

المحاضرة السابعة

انتشار الموجات

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

- بالنسبة للاتصالات الراديوية للمسافات الطويلة تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية لنقل المعلومات (صوت - فيديو - بيانات) من نقطة إلى نقطة أخرى خلال الأتوموسفير أو الفضاء
- تتكون الموجات الكهرومغناطيسية من مجال كهربى ومجال مغناطيسى متعامدان على بعضهما وعلى اتجاه الانتشار
- عندما تنتشر القدرة الكهربائية في شكل موجات كهرومغناطيسية في الفراغ تحتاج أن تصل إلى محطة الاستقبال بأقصى قدرة ممكنة

انتشار الموجات

- ولكن لعوامل كثيرة تكون الإشارة ضعيفة ولكي نحصل علي أقصى ما يمكن من هذه القدرة لا بدأ من استخدام هوائيات موجهة directional antenna
- تقسم الموجات الكهرومغناطيسية حسب نوع الاستقطاب إما أن يكون

✓ استقطاب أفقي

✓ استقطاب رأسي

✓ استقطاب دائري

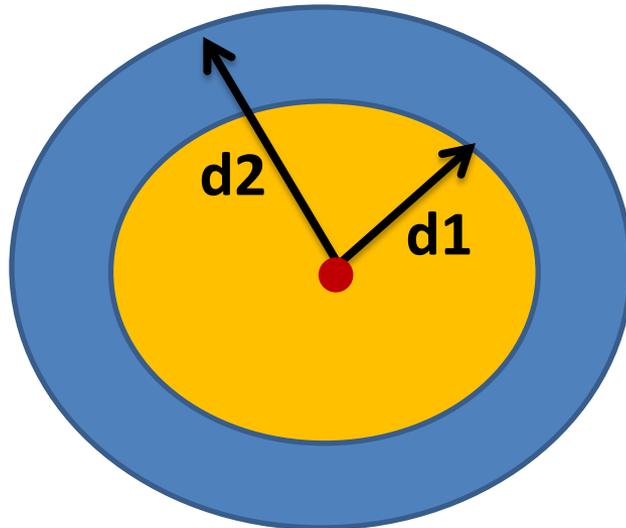
د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

- نوع الاستقطاب يحدد حسب المجال الكهربائي
- إذا كان المجال الكهربائي عمودياً علي اتجاه الانتشار يكون الاستقطاب في هذه الحالة رأسياً
- إذا كان المجال الكهربائي موازياً لاتجاه انتشار الموجات يكون الاستقطاب أفقياً في هذه الحالة
- وجد هذا المبدأ تطبيقات كثيرة لاتصالات خط النظر

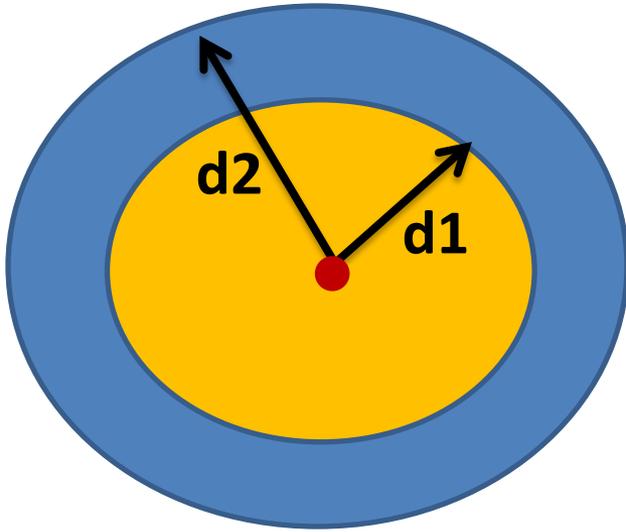
انتشار الموجات

- انتشار الموجات الكهرومغناطيسية يتم بواسطة هوائي في كل الاتجاهات أو هوائي موجه
- بالنسبة لهوائي متعدد الاتجاهات نفرض أن مصدراً يشع موجات كهرومغناطيسية كما موضح في الشكل التالي



انتشار الموجات

- بالنسبة لهذا المصدر يكون شكل الموجات كروية بنصف قطر عبارة عن d تتمدد هذه الموجات بسرعة الضوء
- كثافة القدرة بالنسبة لسطح الكرة عبارة عن



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

● حيث :-

● P_D كثافة القدرة w/m^2

● d القدرة عند نقطة المصدر

انتشار الموجات

- كثافة القدرة بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية بعيداً عن مصدر الإشعاع تعتبر مكافئيه للقدرة لدائرة كهربية
- بالمقابل يمكن اعتبار كثافة المجال مكافئة لفولت مولد خلال تلك الدائرة
- لذلك فإن كثافة المجال تعطي بالعلاقة

$$\delta = \sqrt{P_D Z}$$

حيث Z تمثل الممانعة النوعية لوسط التراسل

$$\delta = \sqrt{\frac{P_t}{4\pi d^2}} Z$$

انتشار الموجات

- إذ كان الانتشار خلال الفضاء الحر فإن Z تعتبر الممانعة النوعية للفضاء ويرمز لها

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

- حيث أن :-

$$\mu_0 \text{ النفاذية } 1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$\epsilon_0 \text{ السماحية الكهربائية } 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

بالتعويض عن هذه القيم نحصل أن الممانعة النوعية للفضاء

$$Z_0 = 377 \Omega \text{ الحر}$$

انتشار الموجات

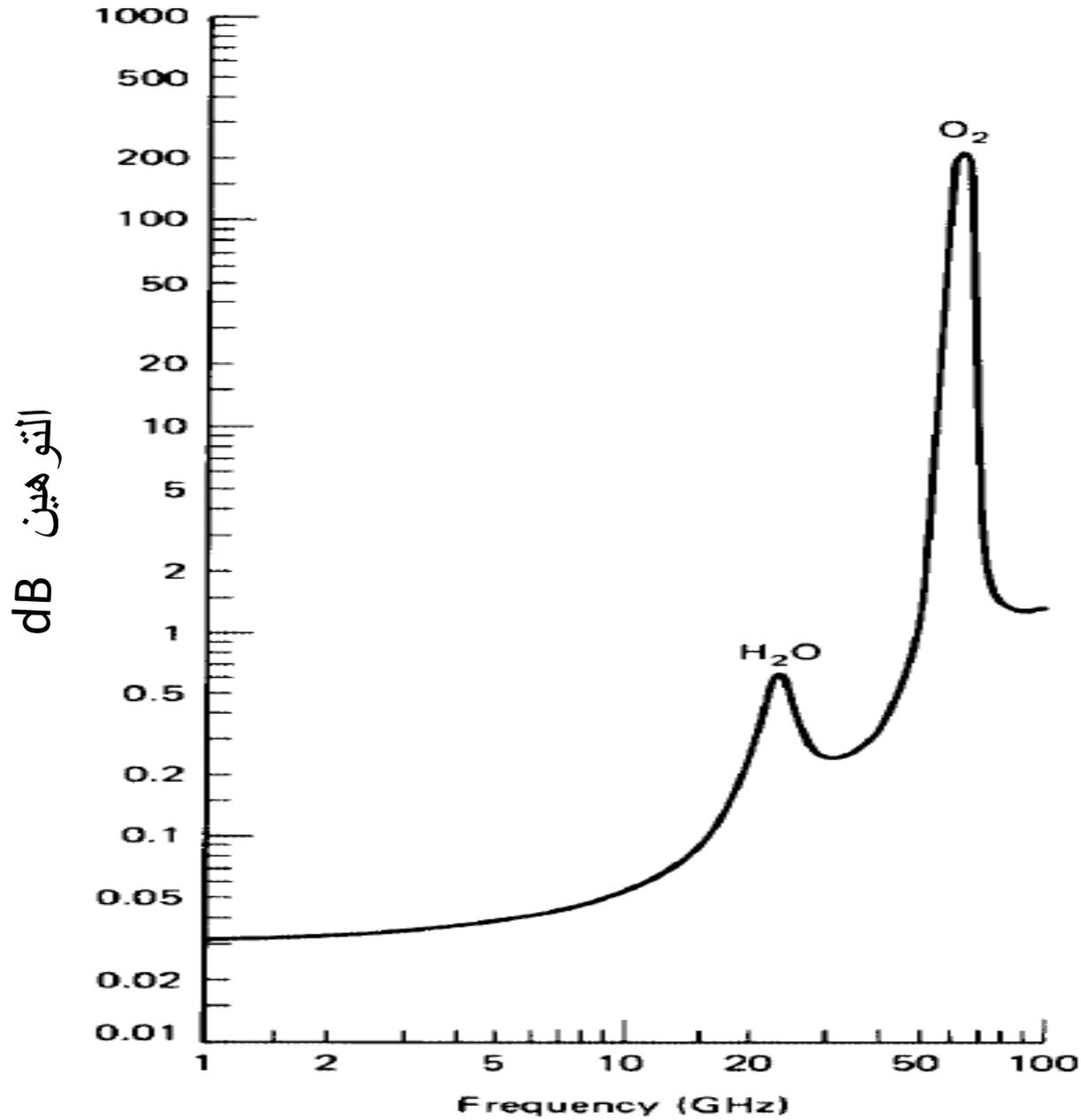
فقد الأتموسفير

- انتقال الإشارة من المحطة الأرضية إلى القمر الاصطناعي لا بدأ من أن تمر من خلال الأتموسفير والذي يشمل الأيونوسفير وهذا يؤدي إلى إعاقة تلك الإشارة
- يحدث الفقد في الأتموسفير الأرضي لامتصاص الطاقة بواسطة غازات الأتموسفير
- هذا يسمى فقد امتصاص الأتموسفير ويختلف عن الفقد الذي يحدث لعوامل الطقس الأخرى

انتشار الموجات

فقد الأتموسفير

- الفقد للعوامل الأخرى يسمى توهين الأتموسفير
- فقد امتصاص الأتموسفير يتغير مع التردد كما يبين الشكل التالي
- هذا الشكل أدناه مبني علي بيانات إحصائية
- من الشكل نلاحظ قمتين القمة الأولى عند تردد 22.3GHz لامتصاص الرنين في بخار الماء
- القمة الثانية عند 60GHz وهذا نتيجة لرنين الامتصاص في الأوكسجين



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

فقد الأتموسفير

○ هذا الشكل لزاوية إسقاط رأسي أي زاوية ميل 90 درجة لهوائي المحطة الأرضية

○ يرمز لفقد الامتصاص (توهين الأتموسفير) عند هذه الزاوية زاوية ميل 90 درجة $[AA]_{90^\circ}$

○ الصيغة التغيرية لتوهين الأتموسفير تعطي بالعلاقة الآتية

$$[AA] = [AA]_{90} \operatorname{cosec} \theta$$

○ حيث θ هي زاوية الارتفاع للهوائي

انتشار الموجات

□ فقد الأتموسفير

➤ أيضاً حدوث ظاهرة الخفوت وهذه الظاهرة تحدث نتيجة للفرق في معامل الانكسار بالنسبة للأتموسفير refractive index

➤ هذه الظاهرة يمكن أن تؤدي إلى تركيز الموجات الراديوية أو إضعافها إلى الحد الذي لا يمكن أن يكون هنالك كشف للإشارة

انتشار الموجات

□ تأثير الترسيب

➤ كثافة الترسيب تقاس بمعدل سقوط الأمطار R وهو عبارة عن mm/h

➤ الترسيب الزمني الإحصائي يعطي باحتمالية التوزيع التراكمي وهو يعطي إشارة للنسبة السنوية ($\rho\%$)

انتشار الموجات

تأثير الترسيب

- هذه النسبة تعطي إشارة إذا كانت هنالك زيادة معينة في كمية الترسيب في حالة عدم وجود بيانات دقيقة عن الترسيب
- بالنسبة لموقع المحطة الأرضية فإنه تستخدم بيانات تقرير

CCIR No. 563

- تأثير الترسيب هو:-

i. التوهين

ii. الاستقطاب المتقاطع

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

□ توهين الأمطار

- توهين الأمطار عبارة عن دالة في معدل سقوط الأمطار
- المقصود بمعدل سقوط الأمطار هو عبارة عن كمية الماء المتراكمة في عداد أمطار علي الأرض في الإقليم المعني عند المحطة الأرضية
- المهم في هذا الأمر هو نسبة الزمن التي خلالها يزيد معدل تراكم مياه الأمطار عن قيم محددة ونسبة الزمن تقاس بالنسبة للسنة

انتشار الموجات

□ توهين الأمطار

- عموماً يرمز لنسبة الزمن ρ ومعدل سقوط الأمطار R_p التوهين الناتج عن ذلك ويرمز له ب

$$\alpha = aR_p^b \text{ dB/km}$$

- الثوابت a و b تعتمدان علي الاستقطاب أفقي أو رأسي
- التوهين الكلي يعطي بالعلاقة الآتية

$$A = \alpha L \text{ dB}$$

Frequency, GHz	a_h	a_v	b_h	b_v
1	0.0000387	0.0000352	0.912	0.88
2	0.000154	0.000138	0.963	0.923
4	0.00065	0.000591	1.121	1.075
6	0.00175	0.00155	1.308	1.265
7	0.00301	0.00265	1.332	1.312
8	0.00454	0.00395	1.327	1.31
10	0.0101	0.00887	1.276	1.264
12	0.0188	0.0168	1.217	1.2
15	0.0367	0.0335	1.154	1.128
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
25	0.124	0.113	1.061	1.03
30	0.187	0.167	1.021	1

جدول يبين قيم a و b حسب الاستقطاب أفقي أو رأسي والتردد

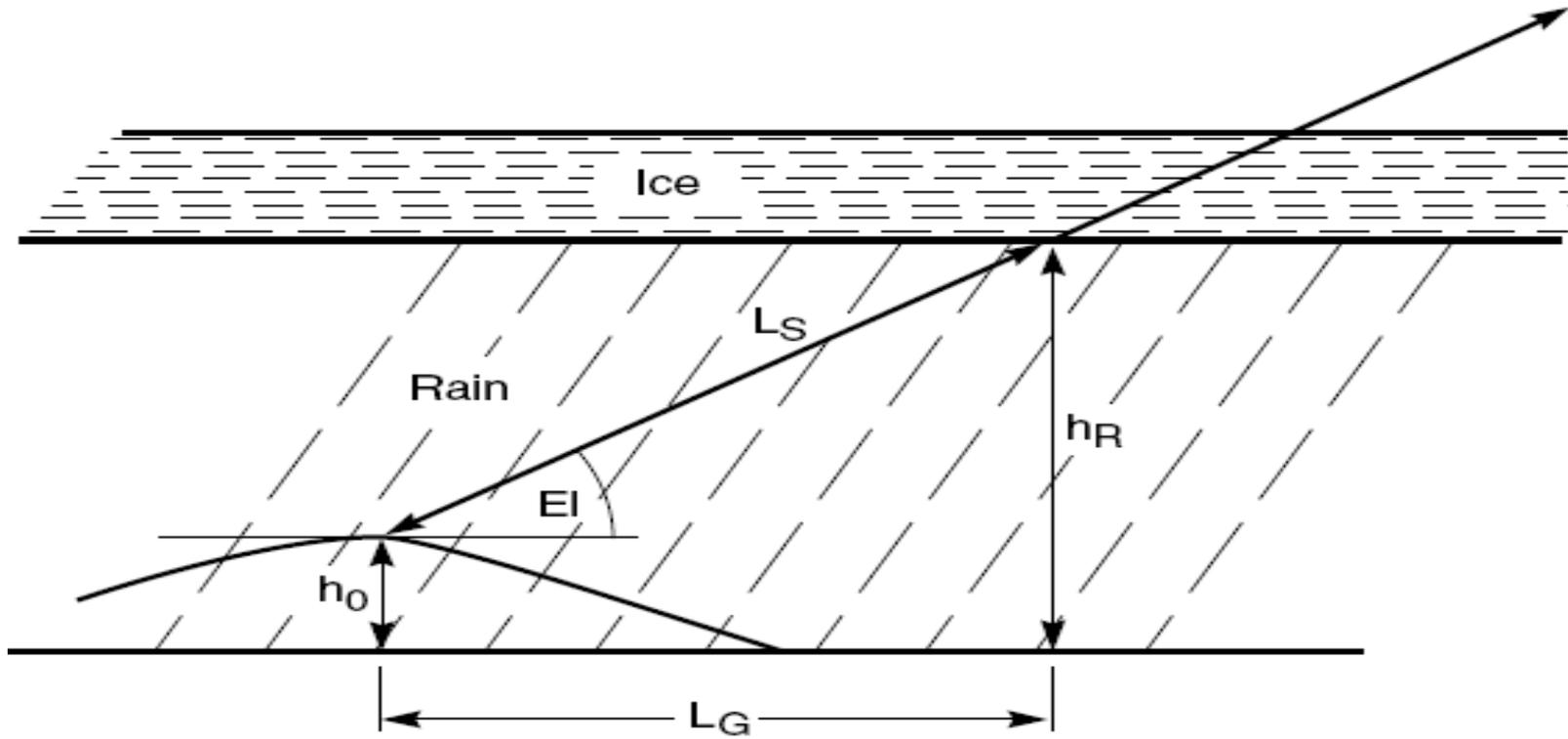
د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

□ توهين الأمطار

- حيث L هو الطول المؤثر للمسار بالنسبة للإشارة خلال المطر
- طول المسار المائل أو المنحدر يرمز له بالرمز L_s وهو يعتمد علي زاوية ارتفاع الهوائي θ وارتفاع المطر h_R
- ارتفاع المطر h_R هو الارتفاع الذي عنده يحدث التجمد
- من الشكل التالي فإن المسار المائل يعطي بالعلاقة الآتية

$$L_s = \frac{h_R - h_o}{\sin \theta}$$



الشكل يبين طول المسار خلال الأمطار

انتشار الموجات

□ توهين الأمطار

■ الطول المؤثر يعطي بالعلاقة الآتية

$$L = L_S r_p$$

■ حيث r_p هي عامل النقصان وهو دالة في نسبة الزمن

■ L_G هو عبارة عن الإسقاط الأفقي بالنسبة ل L_S

$$L_G = L_S \cos El$$

انتشار الموجات

□ توهين الأمطار

- بتأثير كل هذه العوامل السابقة فإن توهين الأمطار يعطي بالعلاقة الآتية

$$A_{\rho} = aR_{\rho}^b L_S r_{\rho} \dots \dots \dots dB$$

For $p = 0.001\%$	$r_{0.001} = \frac{10}{10 + L_G}$
For $p = 0.01\%$	$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4L_G}$
For $p = 0.1\%$	$r_{0.1} = \frac{180}{180 + L_G}$
For $p = 1\%$	$r_1 = 1$

الجدول يبين قيم العوامل المستخدمة لإيجاد توهين
الأمطار

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

انتشار الموجات

□ توهين غازات الأتموسفير

■ التوهين الذي يحدث نتيجة للغازات يعتمد علي الأتي

i. التردد

ii. زاوية الارتفاع

iii. ارتفاع المحطة الأرضية

iv. تركيز بخار الماء

■ لا يوجد تأثير ملموس عند الترددات أقل من 10 GHz

انتشار الموجات

□ توهين غازات الأتموسفير

- لا يتعدى تأثير هذا التوهين 1 - 2 dB عند تردد 22GHz عند رطوبة متوسطة وزاوية ارتفاع أكبر من 10 درجة

انتشار الموجات

التوهين نتيجة العواصف الرملية

- هذا توهين محدد (dB/km) يتناسباً عكسياً مع الرؤية ويعتمد اعتماداً كلياً علي رطوبة الجزيئات
- عند 14GHz هذا التوهين عبارة عن 0.03dB/km بالنسبة للجزيئات الجافة ويساوي 0.65dB/km بالنسبة لجزيئات بنسبة رطوبة 20%
- يصل التوهين من 1 إلي 2dB بالنسبة لمسار طوله 3 كيلومتر

انتشار الموجات

الانكسار

- التريبوسفير الأيونوسفير لهما معامل انكسار مختلف
- معامل الانكسار بالنسبة للتريبوسفير يتناقص مع الارتفاع وهو دالة في العوامل الارصادية المختلفة المختلفة ولا يعتمد علي التردد
- أما معامل الانكسار الأيونوسفير فهو يعتمد علي التردد وكمية الالكترونات الموجودة في الأيونوسفير

انتشار الموجات

الانكسار

■ تأثير الانكسار يتسبب في الاتي

i. انحناء مسار الموجة

ii. تغير في سرعة الموجة

iii. يؤثر في زمن الانتشار

iv. تغير في معامل الانكسار يتسبب في تغير زاوية الوصول والطور والمطال

انتشار الموجات

الانكسار □

- من أسوء الظواهر بالنسبة للأيون وسفير هي ظاهرة إطلاق الشرر أو الومضات وهذه الظاهرة كبيرة عندما يكون التردد قليل وتكون المحطة الأرضية قريبة من خط الاستواء

انتشار الموجات

تأثير المسارات الأرضية

- عندما يكون هوائي المحطة الأرضية صغير وله شعاع عرضه الزاوي كبير فإن الإشارة المستلمة تكون نتيجة لموجة مستلمة مباشرة وأخري مساوية في المطال ولكنها مستلمة نتيجة للانعكاس من الأرض أو من أي عائق اخر
- إذا كانت هاتان الإشارتان لهما طور متعاكس فإن ذلك يؤدي إلي توهين عالي جداً ويمكن أن يؤدي ذلك الي عدم التمكن من استلام الاشارة

انتشار الموجات

□ تأثير المسارات الأرضية

- هذا التأثير يمكن التخلص منه بواسطة استخدام هوائي موجه توجيهه كافٍ
- للتخلص من الموجة المنعكسة من الأرض أو أي عائق آخر