



Satellite Links

Design of the Satellite Link

The satellite link is probably the most basic in microwave communications since a **line-of-sight path typically exists between the Earth and space**.

Such a link is governed by **free-space propagation** with only limited variation with respect to time due to various constituents of the atmosphere. Free-space attenuation is determined by the inverse square law, which states that the power received is inversely proportional to the square of the distance.

There are, however, a number of **additional effects** that produce a significant amount of degradation and time variation. These include **rain, terrain effects** such as absorption by trees and walls, and some less-obvious impairment produced by **unstable conditions of the air and ionosphere**.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

The result in the overall performance is presented in terms of:

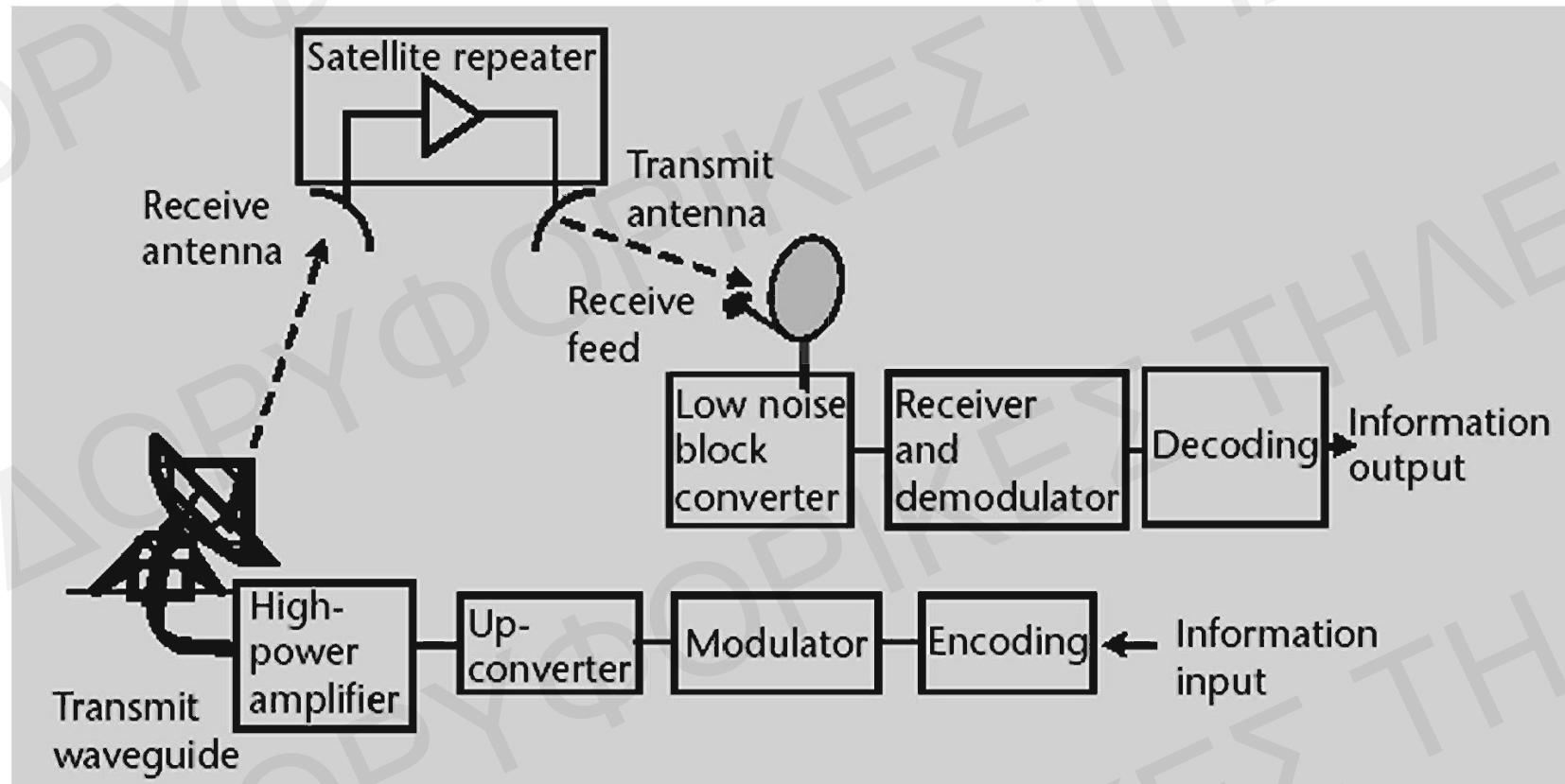
the ratio of carrier power to noise (the carrier-to-noise ratio, C/N) and, information quality (bit error rate, video impairment, or audio fidelity).



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Critical elements of the satellite link





Satellite Links

Design of the Satellite Link

Σημασία και χρήση του Decibel

$$\text{Power ratio in decibels} = 10 \log (P_2/P_1)$$

P_2 is the output of the device or link, and P_1 is its input.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Link Budgets and Their Interpretation

$$p_r = \frac{p_t g_t g_r c^2}{(4\pi)^2 R^2 f^2}$$

equation)

(microwave radio link

p_r is the power received by the receiving antenna;

p_t is the power applied to the transmitting antenna;

g_t is the gain of the transmitting antenna, as a true ratio;

g_r is the gain of the receiving antenna, as a true ratio;

c is the speed of light ($300 \cdot 10^6$ m/s);

R is the range (path length) in meters; and

f is the frequency in hertz.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Link Budgets and Their Interpretation

$$P_r = P_t + G_t + G_r - 20 \log(f \cdot R) + 147.6 \quad (\text{microwave radio link equation})$$

$- 20 \log(f \cdot R) + 147.6$ = free-space path loss (A_0) between the Earth station and the satellite.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Link Budgets and Their Interpretation

Παράδειγμα:

The frequency is 1 GHz and that the distance is simply the altitude of a GEO satellite (e.g., 35,778 km):

$$\text{free-space path loss } (A_0) = -20 \log(f \cdot R) + 147.6 = 183.5 \text{ dB}$$

APA: $P_r = P_t + G_t + G_r - 183.5$



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Link Budgets and Their Interpretation

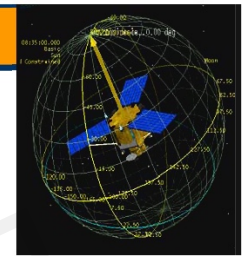
path loss correction for other frequencies and path lengths:

$$A_0 = 1835 + 20 \log(f) + 20 \log(R/35788)$$

A_0 is the free-space path loss in decibels,

f is the frequency in gigahertz, and

D is the path length in kilometers.





Satellite Links

Design of the Satellite Link

Μελέτη εκπομπής ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ μεταξύ δυο επίγειων σταθμών μέσω ενός δορυφόρου

UPLINK: από τον επίγειο σταθμό βάσης προς το δορυφόρο

DOWNLINK: από το δορυφόρο προς τον επίγειο σταθμό.

Καθορισμός λόγου: S/N

Carrier: 1-30 GHz



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Κεραίες - Βασικές έννοιες

- Μια κεραία είναι μια διάταξη αμοιβαιότητας.
- Αμοιβαιότητα είναι η ικανότητα της κεραίας να μεταφέρει ΗΜ ενέργεια από την ατμόσφαιρα στον δέκτη της με την ίδια αποδοτικότητα (efficiency) με την οποία μεταφέρει ΗΜ ενέργεια από τον πομπό στην ατμόσφαιρα.
- Λειτουργεί σαν διάταξη μετατροπής για να μετατρέπει ηλεκτρικές ταλαντώσεις, σε μια γραμμή μεταφοράς ή σε έναν κυματοδηγό, σε διαδιδόμενο κύμα στον ελεύθερο χώρο και αντίστροφα.
- Όλες οι κεραίες έχουν ένα πρότυπο ακτινοβολίας το οποίο είναι μια γραφική παράσταση της ισχύος του πεδίου ή της πυκνότητας ενέργειας σε συνάρτηση με τις διάφορες γωνιακές θέσεις σε σχέση με την κεραία.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

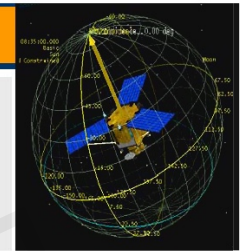
Η Απολαβή (κέρδος) μιας κεραίας είναι ο λόγος της ισχύος που ακτινοβολείται (ή λαμβάνεται) ανά μονάδα στερεάς γωνίας από την κεραία προς μια δεδομένη διεύθυνση, προς την ισχύ που ακτινοβολείται (ή λαμβάνεται) ανά μονάδα στερεάς γωνίας από μια ισοτροπική κεραία η οποία τροφοδοτείται με την ίδια ισχύ.

$$G_{\max} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{\text{eff}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 3 * 10^8 \text{ m/s}$$

A_{eff} = ενεργός επιφάνεια της κεραίας = $\eta * A$
 η = απόδοση κεραίας, A = επιφάνεια κεραίας,



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

Παράδειγμα: Κυκλική Κεραία διαμέτρου D

Η επιφάνεια της κεραίας A είναι:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Η Απολαβή (κέρδος) μιας κεραίας είναι:

$$G_{\max} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{\text{eff}} = \dots = \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \quad \eta = \text{απόδοση κεραίας}$$

Σε dBi (απολαβή σχετικά με μια ισοτροπική κεραία):

$$G_{\max, \text{dBi}} = 10 \log \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 \quad (\text{dBi})$$



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

Απόδοση Κεραίας η :

$$\eta = \eta_i * \eta_s * \eta_f * \eta_z * \dots$$



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

η_i = Απόδοση πρόσπτωσης ακτινοβολίας

Καθορίζει την απόδοση του ανακλαστήρα σε σχέση με την περίπτωση ομοιόμορφης πρόσπτωσης ακτινοβολίας.

Η ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας ($\eta_i=1$) οδηγεί σε υψηλό επίπεδο δευτερευόντων λοβών.

Συμβιβαστική λύση: εξασθένιση πρόσπτωσης ακτινοβολίας στα όρια του ανακλαστήρα (κλιμάκωση πρόσπτωσης ακτινοβολίας στα όρια του ανακλαστήρα).

Π.χ.: Στην περίπτωση μιας κεραίας τύπου Cassegrain, ο καλύτερος συμβιβασμός επιτυγχάνεται με εξασθένιση της πρόσπτωσης ακτινοβολίας στα άκρα κατά 10 μέχρι 12 db, που οδηγεί σε απόδοση πρόσπτωσης ακτινοβολίας της τάξης του 91 %.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

η_s = Απόδοση διάχυσης

Ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που ακτινοβολείται από την κύρια πηγή και συλλαμβάνεται από τον ανακλαστήρα, προς την ολική ενέργεια που ακτινοβολείται από την κύρια πηγή.

Η διαφορά αυτών των μεγεθών αποτελεί την ενέργεια διάχυσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία από την οποία ο ανακλαστήρας "βλέπει" την κύρια πηγή, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση διάχυσης.

Όμως, για ένα δεδομένο διάγραμμα ακτινοβολίας της πηγής, το επίπεδο πρόσπτωσης ακτινοβολίας στα όρια του ανακλαστήρα γίνεται μικρότερο με μεγάλες τιμές της γωνίας αυτής, και η απόδοση πρόσπτωσης ακτινοβολίας ελαττώνεται σημαντικά.

Η συμβιβαστική λύση μας οδηγεί σε απόδοση διάχυσης της τάξης του 80%.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

η_f =Απόδοση επιφάνειας

Λαμβάνει υπόψη την επίδραση των ανωμαλιών της επιφάνειας του ανακλαστήρα στην απολαβή της κεραίας.

Στην πράξη, το παραβολικό "προφίλ" διαφέρει από το θεωρητικό. Έτσι, πρέπει να βρεθεί ένας συμβιβασμός μεταξύ των χαρακτηριστικών της κεραίας και του κόστους κατασκευής.

Η επίδραση των ανωμαλιών της επιφάνειας στην απολαβή επί του εστιακού άξονα έχει τη μορφή:

$$\eta_f = \exp \left[-B \left(\frac{4\pi\varepsilon}{\lambda} \right)^2 \right]$$

όπου ε είναι η απόκλιση μεταξύ του πραγματικού και των θεωρητικών προφίλ που μετρούνται κάθετα στην κοίλη επιφάνεια, και B είναι ένας συντελεστής μικρότερος ή ίσος με τη μονάδα, του οποίου η τιμή εξαρτάται από την ακτίνα καμπυλότητας του ανακλαστήρα.

Η απόδοση επιφάνειας η_f είναι της τάξης του 85%.



Satellite Links

Design of the Satellite Link

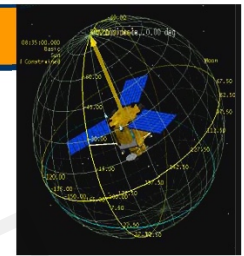
Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

1. Απολαβή (κέρδος)

Άλλες απώλειες

Οι άλλες απώλειες, περιλαμβανομένων των ωμικών απωλειών και των απωλειών από κακή προσαρμογή, είναι μικρότερης σημασίας.

Συνολικά, η ολική απόδοση η , το γινόμενο των επί μέρους αποδόσεων, είναι τυπικά μεταξύ 55% και 75%.





Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

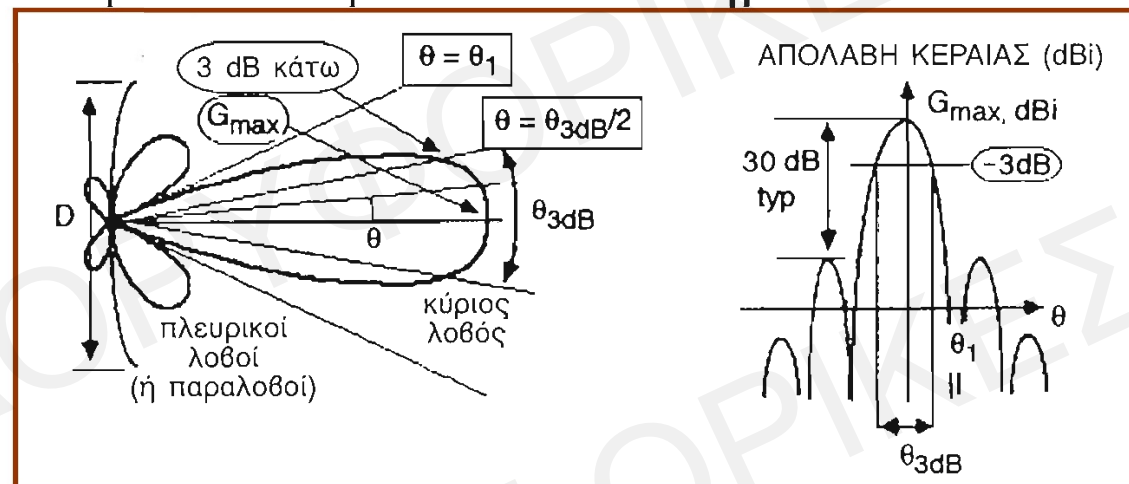
2. Διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας

Το διάγραμμα ακτινοβολίας μας δείχνει τις μεταβολές της απολαβής σε συνάρτηση με τη διεύθυνση.

Για μια κεραία με κυκλική επιφάνεια ή ανακλαστήρα αυτό το διάγραμμα διαθέτει περιστροφική συμμετρία και αναπαρίσταιται πλήρως επί ενός, επιπέδου με μορφή πολικών συντεταγμένων.

Ο Κύριος λοβός περιέχει τη διεύθυνση της μέγιστης ακτινοβολίας.

Οι πλευρικοί λοβοί θα πρέπει να διατηρούνται στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο.



Πολικές Συντεταγμένες

Καρτεσιανές Συντεταγμένες



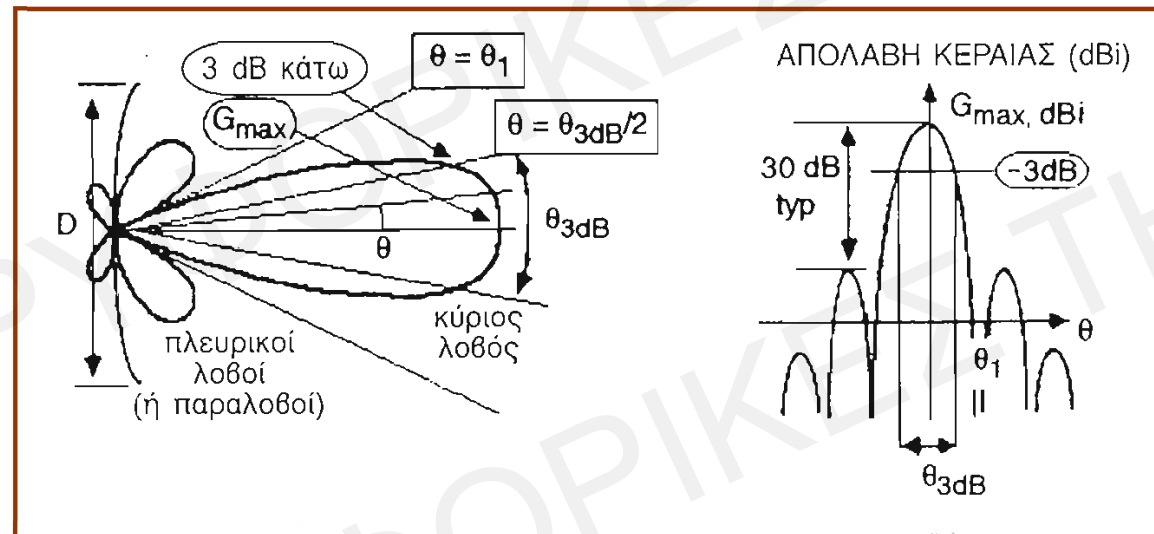
Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

3. Γωνιακό εύρος δέσμης ή Πλάτος δέσμης ραδιοσήματος

Είναι η γωνία που ορίζεται από τις διευθύνσεις που αντιστοιχούν σε μια δεδομένη πτώση της απολαβής σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της.



Το εύρος δέσμης 3dB αντιστοιχεί στη γωνία μεταξύ των διευθύνσεων στις οποίες η απολαβή ελαττώνεται στο μισό της μέγιστης τιμής της.



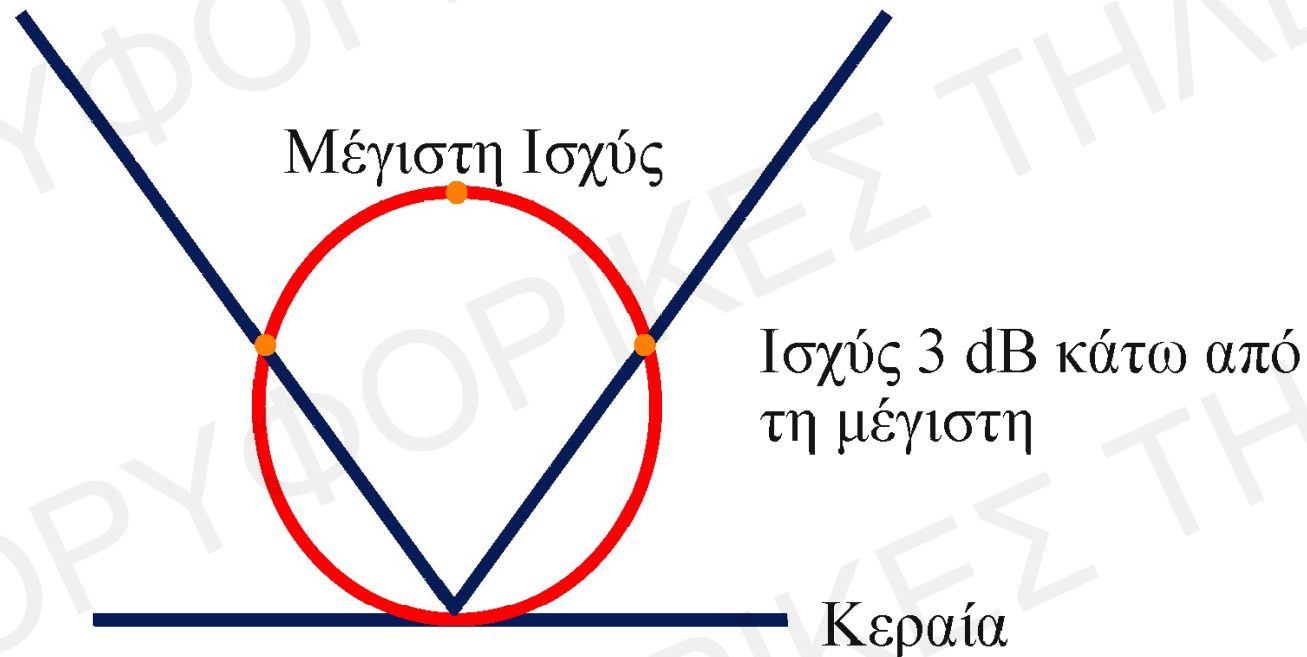
Satellite Links

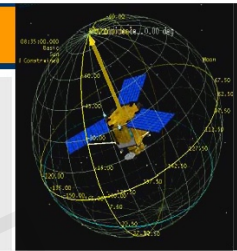
Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

3. Γωνιακό εύρος δέσμης ή Πλάτος δέσμης ραδιοσήματος

Το πλάτος της δέσμης ραδιοσήματος της κεραίας είναι η γωνιακή διαφορά μεταξύ δυο σημείων με ισχύ το μισό της μέγιστης





Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

3. Γωνιακό εύρος δέσμης ή Πλάτος δέσμης ραδιοσήματος

Ομοιόμορφη Πρόσπτωση:

$$\theta_{3dB} = 58.5 \frac{\lambda}{D} = 58.5 \frac{c}{f \cdot D} \quad (\mu\acute{o}\iota\rho\epsilon\varsigma)$$

Μη-Ομοιόμορφη Πρόσπτωση:

$$\theta_{3dB} = 70 \frac{\lambda}{D} = 70 \frac{c}{f \cdot D} \quad (\mu\acute{o}\iota\rho\epsilon\varsigma)$$

Μέγιστη απολαβή κεραίας

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2 = \dots = \eta \left(\frac{\pi 70}{\theta_{3dB}} \right)^2$$



Satellite Links

Design of the Satellite Link

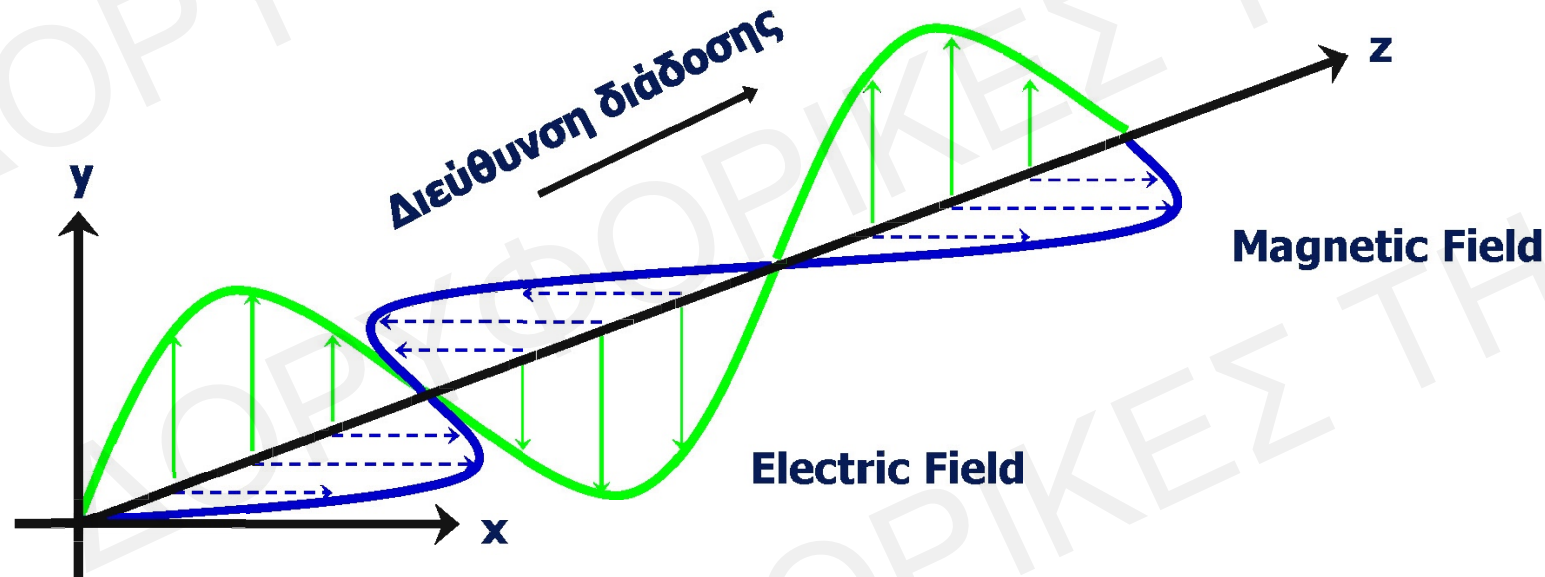
Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

4. Πόλωση H/M κύματος

Το H/M κύμα που ακτινοβολείται από μια κεραία αποτελείται από μια συνιστώσα ηλεκτρικού πεδίου και μια συνιστώσα μαγνητικού πεδίου.

Επίπεδο Πόλωσης Κύματος: Η πολικότητα ενός HM κύματος καθορίζεται από τη διεύθυνση του Ηλεκτρικού Πεδίου (π.χ. στο σχήμα είναι κάθετα πολωμένο)

Εγκάρσια Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα Transverse Electromagnetic Waves (TEM)





Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

4. Πόλωση Η/Μ κύματος

Ταχύτητα και μήκος κύματος ΗΜ Κυμάτων

Η ταχύτητα διάδοσης (v) και το μήκος κύματος λ ενός ΗΜ κύματος δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{και} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

όπου: $c = 3 \times 10^8$ m/s, ϵ_r = διηλεκτρική σταθερά του υλικού, f =συχνότητα του κύματος

Χαρακτηριστική Σύνθετη Αντίσταση (Characteristic Impedance) ΗΜ Κυμάτων

Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση ενός υλικού είναι ο λόγος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{E} / \mathbf{H}$$

Για το κενό είναι:

$$Z_0 = 377 \, \Omega.$$

Για άλλα υλικά:

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

όπου: m = διαπερατότητα του υλικού σε H/m και ϵ = διηλεκτρική σταθερά σε F/m



Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

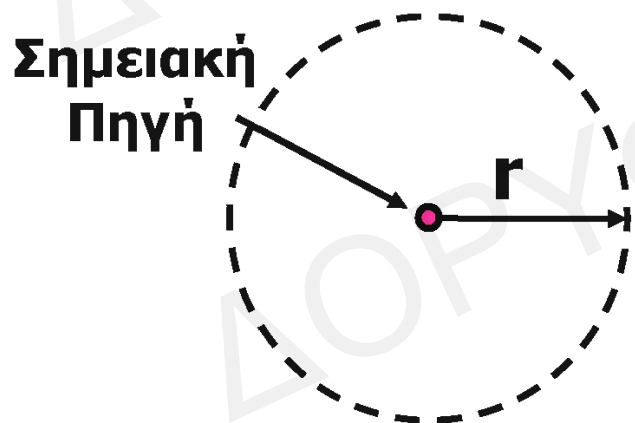
4. Πόλωση Η/Μ κύματος

Πυκνότητα Ισχύος (Power Density) ΗΜ Κυμάτων

Η πυκνότητα ισχύος για ένα ΗΜ κύμα στο κενό δίνεται από τη σχέση:

$$P_D = E^2/Z_0 = H^2 Z_0 = EH \text{ (Watt/m}^2\text{)}$$

Για ένα ισοτροπικό εκπομπό (δηλ. μια κεραία που εκπέμπει το ίδιο προς όλες τις διευθύνσεις εκπομπής η πυκνότητα ισχύος δίνεται από τη σχέση:)



$$P_D = \frac{P_t}{4\pi r^2}$$

όπου P_t = Ολική Ισχύς σε Watt και r = Απόσταση από την κεραία σε m

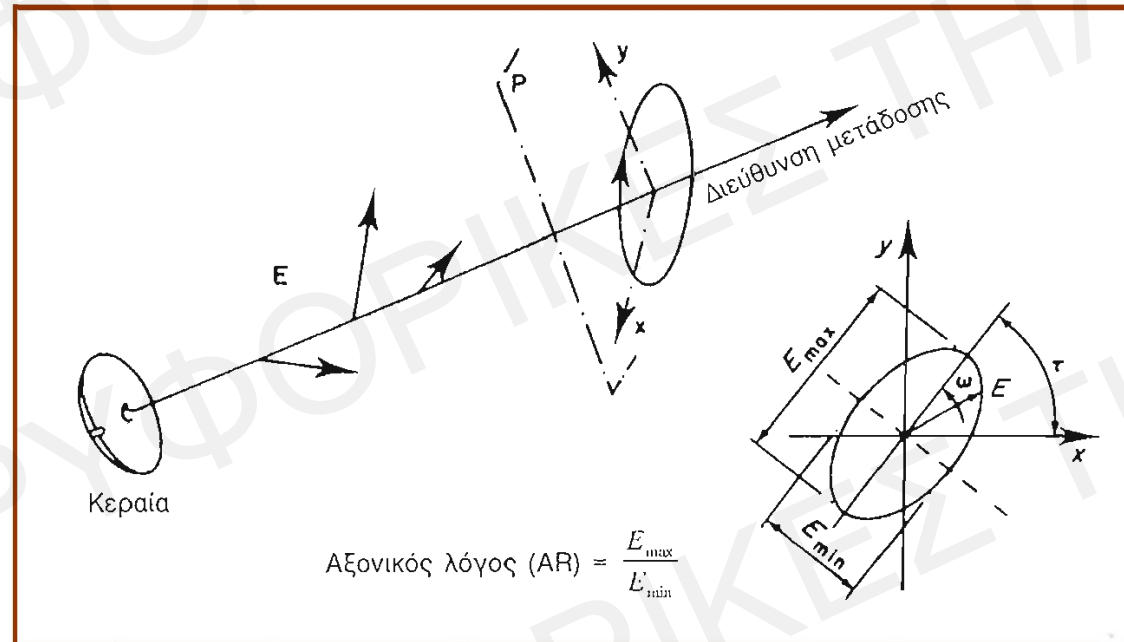


Satellite Links

Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

4. Πόλωση Η/Μ κύματος



Χαρακτηρισμός της πόλωσης ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Σύμβαση: Η πόλωση του κύματος ορίζεται από τη διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου.

Γενικά: Η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι σταθερή, δηλ. στη διάρκεια μιας περιόδου η προβολή του άκρου του διανύσματος που αναπαριστά το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα επίπεδο το οποίο είναι κάθετο στη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος, περιγράφει μια έλλειψη. Τότε η πόλωση είναι ελλειπτική.



Satellite Links

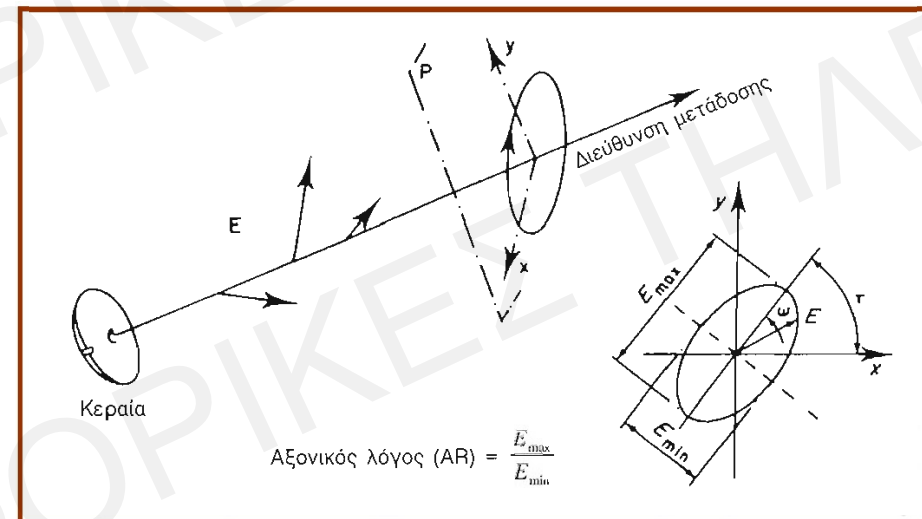
Design of the Satellite Link

Χαρακτηριστικές Παράμετροι Κεραιών

4. Πόλωση Η/Μ κύματος

Παράμετροι Χαρακτηρισμού της πόλωσης:

- Φορά περιστροφής (σε σχέση με τη διεύθυνση μετάδοσης): δεξιόστροφη και αριστερόστροφη πόλωση.
- Αξονικός λόγος (Axial Ratio, AR): $AR = E_{max}/E_{min}$. Αυτός είναι ο λόγος του μεγάλου και μικρού άξονα της έλλειψης. Όταν η έλλειψη είναι κύκλος (αξονικός λόγος = 1 = 0dB), η πόλωση λέγεται κυκλική. Όταν η πόλωση εκφυλίζεται σε ένα άξονα (άπειρος αξονικός λόγος, το ηλεκτρικό πεδίο διατηρεί σταθερή διεύθυνση), η πόλωση λέγεται γραμμική.
- Την κλίση τ της έλλειψης.





Satellite Links

Design of the Satellite Link

ΕΚΠΙΕΜΠΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

1. Ενεργός Ισοτροπική Ακτινοβολούμενη Ισχύς Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

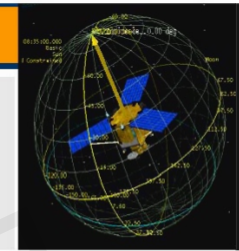
(EIRP) είναι η ισοδύναμη ισχύς που θα έπρεπε να ακτινοβολούσε ανισοτροπική κεραία για να επιτύχει την ίδια πυκνότητα ισχύος σε δεδομένο σημείο σαν οποιαδήποτε άλλα κεραία:

$$\text{EIRP} = P_T G_T / 4\pi \quad (\text{Watt})$$

Όπου:

P_T =Ολική Ακτινοβολούμενη Ισχύς,

G_T =Απολαβή Καθοδήγησης Κεραίας.

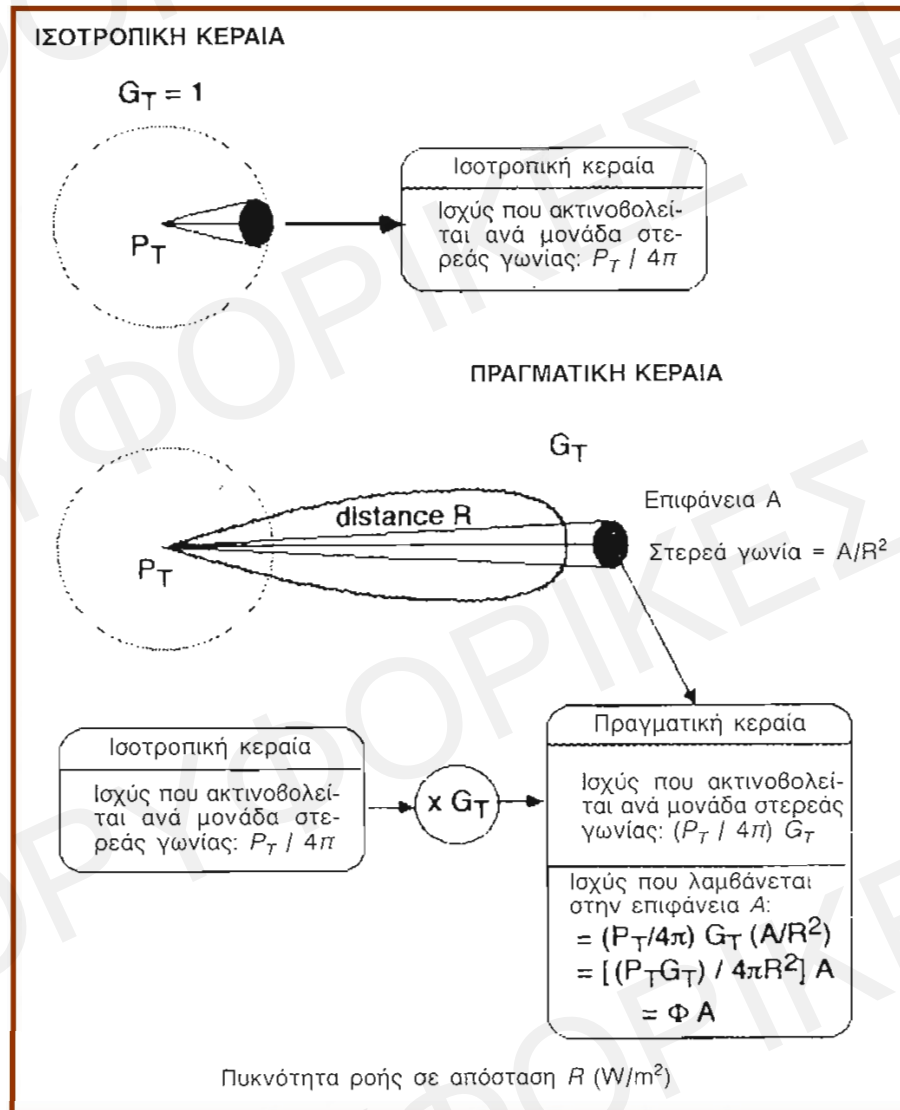


Satellite Links

Design of the Satellite Link

ΕΚΠΙΕΜΠΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

1. Πυκνότητα Ροής Ισχύος (Φ)



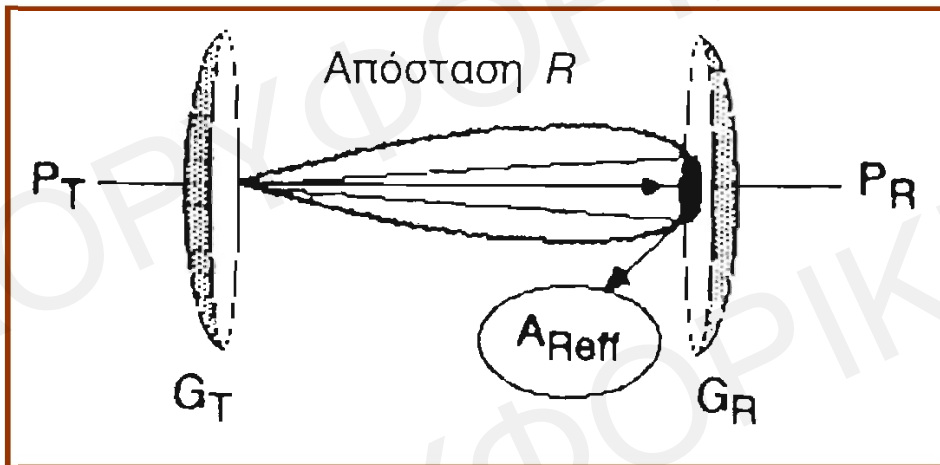
G_T = Απολαβή Καθοδήγησης Κεραίας
 P_T = Ολική Ακτινοβολούμενη Ισχύς



Satellite Links

Design of the Satellite Link

ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ



$$A_{Reff} = \frac{G_R}{\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right)}$$

$$P_R = \Phi A_{Reff} = \left(\frac{P_T G_T}{\pi R^2}\right) A_{Reff} = \left(\frac{P_T G_T}{\pi R^2}\right) \frac{G_R}{\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right)} = \dots = P_T G_T \left(\frac{1}{L_{FS}}\right) G_R$$

$$L_{FS} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2$$

L_{FS} Απώλεια Ελευθέρου Χώρου. Αναπαριστά το λόγο της λαμβανόμενης και εκπεμπόμενης ισχύος σε μια ραδιοζεύξη, μεταξύ δυο ιστροπικών κεραιών

G_T =Απολαβή Καθοδήγησης
Κεραίας Εκπομπής
 P_T =Ολική Ακτινοβολούμενη
Ισχύς
 G_R =Απολαβή Καθοδήγησης
Κεραίας Λήψης
 P_R =Ολική Λαμβανόμενη Ισχύς
 A_{reff} =ενεργός επιφάνεια
 Φ = Πυκνότητα Ροής Ισχύος

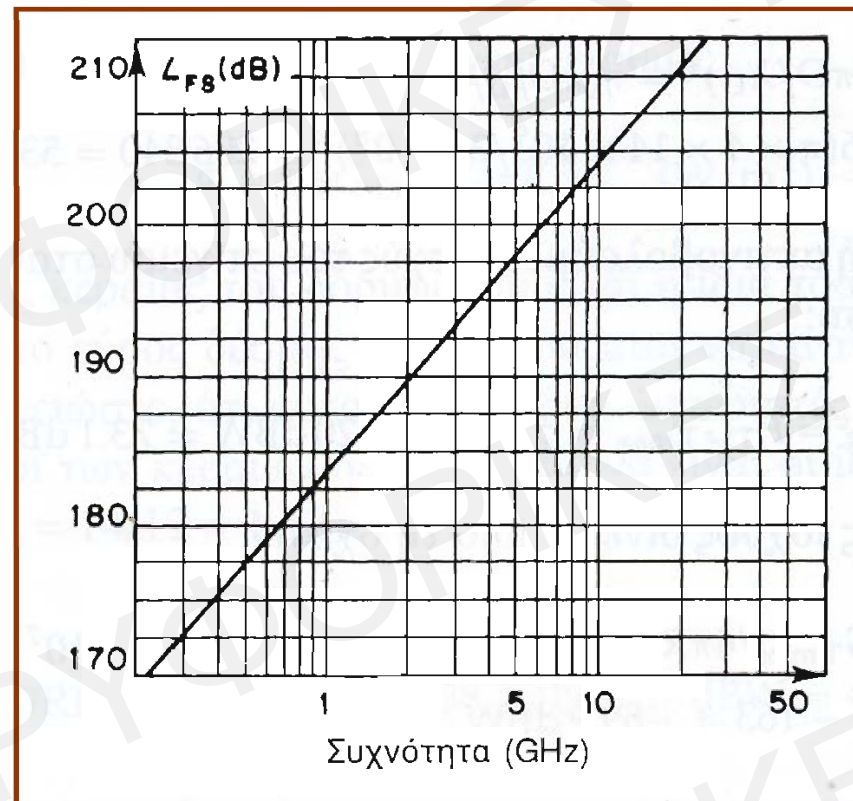


Satellite Links

Design of the Satellite Link

ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Απώλεια Ελευθέρου Χώρου (L_{FS}) για δορυφόρο GEO και ένα σταθμό που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δορυφόρο σε απόσταση $R=R_0=35786$ km, που ισούται με το ύψος του δορυφόρου.





Satellite Links

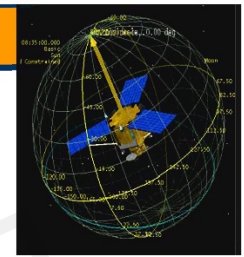
Design of the Satellite Link

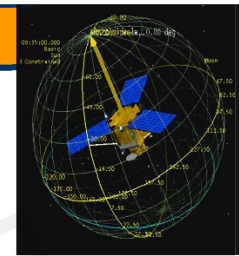
ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Απώλεια Ελευθέρου Χώρου (L_{FS}) για ΟΠΟΙΟΔΗΠΟΤΕ ΑΛΛΟ δορυφόρο, του οποίου η θέση αναπαρίσταται από το σχετικό γεωγραφικό πλάτος και μήκος l και L σε σχέση με το γεωστατικό δορυφόρο και ένα σταθμό που βρίσκεται σε απόσταση R από το δορυφόρο, η τιμή της L_{FS} πρέπει να διορθωθεί κατά το συντελεστή $(R/R_0)^2$, έτσι ώστε είναι:

$$L_{FS} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 = L_{FS}(R_0) \left(\frac{R}{R_0} \right)^2$$

$$\left(\frac{R}{R_0} \right)^2 = 1 + 0.42(1 - \cos l \cos L)$$





Αποδοτικότητα Κεραίας

Ισοδύναμη Αντίσταση Ακτινοβολίας Κεραίας, R_r :

$$R_r = \frac{P_r}{i^2}$$

P_r = Ολική Ακτινοβολούμενη Ισχύς,
 i = Ρεύμα Κεραίας στο σημείο
τροφοδοσίας

Όλη η ισχύς που παρέχεται στην κεραία δεν ακτινοβολείται

**Αποδοτικότητα
Κεραίας:**

$$\eta = \frac{P_{Transmitted}}{P_{Input}} = \frac{P_r}{P_r + P_d} = \frac{R_r}{R_r + R_e}$$

P_d = Απωλεσθείσα Ισχύς, R_e = Ενεργός Αντίσταση Κεραίας



Απολαβή Καθοδήγησης

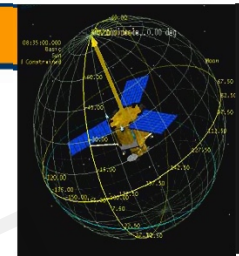
Η Απολαβή Καθοδήγησης μιας κεραίας δίνεται από τη σχέση:

$$A_t = \frac{P_D}{P_{Dr}}$$

όπου P_D = Πυκνότητα Ισχύος για τη δεδομένη κεραία
και P_{Dr} = Πυκνότητα Ισχύος για κεραία αναφοράς.

Η Μέγιστη Απολαβή Καθοδήγησης ονομάζεται κατευθυντικότητα.

Σαν κεραία αναφοράς χρησιμοποιείται ένα ισοτροπικό μέσο.



Απολαβή Ισχύος

Όταν ληφθεί υπόψη η αποδοτικότητα της κεραίας αντί για την απολαβή Καθοδήγησης, έχουμε την Απολαβή Ισχύος:

$$A_p = \eta D \text{ (λόγος)}$$

Σε dB, η Απολαβή Ισχύος δίνεται από τη σχέση:

$$A_p^{(dB)} = 10 \log A_p$$

Παρατήρηση: dBi είναι ως προς ισοτροπικό υλικό
dBd είναι ως προς δίπολο.



Ισχύς Λήψης

Η ισχύς P_r (Watt) που λαμβάνεται από μια κεραία:

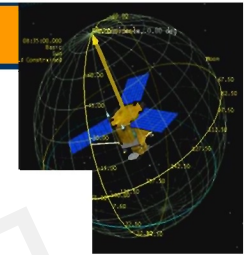
$$P_r = \frac{P_t A_t A_r \lambda^2}{16 \pi^2 d^2}$$

όπου P_t είναι η ισχύς μετάδοσης (Watt), A_t , A_r είναι η απολαβή μετάδοσης και λήψης (λόγος όχι σε dB), λ το μήκος κύματος (m) και d η απόσταση μεταξύ των κεραιών (m).



Παράδειγμα

Δυο $\lambda/2$ δίπολα (απολαβή δίπολου=2.15dB), που έχουν ρυθμιστεί για βέλτιστη λήψη, βρίσκονται σε απόσταση 50km. Ο πομπός τροφοδοτεί την κεραία εκπομπής με ισχύ 10Watt στα 144MHz. Υπολογίστε την ισχύ λήψης.



Απολαβή διπόλων $= 2.15\text{dB} \Rightarrow A_p^{(\text{dB})} = 2.15\text{dB}$

$$A_p^{(\text{dB})} = 10 \log A_p \Rightarrow$$

$$A_p = \log^{-1} A_p^{(\text{dB})} \Rightarrow$$

$$A_p = \log^{-1} 2.15\text{dB} \Rightarrow$$

$$A_p = 1.64$$

Ισχύς P_r (Watt) που λαμβάνεται από την κεραία:

$$P_r = \frac{P_t A_t A_r \lambda^2}{16 \pi^2 d^2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8 \text{ m/s}}{144 * 10^6 \text{ Hz}}$$

Ισχύς εκπομπής $P_t = 10$ (Watt)

Απολαβή μετάδοσης και λήψης $A_t = A_r = 1.64$

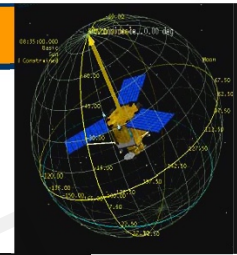
Απόσταση μεταξύ των κεραιών $d = 50 * 10^3 \text{ m}$



$$P_r = \frac{P_t A_t A_r \lambda^2}{16 \pi^2 d^2} \Rightarrow$$

$$P_r = \frac{10W * 1.64 * 1.64 \left(\frac{3 * 10^8 m / s}{144 * 10^6 Hz} \right)^2}{16 \pi^2 (50 * 10^3 m)^2} \Rightarrow$$

$$P_r = 2.96 * 10^{-10} Watt$$



Ενεργός Ισοτροπική Ακτινοβολούμενη Ισχύς Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

(EIRP) είναι η ισοδύναμη ισχύς που θα έπρεπε να ακτινοβολούσε ανισοτροπική κεραία για να επιτύχει την ίδια πυκνότητα ισχύος σε δεδομένο σημείο σαν οποιαδήποτε άλλα κεραία:

$$\text{EIRP} = P_r A_t = P_{in} A_p$$

όπου P_r =Ολική Ακτινοβολούμενη Ισχύς, P_{in} =Ισχύς Εισόδου Κεραίας, A_t =Απολαβή Καθοδήγησης Κεραίας και A_p =Απολαβή Ισχύος Κεραίας.



Ενεργός Ισοτροπική Ακτινοβολούμενη Ισχύς Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Επομένως η πυκνότητα ισχύος σε απόσταση d , από μια κεραία είναι:

$$P_D = \frac{EIRP}{4\pi d^2} = \frac{P_r A_t}{4\pi d^2}$$



Διάφορες Παρατηρήσεις

- Η ισχύς που συλλαμβάνεται από μια κεραία λήψης μέσα σε μια ενεργό επιφάνεια A_{eff} , είναι $C = P_D A_{\text{eff}}$. Η A_{eff} περιλαμβάνει την απολαβή και την αποδοτικότητα της κεραίας.
- Οι κεραίες είναι γραμμικά, ελλειπτικά ή κυκλικά πολωμένες ανάλογα με τη διεύθυνση του ακτινοβολούμενου ηλεκτρικού πεδίου.
- Σύνθετη Αντίσταση Εισόδου, $Z_{\text{in}} = E_i / I_i$



Πλάτος δέσμης ραδιοσήματος κεραίας

Το πλάτος της δέσμης ραδιοσήματος της κεραίας είναι η γωνιακή διαφορά μεταξύ δυο σημείων με ισχύ το μισό της μέγιστης

