

ITRAINONLINE MMTK

حساب الوصلات اللاسلكية – كراسة المتدرب

إعداد: سيياستيان بويتريخ، wire.less.dk
النسخة العربية: أنس طويلة، anas.tawileh.net

1.....	ITRAINONLINE MMTK
1.....	عن هذا المستند
1.....	معلومات حفظ الملكية الفكرية
2.....	تشكيل ميزانية الوصلة
2.....	عناصر الوصلة اللاسلكية
3.....	مصطلحات
4.....	عناصر الوصلة اللاسلكية بالتفصيل
4.....	جهة المرسل
6.....	الفضاء الطلق
8.....	جهة المستقبل
9.....	ميزانية الوصلة بأكملها
9.....	مثال 1
9.....	مثال 2
10.....	حسابات وأساليب أخرى متعلقة
10.....	ميلان الهوائي للتعويض عن أثر كروية الأرض والفرق بين إرتفاعات الأبراج
10.....	زاوية الإتجاه (الزاوية باتجاه الشمال الجغرافي) والبعد عن خطوط العرض والطول
10.....	مصادر معلومات خطوط العرض والطول والإرتفاع

عن هذا المستند

تشكل هذه المواد التدريبية جزءاً من حزمة تدريب الوسائط المتعددة (Multimedia Training Kit (MMTK). توفر هذه الحزمة مجموعة متكاملة من المواد التدريبية والموارد الداعمة للإعلام الإجتماعي، مراكز الوسائط المتعددة للمجتمعات، مراكز الولوج البعيد وغيرها من المبادرات باستخدام تقنيات المعلومات والإتصالات لتدعيم المجتمعات ودعم نشاطات التنمية.

معلومات حفظ الملكية الفكرية

للحصول Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5 لقد تم إصدار هذه الوحدة ضمن إتفاقية الترخيص على المزيد من المعلومات عن كيفية استخدام هذه المواد يرجى الإطلاع على نص حماية الملكية الفكرية المضمن مع هذه الوحدة أو راجع <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

تشكيل ميزانية الوصلة

يعني تشكيل ميزانية الوصلة (أو حساب ميزانية الوصلة) بشكل أساسي تجميع الأرباح والخسائر من بداية الوصلة وحتى نهايتها.

تتحدد فائدة حساب ميزانية الوصلة بمدى دقة قيم مساهمات العناصر الإفرادية كل على حدة (هل بإمكانك تقييم صحة الأرقام المدخلة؟) وبالقدرة على تفسير النتائج (هل تعلم فيما إذا كان الهامش 10 ديسيبل كافياً لتحقيق غاياتك؟)

عناصر الوصلة اللاسلكية

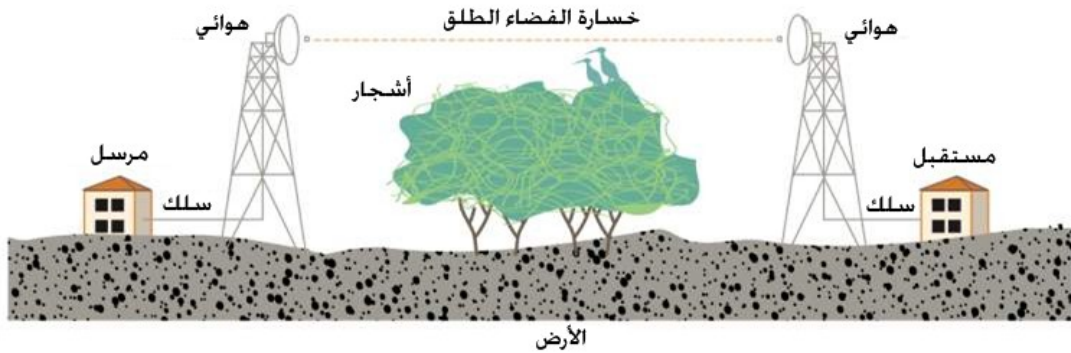
يمكننا تصنيف عناصر الوصلة اللاسلكية ضمن ثلاثة أجزاء رئيسية:

- الجهة المرسله مع قدرة إرسالها الفعالة
- الجهة الناقلة مع خسارة الانتقال
- الجهة المستقبلة مع حساسية إستقبالها الفعالة

قدرة الإرسال الفعالة: قدرة الإرسال (ديسيبل في الميللي وات dBm) - خسارة كل من (السلك + التوصيلة) (ديسيبل dB) + ربح المضخم (ديسيبل dB) + ربح الهوائي (ديسيبل نسبة إلى هوائي آيزوتروبي مثالي (dBi)

خسارة الانتقال: خسارة الفضاء الطلق (ديسيبل)

حساسية الإستقبال الفعالة: ربح الهوائي (ديسيبل dBi) + ربح المضخم (ديسيبل dB) - خسارة السلك (ديسيبل dB) - حساسية المستقبل (ديسيبل في الميللي وات dBm)



أي أنه وبكل بساطة فإن حساب الوصلة اللاسلكية الكاملة يعادل مساهمات جميع العناصر ضمن

الأجزاء الرئيسية الثلاثة لمسار الإرسال مع استخدام الديسيبل كوحدة لقياس جميع هذه القيم.

تعتبر جميع القيم الموجبة أرباحاً في حين تعتبر جميع القيم السالبة خسائر.

إن الإلمام بالقيم المنطقية لمساهمات كل من العناصر على حدة يشكل عاملاً أساسياً لحساب ميزانية الوصلة بشكل صحيح.

يتطلب الحصول على مساهمة الجزء المتعلق بالفضاء الطلق (والذي لن يكون مطلقاً تماماً بأي حال من الأحوال) الكثير من المعلومات التجريبية، منها على سبيل المثال تأثيرات الموقع، الظروف الجوية، إلخ.

مصطلحات

ستصادف أثناء عملك عدداً من المصطلحات والمفاهيم المتعلقة بحساب ميزانية الوصلات اللاسلكية:

ميزانية الوصلة / ميزانية القدرة / ربح النظام

وجميعها تعني بشكل أساسي حساب الإشارة أو القدرة في جميع أجزاء النظام.

هامش عمل النظام

يعلمك بالحاصل المتبقي لديك لاستثماره.

SNR

نسبة الإشارة إلى الضجيج.

EIRP

القدرة الفعالة المرسله في جميع الإتجاهات.

وهي مقياس للخروج الفعال لنظام ما، وتساوي خرج النظام معبراً عنه بقيمة مكافئة لنظام يقوم بالإرسال في جميع الإتجاهات (نظام آيزوتروبي).

تذكرة ببعض التحويلات:

متر = قدم x 0.3048

كيلومتر = ميل x 1.609344

ديسيبل بالميللي وات = للقيمة بالوات + 30 Log 10

وات = $10^{(dBm - 30) / 10}$

ميللي وات = $10^{(dBm / 10)}$

عناصر الوصلة اللاسلكية بالتفصيل

جهة المرسل

قدرة الإرسال

قدرة الإرسال هي قدرة خرج بطاقة الشبكة اللاسلكية. تعتمد حدود هذه القدرة على حدود التشريعات والقوانين المطبقة وبالتالي تتبع للدولة أو المنطقة والزمان.

لمعرفة قدرة الإرسال عليك مراجعة المواصفات الفنية الصادرة عن الجهة المنتجة للتجهيزات، حاول أن تتحقق من هذه القيم عبر استشارة أشخاص ذوي تجربة مسبقة بالتعامل مع نفس التجهيزات.

عليك الإنتباه بأن القيم المعطاة في جداول المواصفات الفنية تم الحصول عليها في المخبر، وبأن القيم الحقيقية قد تختلف تبعاً لدرجة الحرارة، القدرة الكهربائية.. إلخ.

من القيم الشائعة لقدرة الإرسال في بطاقات الشبكة اللاسلكية العاملة وفق معيار 802.11b: 15 – 20 ديسيبل بالميللي وات (30 – 100 ميللي وات)

مثال من جدول المواصفات الفنية لبطاقة شبكة لاسلكية تعمل بمعايير 802.11a/b:

قدرة الخرج:

أعظمية (802.11b: 18 dBm (65 mW

أعظمية (802.11a: 20 dBm (100 mW

خسارة الأسلاك

تمتلك جميع الأسلاك (وبغض النظر عن جودة تصنيعها) ضياعات على الدوام. من هنا أنت القاعدة التي تنص على أن الأسلاك ينبغي أن تكون أقصر ما يمكن بغية تخفيف هذه الخسارة. تتراوح القيم الشائعة لخسارة الأسلاك من 1 ديسيبل في المتر حتى 0.1 ديسيبل في المتر.

تعتمد خسارة الأسلاك بشكل كبير على ترددات الإشارة المارة عبر الأسلاك، لذلك عليك الإنتباه إلى اعتبار قيم مجالات الترددات الخاصة بك أثناء حساب هذه الخسارة. راجع المواصفات الفنية الصادرة عن الجهة المنتجة (وتحقق من هذه القيم عبر القياس المباشر إن أمكن).

القيم الشائعة لخسارة الأسلاك:

نوع السلك (ديسيبل لكل 100 متر) الخسارة

100 – 80 تقريباً	RG 58
50 تقريباً	RG 213
50	LMR-200
22	LMR-400
22	Aircom plus
14	LMR-600
12	Flexline "1/2
6.6	Flexline "7/8

خسارة الأسلاك - التوصيلات

عليك السماح بخسارة تعادل 0.25 ديسيبل تقريباً عند كل توصيلة في الأسلاك. تنطبق هذه القيمة على التوصيلات المصنعة بشكل جيد - أما التوصيلات الرديئة فستسبب بخسارة أكثر. راجع المواصفات الفنية للتوصيلات المستخدمة لمعرفة قيمة الخسارة المكافئة للتردد الذي ستستخدمه. تحتسب خسارة مانعات الصواعق والتي تتوضع عادةً بين الهوائي والتجهيزات اللاسلكية بما يعادل 1 ديسيبل.

المضخات

تستخدم المضخات عادةً للتعويض عن الخسارة الحاصلة ضمن الأسلاك أو لأسباب أخرى. بشكل عام يجب عدم استخدام المضخات إلا كحل أخير. توفر الهوائيات المصممة بدقة وتجهيزات الإستقبال ذات الحساسية العالية حلاً أفضل بكثير من تضخيم إشارة الإرسال.

تكلف المضخات عالية الجودة مبالغ باهظة. في حين قد تتسبب المضخات الرخيصة في تغيير مواصفات تردد الإشارة المرسل (زيادة عرض الحزمة) أو زيادة الضجيج. ينبغي أيضاً أخذ القوانين المرعية والحدود المسموحة بعين الإعتبار عند إضافة المضخات. فنياً لا توجد حدود للقدرة التي يمكن إضافتها عبر استخدام المضخات - لكن يجب الإلتباه إلى أن المضخات ستقوم بتكبير الضجيج تماماً كما ستقوم بتضخيم الإشارة.

الهوائي - جهة الإرسال Tx

تتراوح قيم مجالات ربح الهوائيات الشائعة بين 2 ديسيبل بالنسبة إلى هوائي أيزوتروبي مثالي dBi (للهوائيات البسيطة المتكاملة) إلى 5 dBi (للهوائيات متعددة الإتجاهات Omnidirectional) وحتى 25-30 dBi (للهوائيات العاكسة القطعية Parabolic).

لاحظ بأن هناك العديد من العوامل التي قد تتسبب في تخفيض ربح الهوائي: ضياعات التوجيه، ضياعات الإستقطاب... إلخ. لذلك عليك ألا تتوقع الحصول على الربح الكامل لأي هوائي إلا إذا ما قمت بتركيبه بالشكل الأمثل.

راجع وحدة الهوائيات لمزيد من التفاصيل.

الفضاء الطلق

خسارة الفضاء الطلق

تخسر الإشارة اللاسلكية جزءاً من طاقتها حتى أثناء مرورها في جو مفرغ تماماً من الهواء - لأنه تبعاً لمبدأ هويغنز فإن جزءاً من الطاقة سيرسل على الدوام في اتجاهات مغايرة لمحور الوصلة اللاسلكية. لاحظ بأن هذا التأثير لا علاقة له بأي من العوامل الأخرى كالهواء، الضباب، المطر أو أية تأثيرات إضافية قد تتسبب في المزيد من الضياعات. تتناسب خسارة الفضاء الطلق FSL طردياً مع مربع المسافة ومربع تردد الإشارة اللاسلكية:

$$(FSL [dB] = C + 20 * \text{Log}(D) + 20 * \text{Log}(F)$$

حيث: D المسافة

F التردد (بالميغاهرتز)

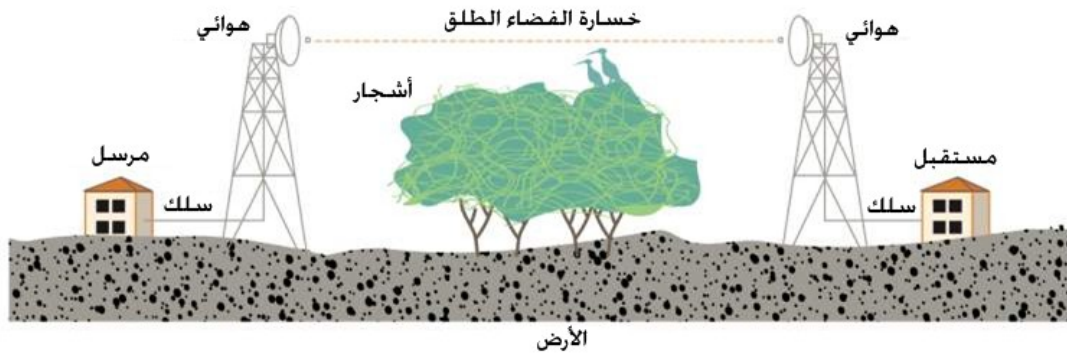
C ثابت قيمته تساوي 36.6 إذا ما قيست المسافة D بالميل

و 32.5 إذا ما قيست المسافة D بالكيلومتر

قيم خسارة الفضاء الطلق

915 ميغاهرتز	2.4 غيغاهرتز	5.8 غيغاهرتز
1 كيلومتر	100	108
10 كيلومتر	120	128
100 كيلومتر	140	148

الخسارة (ديسيبل)



الإنتشار في الفضاء الطلق: مناطق فرانيل

بإمكاننا باستخدام مبدأ هويغنز حساب المناطق (المساحة المحيطة بالمحور A-B) والتي تساهم نسبياً في نقل القدرة من النقطة A إلى النقطة B أو بالعكس.

بناءً على ذلك، يمكننا إيجاد قيمة البعد الأدنى لأي عائق (مبنى أو تلة على سبيل المثال) عن محور الوصلة A-B.

يتبنى معظم محترفي الشبكات اللاسلكية نهجاً يتطلب أن لا يتم اعتراض منطقة فرانيل الأولى بأية عوائق، إلا أن شروطنا يمكن أن تكون أكثر صرامة.

تتطلب بعض الأساليب الأخرى ألا يتم اعتراض منطقة تحتوي ما يعادل 60 % من القدرة الكلية بأي عائق - راجع المعادلة التالية:

$$(r = 17.33 \sqrt{d_1 * d_2 / f * d})$$

حيث r قطر المنطقة الأولى (بالمتر)

d1 ، d2 المسافات الفاصلة بين العائق وكل من نهائي الوصلة A و B.

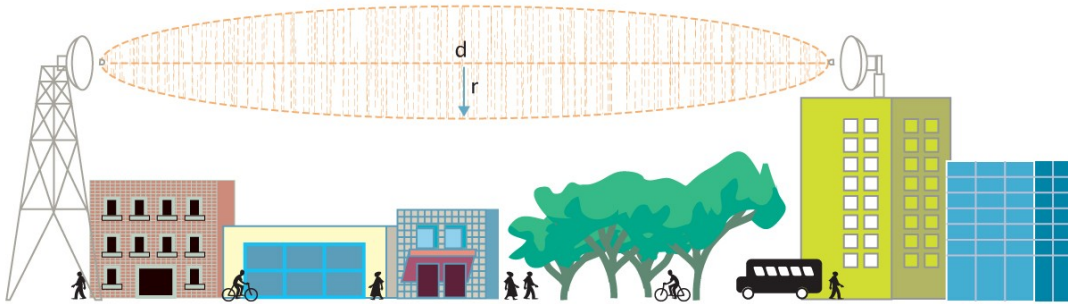
d مسافة الوصلة (بالكيلومتر)

f التردد (بالغيغاهرتز)

إذا كانت d1 = d2 (أي أن العائق يقع في منتصف مسافة الوصلة):

$$(r = 17.33 \sqrt{d / 4 * f})$$

$$(r (60\%) = 10.4 * \sqrt{d / 4 * f})$$



الإنتشار في الفضاء الطلق: مناطق فرانيل - قيم

إرتفاع الأرض المكافئ	915 ميغاهرتز	2.4 غيغاهرتز	5.8 غيغاهرتز	إرتفاع الأرض المكافئ
1 كيلومتر	9	6	4	0.02
10 كيلومتر	29	18	11	2
100 كيلومتر	90	56	36	200

قطر دائرة فرانيل الأولى (بالمتر)

ملاحظة: إرتفاع الأرض المكافئ يعبر عن (الثلة) التي تتشكل بين نقطتين نتيجة كروية الأرض.

جهة المستقبل

الهوائي والسلك في جهة الإستقبال - Rx

تحسب بنفس الأسلوب المتبع في جهة الإرسال.

المضخمات في جهة الإستقبال

تتطبق عليها أيضاً الحسابات والملاحظات الواردة في جهة الإرسال. تذكر بأنه لا ينصح باستخدام التضخيم إلا في حال فشل جميع الخيارات الأخرى ولا مفر من استخدامه للضرورة القصوى (للتعويض عن خسارة الأسلاك على سبيل المثال).

حساسية الإستقبال

تعتبر حساسية الإستقبال إحدى أهم العوامل التي غالباً ما يتم تجاهلها أثناء تصميم الوصلات اللاسلكية، وهي تعني ببساطة القدرة التي تحتاجها بطاقة الشبكة اللاسلكية لكي تعمل بشكل جيد ضمن وصلة ذات سرعة محددة لنقل البيانات. إن تغييراً بمقدار 10 ديسيبل في حساسية الإستقبال (والذي غالباً ما يمكن الحصول عليه بسهولة بتغيير بطاقة الشبكة اللاسلكية) يعادل في أهميته ربحاً قيمته 10 ديسيبل قد يستحصل عبر استخدام المضخمات أو زيادة حجم الهوائيات.

من القيم الشائعة لحساسية الإستقبال في بطاقات الشبكات اللاسلكية القياسية -85 ديسيبل في الميللي وات dBm والمكافئة لسرعة نقل البيانات الأعظمية في معيار 802.11b. يمكنك أن تجد بطاقات تعمل بحساسية تصل حتى -95 dBm.

أمثلة:

بطاقة الشبكة اللاسلكية من طراز : Orinoco PCMCIA Silver/Gold

11 Mbps => -87 dBm; 5.5 Mbps => -82 dBm

2 Mbps => -94 dBm; 1 Mbps => -93 dBm

بطاقة الشبكة اللاسلكية من طراز: Senao 802.11b
Mbps => -89 dBm; 5.5 Mbps => -91 dBm 11
Mbps => -93 dBm; 1 Mbps => -95 dBm 2

ميزانية الوصلة بأكملها

سنقوم فيما يلي باستعراض مثالين واقعيين عن ميزانية الوصلة: الأول لوصلة طولها 50 كيلومتر والثاني لوصلة بطول 1 كيلومتر.

مثال 1

ميزانية الوصلة الكاملة - مثال 1

dBm 015 +	خرج الإرسال
dB 003 -	الأسلاك والتوصيلات
dB _i 024 +	هوائي الإرسال
dB 134 -	خسارة الفضاء الطلق
(50 كيلومتر / 31.1 ميل بسرعة 2.4 غيغاهرتز)	
dB _i 024 +	هوائي الإستقبال
dB 003 -	الأسلاك والتوصيلات
dBm 085 - (سالِب!)	حساسية الإستقبال

dB 008 + هامش	الحاصل

مثال 2

dBm 018 +	خرج الإرسال
dB 005 - (أسلاك ذات نوعية رديئة)	الأسلاك والتوصيلات
dB _i 005 + (هوائي متعدد الإتجاهات)	هوائي الإرسال
dB 134 -	خسارة الفضاء الطلق
(50 كيلومتر / 31.1 ميل بسرعة 2.4 غيغاهرتز)	
dB _i 024 + (هوائي صفيحة)	هوائي الإستقبال
dB 003 - (أسلاك رديئة مجدداً!)	الأسلاك والتوصيلات
dBm 085 - (سالِب!)	حساسية الإستقبال

dB 13 + هامش	الحاصل

حسابات وأساليب أخرى متعلقة

بالإضافة إلى العوامل التي تم ذكرها حتى الآن، ينبغي عليك أن تأخذ بالحسبان عوامل التصحيح الناتجة عن شكل الموقع وهياكل الأبنية، العوامل الجوية وغيرها. تتميز هذه العوامل بأن تحديد قيمها يعتمد بالدرجة الأولى على التجربة!

ستصادف هذه العوامل ضمن تسميات مختلفة مثل تضاؤل المطر، تضاؤل الأماكن الحضرية، تضاؤل الموقع – كما ستصادف الكثير من الأساليب المختلفة لحساب هذه القيم. إلا أن هذ نظريات حساب هذه العوامل محدودة إلى حد بعيد: فالعوامل التي لا يمكن حساب قيمها أو تقديرها بسهولة (وعادةً فإن غالبية العوامل المذكورة تندرج ضمن هذا التوصيف) هي العوامل التي ستحدد في النهاية ما إذا كانت الوصلة ستعمل أم لا. قد يصل تأثير عوامل مثل المطر، الضباب، إلخ بل حتى مجرد تغيير في البيئة النباتية في وصلة طويلة المدى إلى تغيير يعادل 15 ديسيبل.

من الحسابات الأخرى المفيدة:

ميلان الهوائي للتعويض عن أثر كروية الأرض والفرق بين ارتفاعات الأبراج

$$\text{زاوية الميلان} = (D * 5280) / (\tan^{-1} * (h_1 - h_2))$$

حيث D هي مسافة الوصلة

زاوية الإتجاه (الزاوية باتجاه الشمال الجغرافي) (والبعد عن خطوط العرض والطول

$$\text{البعد} = r * \arcsin[\sin(\text{lat}_1 / 57.2958) * \sin(\text{lat}_2 / 57.2958) + \cos(\text{lat}_1 / 57.2958) * \cos(\text{lat}_2 / 57.2958) * \cos(\text{lon}_2 / 57.2958 - \text{lon}_1 / 57.2958)]$$

حيث يقاس كل من lat, lon بالدرجات المترية

$$r = 6378.7 \text{ كيلومتر}$$

$$r = 3963.0 \text{ ميل}$$

مصادر معلومات خطوط العرض والطول والارتفاع

تتمثل الخطوة الأولى عادةً عند التخطيط لوصلة لاسلكية في الحصول على معلومات موثوقة عن الإحداثيات

الجغرافية (خطوط العرض والطول) والإرتفاع لموقع الوصلة. من المصادر المفيدة للمعلومات في هذا السياق:

- معلومات الإحداثيات التي تقوم بقياسها بنفسك باستخدام أنظمة تحديد الموقع الجغرافية GPS.
- يحتوي مشروع مهمة الرادار الموكي لتوصيف سطح الأرض SRTM (Shuttle Radar Topology Mission) على قاعدة بيانات لمعلومات الإرتفاع لكامل كوكب الأرض إلا أنها متفاوتة من حيث الدقة.
- غالباً ما تنتشر مواقع الطيران والمطارات معلومات دقيقة عن الإحداثيات الجغرافية.
- تحدد مواقع محطات راديو الهواة مواقعها بدقة مقبولة.
- غالباً ما تعطي المواقع الإسلامية إحداثيات المساجد والزوايا باتجاه مكة المكرمة (وبالتالي باتجاه أي موقع آخر).
- قد تحتوي مواقع المدن على الإنترنت على إحداثيات هذه المدن.
- يقوم المشروع الرائع www.confluence.org بتجميع معلومات وصور لكل زوج من إحداثيات الطول والعرض. يشكل هذا المشروع (بالإضافة إلى ميزات الجمالية) مدخلاً أولياً جيداً للبدء بدراسة منطقة ما.
- لا تنسى الخبرة والأساليب المحلية، فقد تشكل الألعاب النارية أداة جيدة لتقدير المسافة.

برنامج RadioMobile

تعود جذور هذا البرنامج إلى نشاطات راديو الهواة، ويتيح القيام بعمليات تخطيط الشبكات اللاسلكية المتكاملة، إضافة إلى حساب خط النظر وتغطية الشبكة بناءً على معطيات الموقع. يعمل البرنامج حالياً ضمن نظام التشغيل ويندوز Windows فقط ويستخدم من قبل الكثير من خبراء الشبكات اللاسلكية كأداة مساعدة أو تحضيرية.

يقبل البرنامج معلومات الإرتفاع بصيغ مختلفة مثل، HGT، DTED، GLOBE، SRTM30، GTOPO، ...

من المصادر شائعة الإستخدام للمعلومات الجغرافية قاعدة بيانات مشروع مهمة الرادار الموكي لتوصيف سطح الأرض SRTM التابع لوكالة الفضاء الوطنية الأمريكية (ناسا NASA) والذي يحتوي معلومات مجانية عن إرتفاع سطح الأرض تغطي كامل الكرة الأرضية بدقة متفاوتة. يستطيع برنامج RadioMobile تركيب الخرائط والخلفيات بالإضافة إلى المعلومات الجغرافية.

موقع البرنامج على الإنترنت:

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

حاسبات وجدول حسابية على شبكة الإنترنت

تعتبر الحاسبات المتوفرة على شبكة الإنترنت والجدول الحسابية المتاحة للإستخدام دون الربط بالإنترنت أداة هامة للمساعدة في إعداد ميزانية الوصلات اللاسلكية. عليك التأكد دائماً بأنك قادر على العمل دون الوصول إلى الإنترنت وإذا ما دعت الحاجة عليك باستخدام الورقة والقلم بالإضافة إلى الحساب عبر شبكة الإنترنت. سنزودك مع هذه الوحدة بجدول حسابي لإعداد ميزانية الوصلات اللاسلكية كمثال عن الخيارات المتاحة. يمكنك تعديل هذا الجدول أو بناء جدول حسابي جديد آخر ليتلاءم مع متطلباتك الخاصة.