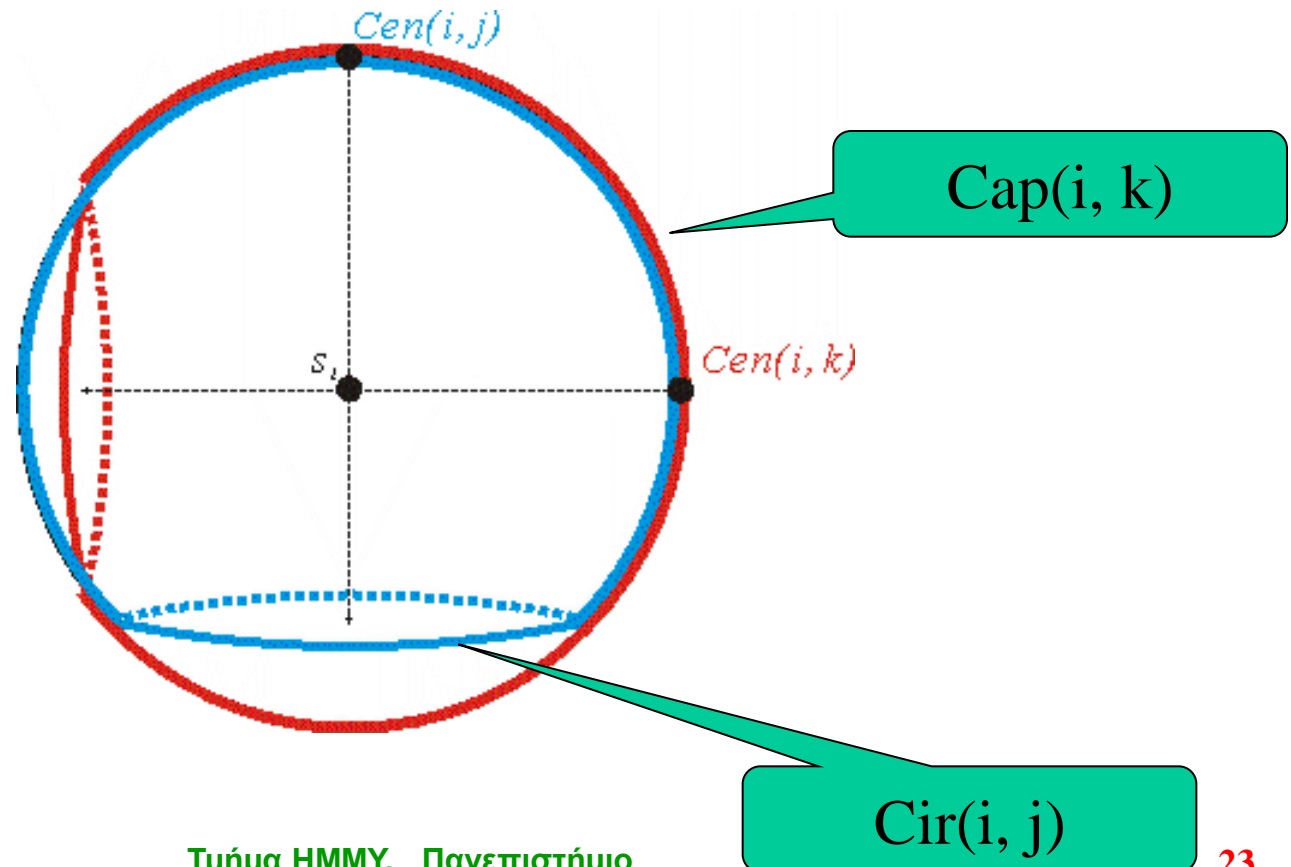


# Τεχνική ελάττωσης (III)

- $2D \Rightarrow 1D$ 
  - Θεώρημα 2: Θεωρούμε κάθε αισθητήρα  $s_i$  και κάθε έναν από τους γείτονές του  $s_j$ . Εάν κάθε κύκλος  $Cir(i, j)$  είναι  *$\alpha$ -circle-covered*, τότε η σφαίρα  $S_i$  είναι  *$\alpha$ -cap-covered*
  - Ένας κύκλος είναι  *$\alpha$ -circle-covered* εάν κάθε σημείο πάνω στον κύκλο αυτόν καλύπτεται από τουλάχιστον  $\alpha$  caps

# k-circle-covered

- $Cir(i, j)$  είναι *1-circle-covered* (λόγω του  $Cap(i, k)$ )

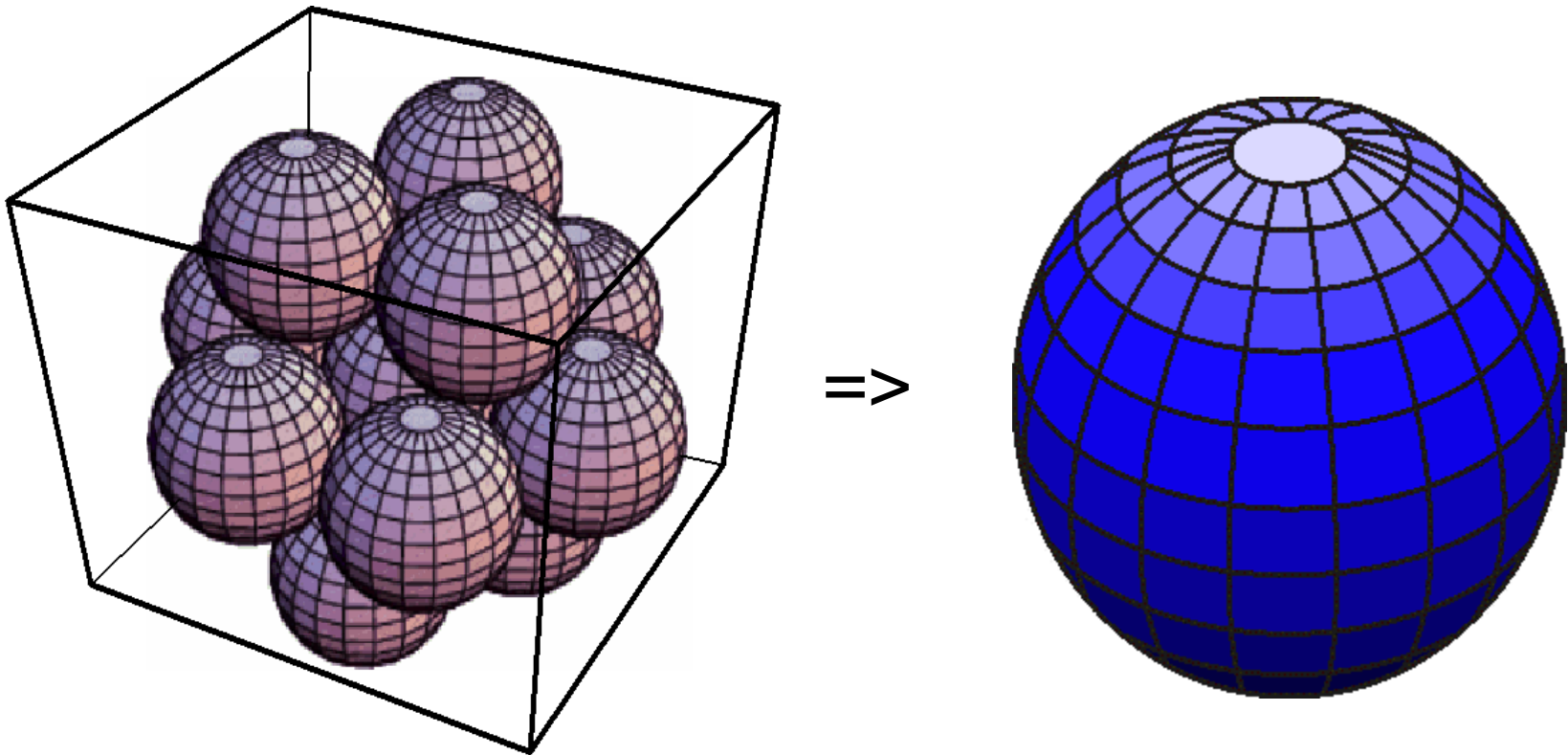


# Τεχνική ελάττωσης (IV)

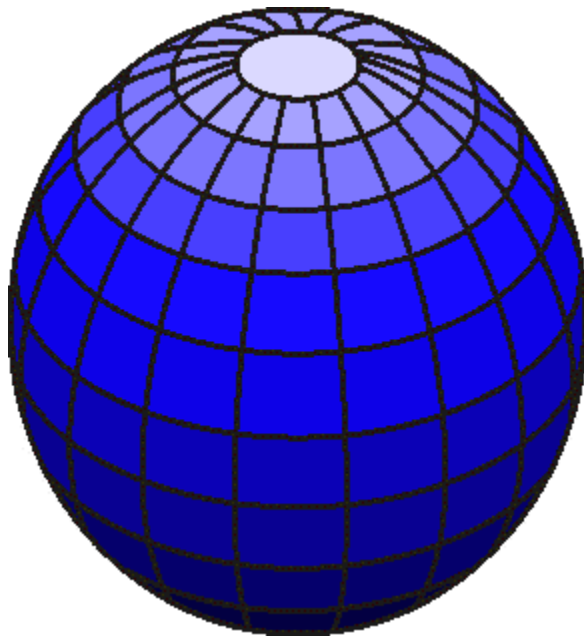
- $2D \Rightarrow 1D$ 
  - Stretching κάθε κύκλο σε μια 1D γραμμή, το επίπεδο της circle coverage μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα
  - Αυτό μπορεί να γίνει με τον αλγόριθμο για την επίλυση του προβλήματος 2-D κάλυψης



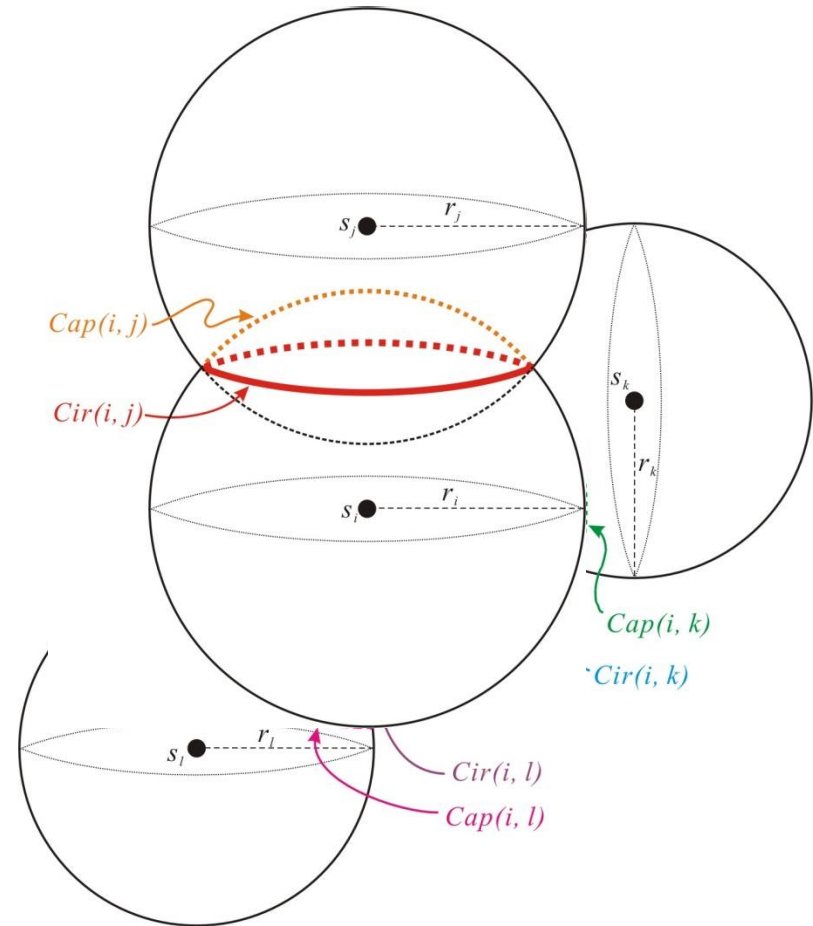
# Παράδειγμα ελάττωσης



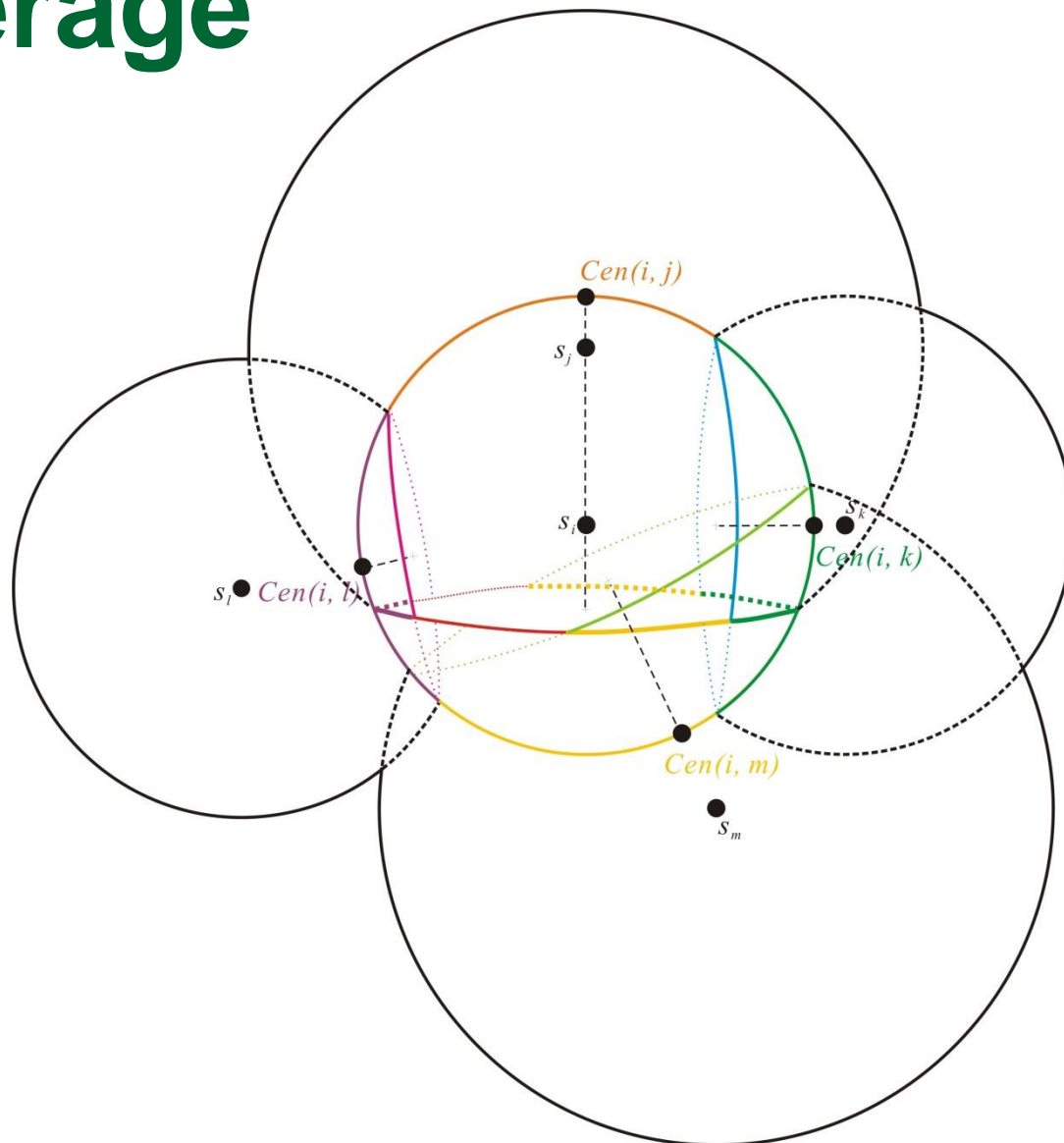
# Παράδειγμα ελάττωσης



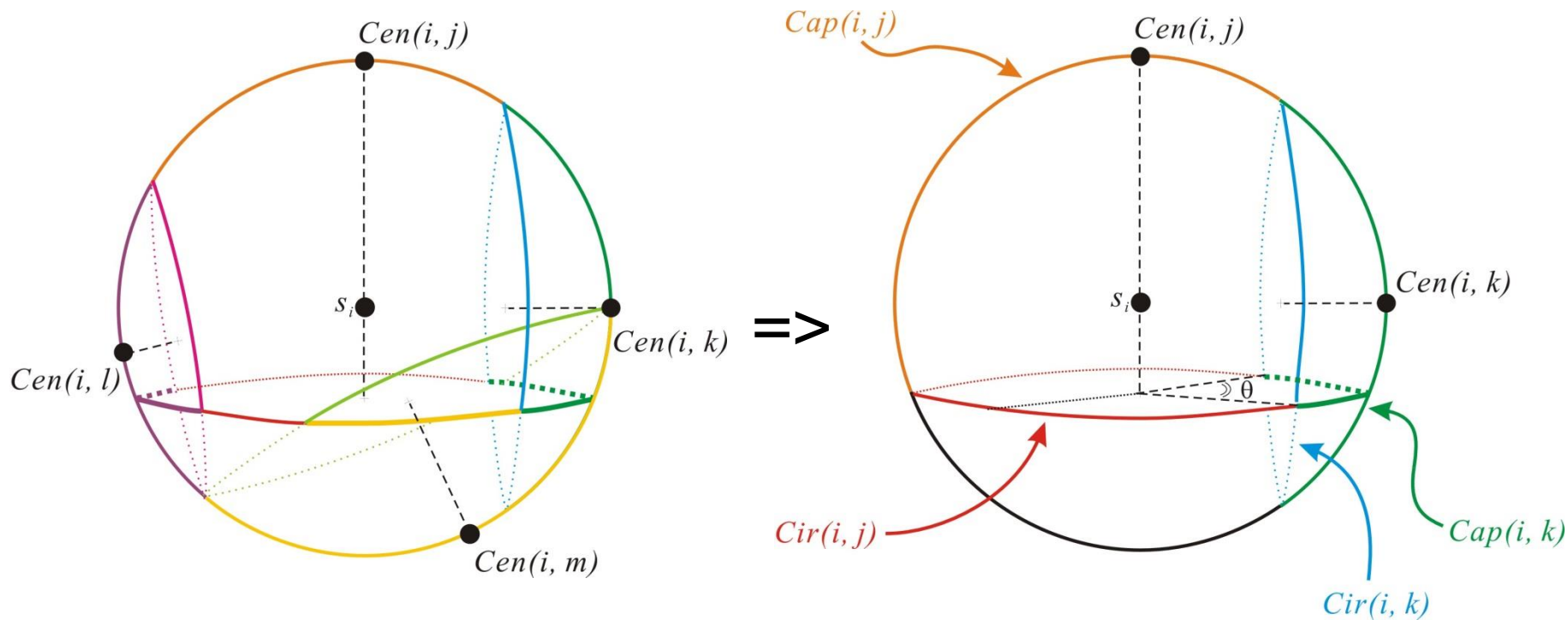
$\Rightarrow$



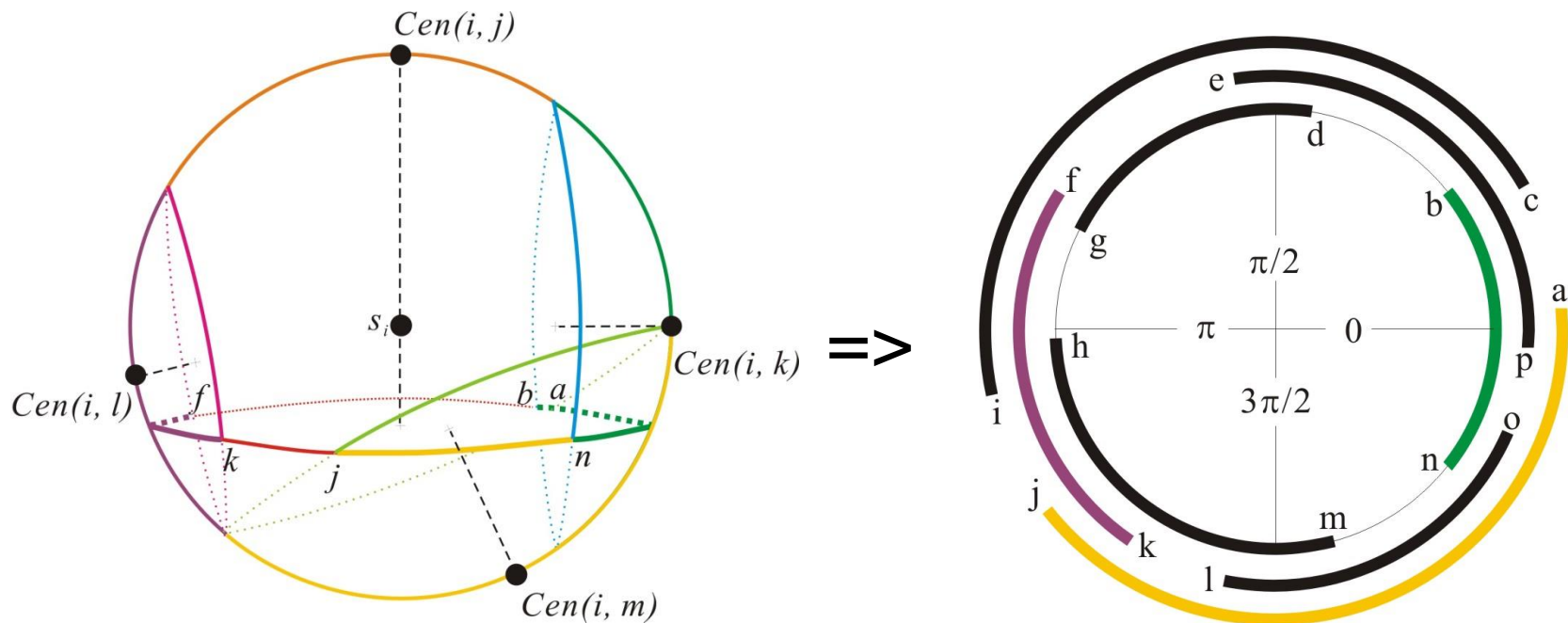
# Υπολογισμός της circle coverage



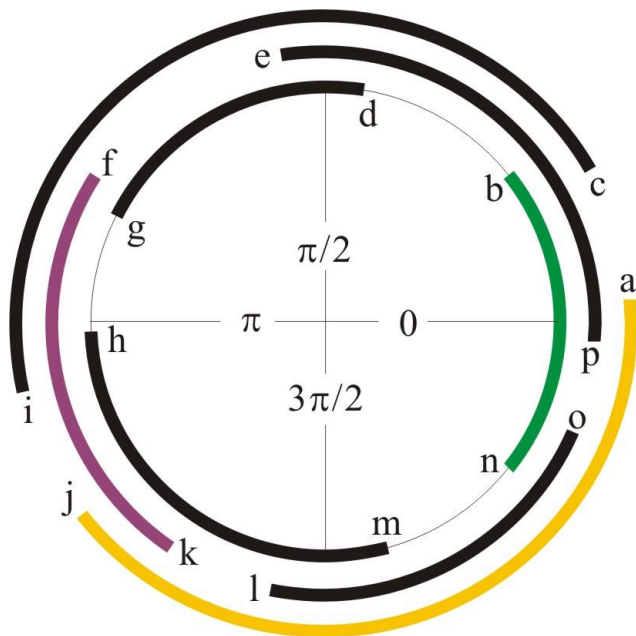
# Υπολογισμός της circle coverage



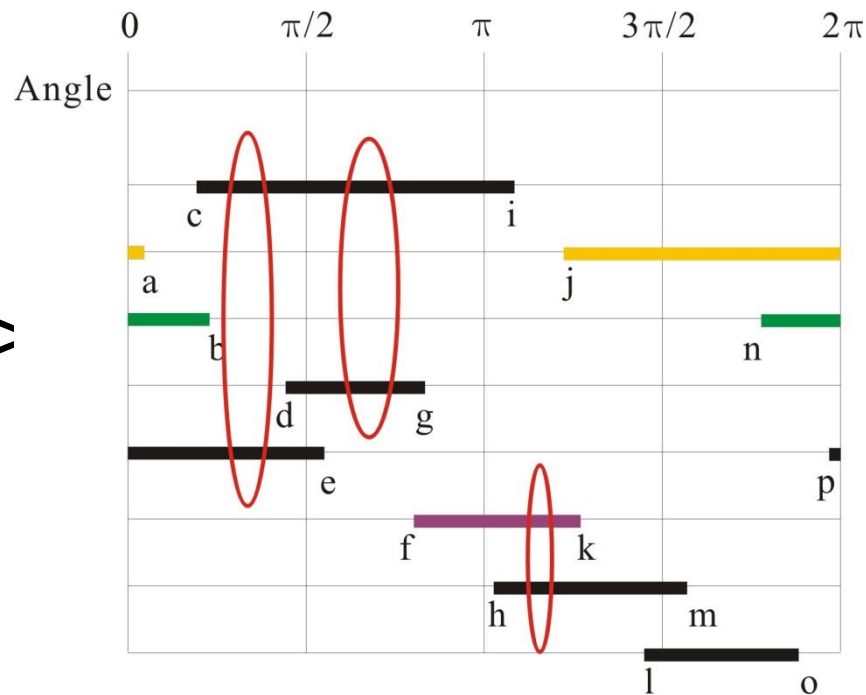
# Υπολογισμός της circle coverage



# Υπολογισμός της circle coverage



⇒



# Ο πλήρης αλγόριθμος

- Κάθε αισθητήρας  $s_i$ , ανεξάρτητα, υπολογίζει την **circle coverage** κάθε κύκλου της σφαίρας του
  - **sphere\_coverage\_of\_** $s_i$  =  
 $\min\{\text{circle coverage όλων των κύκλων του } s_i\}$
- **συνολική\_coverage** =  $\min\{\text{της sphere coverage όλων των αισθητήρων}\}$

# Πολυπλοκότητα

- Για να υπολογίσουμε την sphere coverage ενός αισθητήρα:  $O(\log(d) * d^2)$ 
  - $d$  είναι ο μέγιστος αριθμός γειτόνων ενός οποιοδήποτε αισθητήρα
- Συνολικά:  $O(n * \log(d) * d^2)$ 
  - $n$  είναι ο αριθμός αισθητήρων του πεδίου