

المحاضرة الثامنة

عناصر وصلة القمر

عناصر وصلة القمر

- عند تصميم الأقمار ذات المدارات الثابتة لأغراض الإتصالات يجب أن تراعي عدة عوامل لكي يعمل القمر بصورة صحيحة وبكفاءة عالية ويكون وزن جسم القمر مناسب وأن يكون هنالك تحكم وسيطرة
- هذه الأقمار تخصص لها حزم من الترددات ويجب أن يكون هنالك فواصل مناسبة بين تلك الحزم لمنع التداخل
- استخدام الترددات المنخفضة يمكن أن يؤدي إلي تداخل مع الاتصالات الأرضية التي تستخدم الميكروويف وكذلك أيضاً عرض النطاق يكون ضيق

عناصر وصلة القمر

- استخدام ترددات عالية يؤدي إلى عرض نطاق كبير ولكن هناك مشاكل معقدة بالنسبة لانتشار هذه الترددات أكبر من 10GHz
- العامل المؤثر في اختيار التردد أو الحزمة الترددية هو التوهين الذي يمكن أن يحدث
- تأثير يكون غير مؤثر إذا كانت زاوية ارتفاع الهوائي أكبر من أو تساوي 5 درجة والترددات أقل من 10 GHz ولكن أعلى من 10 GHz يكون تأثير التوهين نتيجة الأمطار

عناصر وصلة القمر

- من الأشياء المهمة لأي منظومة اتصالات هي تحقيق اتصال بصورة جيدة ويجب أن تحقق هذه المنظومة متطلبات معينة مع محدودية قدرة المرسل وعرض نطاق الإشارة المرسلة
- من العناصر المهمة جداً هي نسبة الإشارة إلي الضوضاء عند عرض النطاق القاعدي
- شدة الإشارة ذات النطاق القاعدي المستلمة بواسطة المحطة الأرضية أو القمر تكون ضعيفة جداً مقارنة مع الضوضاء المصاحبة ويجب أن يتم كشف هذه الإشارة في وجود هذه الضوضاء

عناصر وصلة القمر

- ولذلك من الضروري تحديد نسبة الإشارة إلي الضوضاء S/N عند المستقبل
- من العوامل التي تؤثر علي S/N هو الحامل للضوضاء C/N بالنسبة لإشارة RF أو IF عند المستقبل
- أيضا من العوامل المؤثرة علي نسبة الإشارة إلي الضوضاء هو نوعية التعديل المستخدم

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- نفرض أن لدينا مرسل يشع في كل الاتجاهات بانتظام بقدرة مقدارها P_T وات وعلي مسافة d متر من المصدر
- هذه القدرة تنتشر علي سطح كرة نصف قطرها d
- تدفق كثافة القدرة خلال هذا السطح عبارة عن

$$PFD = \frac{P_T}{4\pi d^2} \quad w/m^2$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- الأقمار العملية تستخدم هوائيات موجه تبتث في اتجاه محدد
- كسب هذا الهوائي في ذلك الاتجاه عبارة عن $G(\theta)$ و θ هي الزاوية المحددة للهوائي هذا الكسب يعطي بالعلاقة الآتية

$$G(\theta) = \frac{P(\theta)}{P_0/4\pi}$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

■ حيث :-

$P(\theta)$: هي القدرة المنتشرة في هذا الاتجاه

P_0 : هي القدرة المنتشرة الكلية

$G(\theta)$: كسب الهوائي لهوائي بزاوية θ

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- إذا كان الهوائي الموجه له كسب عبارة عن G_T والقدرة المرسلة الكلية P_T فإن كثافة التدفق في اتجاه الهوائي علي مسافة d متر هي

$$PFD = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2} \quad w/m^2$$

- $P_T G_T$ عبارة عن الإشعاع المؤثر للقدرة المتساوية ويرمز لها ب $EIRP$

$$PFD = \frac{EIRP}{4\pi d^2} \quad w/m^2$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- إذا كانت مساحة فتحة الهوائي A_T كبيرة مقارنة ب λ^2 وهو الطول الموجي للإشارة المرسلَة فإن كسب هوائي الإرسال

$$G_T = \frac{4\pi A_T}{\lambda^2} \quad \text{هو } G_T$$

- القدرة المستلمة بواسطة هوائي المستقبل هي

$$P_R = \left(\frac{P_T G_T}{4\pi d^2} \right) A_R$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- حيث A_R هي مساحة فتحة هوائي المستقبل
- كسب هذا الهوائي يعطي بالعلاقة الآتية

$$G_R = \frac{4\pi A_R}{\lambda^2}$$

- ومن هذه العلاقات فإن القدرة المستلمة تعطي بالعلاقة الآتية

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

■ معادلة القدرة المستلمة تحتوي علي فقد التمدد ويسمي فقد المسار L_p Pass loss وهو عبارة عن $(4\pi df / c)^2$ ويمكن

$$L_p = (4\pi df / c)^2 \quad \text{كتابته علي النحو}$$

$$L_p = k + 20 \log d + 20 \log f$$

■ حيث $k=32.5$

$$L_p = 32.5 + 20 \log d + 20 \log f$$

f MHz و d km

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- هناك فقد الامتصاص وفقد التشتت وتسمى الفقد الإضافي L_a

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi d)^2 L_a}$$

- بالنسبة للهوائيات العملية فإن مساحة فتحة الهوائي بالنسبة للمحطة المستقبلية ليست كلها مؤثرة هناك مساحة تسمى مساحة الفتحة المؤثرة A_{eff} ولذلك يصبح الكسب هو

$$G_R = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

■ حيث $A_{eff} = \eta A_R$

- η : كفاءة مساحة فتحة الهوائي وتتراوح قيمتها بين 65% للهوائي الصغير و 75% للهوائي الكبير من النوع العاكس الباربوليكي وتصل إلي 90% للهوائي من النوع البوق

$$10 \log P_R = 10 \log P_T + 10 \log G_T + 10 \log G_R - 20 \log(4\pi d / \lambda)$$

■ لكن $10 \log P_T + 10 \log G_T = EIRP \text{ dBw}$

$$P_R = [EIRP + G_R - L_a] \text{ dBw}$$

عناصر وصلة القمر

مستوى قدرة المنظومة

- هنالك فقد يحدث لهوائي الإرسال والاستقبال L_{TX} و L_{RX}
- يمكن كتابة القدرة المستلمة كالاتي

$$P_R = (EIRP + G_R - L_P - L_a - L_{TX} - L_{RX}) dBw$$

عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

- بالنسبة لأي وسط موصل فإن هنالك حركة حرة وعشوائية الإلكترونات الحرة
- أوضح نيكوست أن هنالك فولت عشوائي يظهر خلال مقاومة R عند درجة حرارة T خلال عرض نطاق B يعطي بالعلاقة الآتية

$$\overline{e_n^2} = 4kTBR \text{ volts}$$

عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

■ حيث :-

e_n : فولت الضوضاء

k : ثابت بولتزمان $1.38 \times 10^{-23} J/K$

R : مقاومة أوم

B : عرض نطاق الضوضاء

T : درجة الحرارة المطلقة

عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

■ قدرة الضوضاء P_n تعطي بالعلاقة الآتية

$$P_n = \frac{\overline{e_n^2}}{4R} = KTB \text{ watts}$$

$$T_n = \frac{P_n}{KB}$$

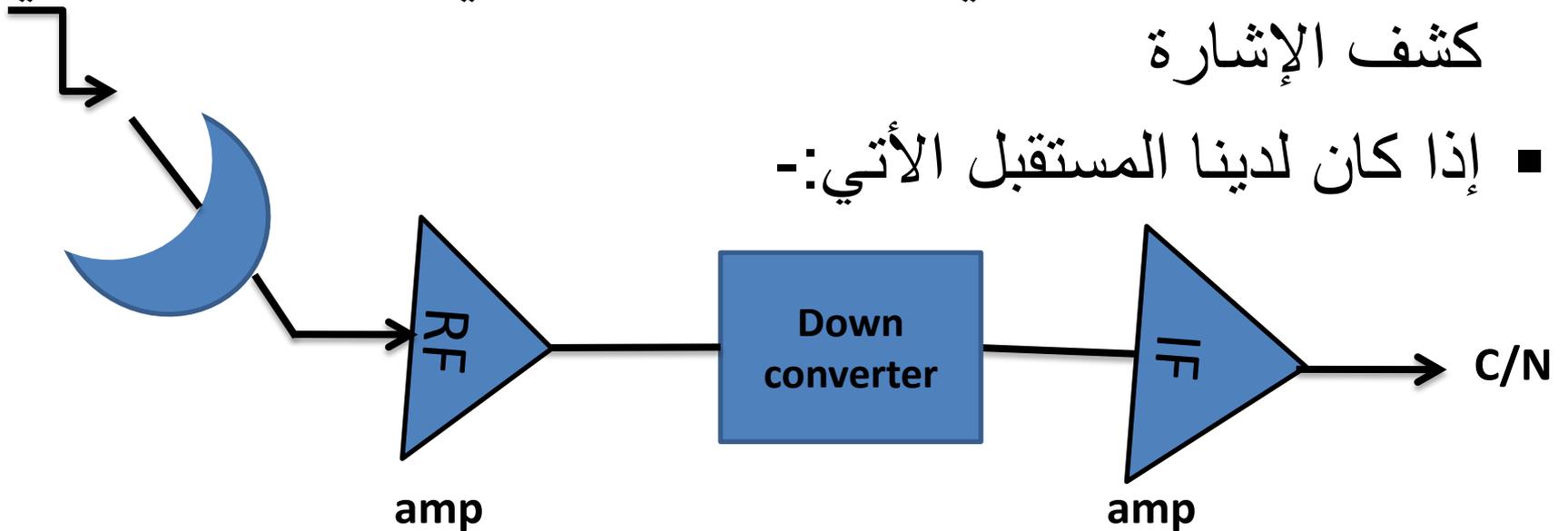
■ KT_n تسمى كثافة قدرة الضوضاء وتكون ثابتة لكل الترددات حتى 300 GHz

عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

■ لقياس أداء المستقبل الكلي لأبد من قياس درجة الحرارة الكلية للمنظومة والتي يمكن أن تؤثر علي أداء المستقبل في كشف الإشارة

■ إذا كان لدينا المستقبل الآتي:-



عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

- من هذا المخطط فإن قدرة الضوضاء عند كاشف الإشارة عبارة عن

$$P_n = kT_s BG$$

T_s : درجة حرارة المنظومة

G : الكسب الكلي ل IF و RF

عناصر وصلة القمر

ضوضاء المنظومة System Noise

- ومن ذلك فإن نسبة الناقل الي الضوضاء عند دخل كاشف الإشارة هو

$$\frac{C}{N} = \frac{P_R G}{kT_s B G} = \frac{P_R}{kT_s B}$$

$$C/N \text{ dB} = EIRP \text{ dB}_w - 20 \log[4\pi d/\lambda] + G_R - 10 \log(kT_s B) \text{ dB}$$

$$C/N = C/N_o - 10 \log B$$

$$C/N_o = (EIRP - 20 \log[4\pi d/\lambda] + G_R - 10 \log T_s) \text{ dBHz}$$

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

- يعرف مقدار الضوضاء F كنسبة بين نسبة الإشارة إلى الضوضاء عند دخل المنظومة إلى نسبة الإشارة إلى الضوضاء عند خرج المنظومة

$$F = \frac{(S/N)_{i/p}}{(S/N)_{o/p}}$$

- ولكن $S_{o/p}$ هي عبارة عن $S_{i/p} G$ حيث G هو كسب المنظومة

$$F = \frac{S_{i/p} N_{o/p}}{N_{i/p} / S_{o/p}} = \frac{N_{o/p}}{GN_{i/p}}$$

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

- في المنظومة المثالية (Noise less) فإن

$$N_{o/p} = GN_{i/p} \Rightarrow F = 1$$

- ولكن في الأنظمة العملية فإن F أكبر من واحد

- إذا كان هنالك ضوضاء للمنظومة N_{sys} فإن

$$N_{o/p} = GN_{i/p} + N_{sys}$$

$$F = \frac{GN_{i/p} + N_{sys}}{GN_{i/p}} = 1 + \frac{N_{sys}}{GN_{i/p}}$$

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

■ إذا كانت $N_{i/p}$ هي قدرة المصدر عبارة عن $kT_s B$

$$F = 1 + \frac{N_{sys}}{GkT_s B} \quad T_s = T_o (290k)$$

$$F = 1 + \frac{N_{sys}}{GkT_o B}$$

■ درجة حرارة الضوضاء المؤثرة T_{eff} عبارة عن

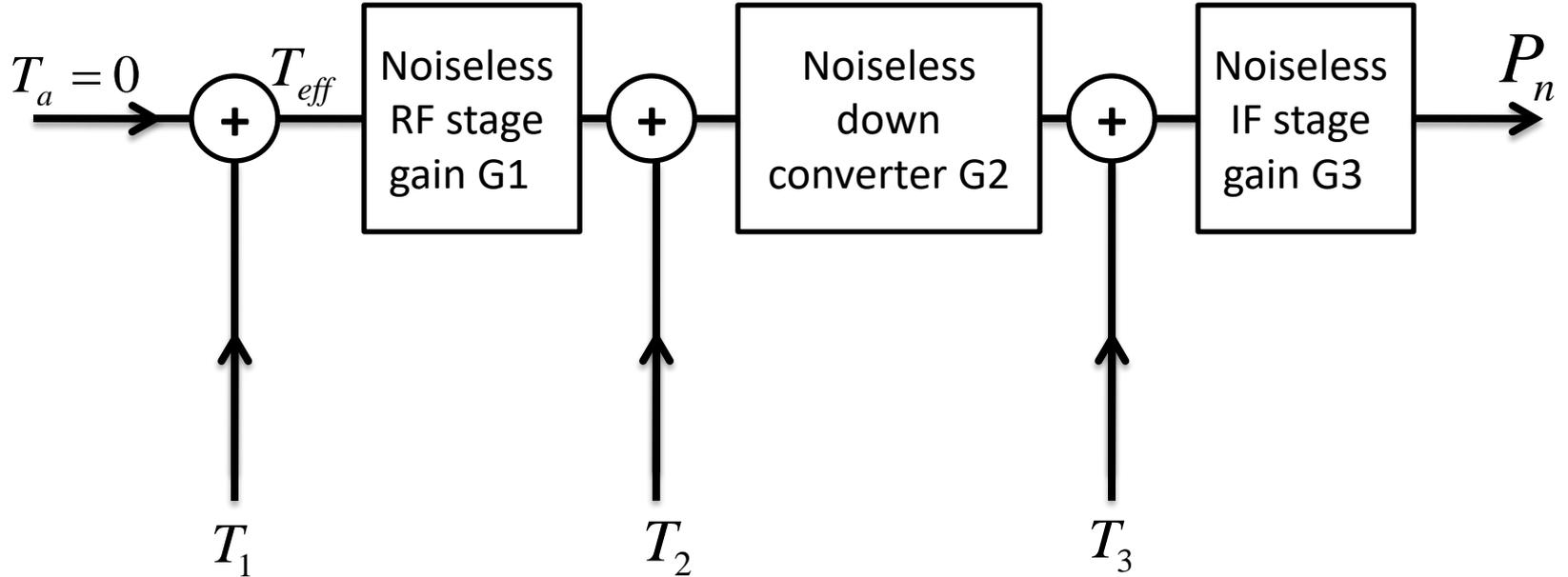
$$T_{eff} = N_{sys} / kGB$$

$$F = 1 + \frac{T_{eff}}{T_o}$$

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

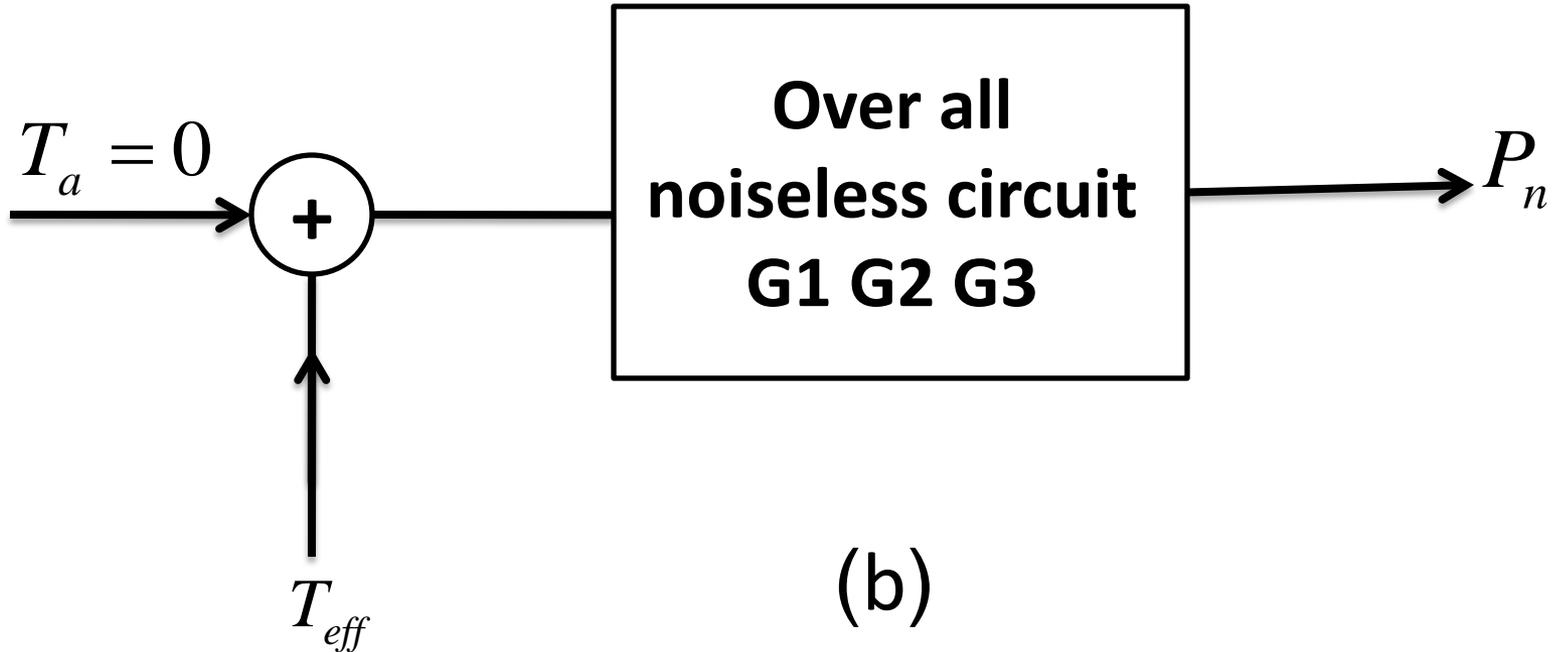
- إذا كان لدينا الدائرة المكافئة لمستقبل منظومة اتصالات الآتية



a

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء □



عناصر وصلة القمر

□ مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

■ من الدائرة (a) فإن

$$P_n = G_3 k T_3 B + G_3 G_2 k T_2 B + G_3 G_2 G_1 k T_1 B$$

■ حيث $G_1 G_2 G_3$ هي كسب المراحل المتعددة للمستقبل وكذلك T_3, T_2, T_1 هي درجة الحرارة المكافئة لكل مرحلة

$$P_n = G_1 G_2 G_3 k B [T_1 + (T_2 / G_1) + (T_3 / G_1 G_2)]$$

$$P_n = G_1 G_2 G_3 k T_{eff} B$$

$$T_{eff} = T_1 + \frac{T_2}{G_1} + \frac{T_3}{G_1 G_2}$$

عناصر وصلة القمر

□ مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

$$P_n = G_1 G_2 G_3 k B [T_1 + (T_2 / G_1) + (T_3 / G_1 G_2)]$$

$$P_n = G_1 G_2 G_3 k T_{eff} B$$

$$T_{eff} = T_1 + \frac{T_2}{G_1} + \frac{T_3}{G_1 G_2}$$

- من هذه المعادلة نلاحظ أن التأثير الكبير للضوضاء ناتج من المرحلة الأولى للمستقبل

عناصر وصلة القمر

مقدار الضوضاء ودرجة حرارة الضوضاء

- أيضا يمكن كتابة المعادلة أعلاه بدلالة مقدار الضوضاء F

$$F = 1 + \frac{T_1}{T_o} + \frac{T_2}{G_1 T_o} + \frac{T_3}{G_1 G_2 T_o}$$

- ومن ذلك نجد أن المعادلة تصبح كالآتي

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2}$$