مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (1)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (1) 2004

دور التغطيــة في تحسيــن أداء الشبكــات الخلويـــة

الدكتور حسن عباس *
كنان علي غانم**

(قبل للنشر في 2004/1/3)

□ الملخّص □

يعرض هذا البحث المحددات الرئيسية المستخدمة من أجل تأمين تغطية شاملة في الشبكات الخلوية بهدف تأمين وثوقية النظام ونوعية خدمات جيدة كما يدرس العوامل المؤثرة في تحسين التغطية مما ينعكس على الأداء العام للشبكات الخلوية الأمر الذي يمكن جميع المشتركين من استخدام خدمات هذه الشبكات بسهولة ويسر

فعندما نتحدث عن أداء الشبكات الخلوية فإن أول ما يتبادر إلى ذهننا هو التغطية التي تعتبر البوابة الرئيسية التي تدخل من خلالها جميع الخدمات وصولاً إلى المشتركين الذين يتصلون ويتحركون.. .

كما يهدف هذا البحث يهدف إلى دراسة التغطية كركن أساسي من أركان النظام في شبكات الاتصال الخلوي، بهدف الوصول إلى نظام أكثر وثوقية ونوعية.

ويعرض هذا البحث دور العوامل التي تتحكم بفعالية ومدى التغطية ومدى تأثيرها، آخذين بعين الاعتبار كل الظروف بدءاً من حالة التغطية المبدئية وصولا إلى التغطية الشمولية التي تسعى جميع الشركات المشغلة إلى تحقيقها بسرعة قياسية وبكلف استثمارية قليلة.

وأخيرا يتضمن البحث قياسات حية لبارامترات الإشارة الخلوية للشبكة الخلوية السورية واحصائيات تعكس الأداء الفعلي للشبكة المحلية حيث قمنا بتسجيل القياسات في مراحل مختلفة من تطوير الشبكة على مدى عدة أشهر بالتعاون مع الشركتين المشغلتين.

*أستاذ في قسم هندسة الاتصالات – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين –اللاذقية –سوريا .
**طالب ماجستير في قسم هندسة الاتصالات – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين –اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (1)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (1) 2004

Coverage Role in GSM Networks Performance Enhancement

Dr. Hassan Abbas*
Kinan Ghanem **

(Accepted 3/1/2004)

□ ABSTRACT □

This research explains the main parameters used to provide a complete coverage in cell phone networks in order to provide a system reliability and better services quality. It also studied the factors that help to improve the coverage the thing that affects the general performance of the networks, and enables all subscribers use the services of these networks easily.

The first thing comes to mind when talking about the networks is coverage which is considered the main gate through which all services pass, reaching the subscribers who communicate and move.

This research also aims studying the coverage as a basic element in the cell-phone communication system in order to get a more reliable, with high quality system. It also illustrates the role and the effects of the factors that control the efficiency and the range of the coverage taking into consideration all the circumstances starting from the primary coverage till reaching a full coverage, the thing that all the operating companies aim to achieve in a high speed with less investment costs.

The research also includes live measurements of the cell phone sign parameters of the Syrian network, besides statistics that reflect the true performance of the local network. There are also records of the measurements in the different phases of the development of the network in a range of a few months with the cooperating of the two operating companies in Syria.

*** Professor, Department Of Communications Engineering, Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria .**
**** Master Student, Department Of Communications Engineering, Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria .**

مقدمة:

تعتبر التغطية من أهم الأولويات في أنظمة الاتصالات الخلوية وأكثرها إلحاحاً ، حيث تسعى جميع الشركات المشغلة للهواتف الخلوية إلى تحقيق تغطية شاملة بسرعة وبكلفة معقولة ، ليتاح لجميع المشتركين أينما كانوا وكيفما اتجهوا إلى استثمار خدمات هذه الشبكات الخلوية وبالتالي زيادة عوائد هذه الشركات المشغلة.

وطالما أن تحقق شمولية التغطية أمر يسعى إليه كافة الشركات ، فإن التدريج في الوصول إليه هو المتبع عند كافة المشغلين ويمر بمرحلتين رئيسيتين:

1ً – تغطية مبدئية: تبدأ بتغطية المناطق الهامة الرئيسية من قبيل مراكز النشاط الاقتصادي والاجتماعي العلمي الهامة والمرافق الحيوية والاستراتيجية كالمطارات والموانئ والمراكز التجارية وطرق المواصلات الهامة جداً بين المدن الكبيرة والمهمة ومناطق النشاط السياحي كل هذا يتم في بداية تطبيق مشروع الشبكة الخلوية في بلد ما.

2ً – تحسين التغطية وصولاً إلى تغطية شاملة حيث يتسع نطاق التغطية وينتشر ليضم مناطق المدن الصغيرة والمناطق الريفية وكافة مناطق النشاط البشري سعياً لتحقيق الوثوقية – التي تمتاز بها وتؤمنها شبكات الاتصال الخلوية– وإتاحة كافة خدمات الشبكة في كافة المناطق التي يرتادها المشترك.

كما أن الوصول إلى الهدف النهائي بتأمين تغطية خالية من النقط الميتة قد يستلزم وقتاً وجهداً وكلفة لا يستهان بها.

ومع تطور أنظمة الاتصالات الخلوية وازدياد أهميتها، برزت الحاجة الملحة لضرورة أن تتسع التغطية لتشمل كافة المناطق التي يمكن أن يرتادها المشترك ، وقد استدعت موثوقية النظم الخلوية ضرورة أن يجهد المهندسون ومصممواِ النظام لوضع الحلول السريعة والدقيقة لتخديم كافة المناطق وصولاً ألى أبعد المناطق النائية بالإضافة إلى ضرورة أن تشمل التغطية كافة المناطق المهيأة في المدن الكبرى من مثل الأنفاق وقاعات الاجتماعات ومحطات المترو ومصاعد الأبنية العالية .

ومع تنامي وثوقية النظام تمكن المشترك من أن يستخدم خدمات النظام دون أن يضطر إلى أن يفكر أن الاتصال سينقطع ، أو أن يتبادر إلى ذهنه أن لا يذهب إلى هذا المكان أو ذاك ، كل ذلك تم مع المحافظة على حسن جودة الصوت ونوعيته.

وقد ظهرت تقنيات جديدةُ استخدمت بهدف تحسين التغطية اختلفت بين المدينة والريف فكانت المحطات ذات حجم التأثير الصغير جداً أو التي لا يتعدى مداها بضع أعشار الأمتار nano cells & Pico cells

وقد وضعت في الخدمة للاستخدام في تغطية المدن الكبرى ذات الكثافة السكانية العالية وأعداد المشتركين الكبير حيث أن نوعية التغطية المطلوبة هنا تتطلب درجة عالية من الدقة والنوعية وهذه المحطات كلها من نوع الخلايا القطاعية sector cells بثلاث قطاعات، كما استخدم أيضاً المحطات من النوع (omni) التي تشع الاستطاعة من كافة الاتجاهات ، ويتم تركيبها في المناطق الريفية والنائية بهدف تأمين تغطية بانتشار واسع وتجدر الإشارة إلى أن مسألة الّسعة في مثل تلك المناطق –الريفية والنائية – ليست ذات أهمية هنا.

ويستمر الرهان للمشغلين جميعاً بتأمين تغطية أشمل بسرعة أكبر لتعويض الكلف الكبير التي يتطلب تأمينها وصولاً للعوائد المجزية التي تنتظرها الشركات عندما تتيح كافة خدماتها لجميع المشتركين.

وإن من يحقق سبقا في مجال التغطية سوف يحظى بإيرادات عالية ومدا خيل كبيرة نظراً لتسارع الطلب على الخدمات وشمول تلك الخدمات جميع مناحي الحياة المختلفة الاقتصادية والعلمية والاجتماعية والثقافية وغيرها كثير.

ومن هنا ازدادت الحاجة وأصبحت أكثر إلحاحا لتحسين التغطية بهدف إرضاء المشترك الذي هو محور العملية ومن أجله تتاح الخدمات. وإذا كانت شبكات الاتصالات الخلوية قد حققت نمواً متسارعاً فاق كل تصور وأن خدماتها اتسعت بشكل كبير جدا فإن كل هذا لن يتحقق ولن يكون متاحاً دون التغطية التي بشموليتها يتمكن المشترك من التواصل، وبالتالي كل خدمات الشبكة تكون تحت الطلب بانتظار استخدامها من قبل المشترك.

العوامل الرئيسية المؤثرة على تغطية الشبكات الخلوية:

1- **تخطيط موقع المحطة:**

يعتبر حسن اختيار موقع المحطة من الأمور الهامة التي تتحكم بعملية التغطية حيث أنه ونظراً لاختلاف طبيعة المنطقة المراد تغطيتها باختلاف التضاريس والمناطق الواقعة فيها فإنه من شبه المستحيل إيجاد موقع تحقق لنا تغطية ذات شكل متجانس تماماً (دائري أو سداسي منتظم).

حيث إن طبيعة التضاريس والعوائق الموجودة هي التي تحدد شكل الخلية الذي عادةً ما يأخذ أشكالاً غير متجانسة في الواقع الفصلي الحقيقي ولا بد لنا من أن نأخذ بعين الاعتبار إن عملية اختيار موقع المحطة يجب أن يخضع لـ :

1- تحقيق شكل خلية بحيث يؤمن تغطية مطلوبة تختلف من منطقة إلى أخرى.

2- مراعاة عدم حدوث تداخل Interferenence مع المحطات الأخرى. وتجدر الإشارة وأنه وخلافاً لما يعتقده البعض فإن موقع المحطة المناسب ليس بالضرورة أن يكون مرتفعاً ومطلاً، حيث إن هذا الأمر قد يُلاحظ في بداية تخطيط الشبكة واستثمارها إلا أن هذا الأمر يختلف عندما يزداد عدد الخلايا بشكل كبير حيث أن وجود المحطة في مكان مرتفع غير مدروس بدقة قد يؤدي إلى حدوث تداخل مع الخلايا الأخرى خصوصاً في المدن ذات أعداد المحطات الكبيرة.

تتشابه قوانين انتشار الموجة الراديوية مع قوانين انتشار الأشعة الضوئية، حيث تنتشر الأشعة من خلال خط مباشر LOS وكما تتعرض للانكسار والانعكاس والتبعثر وغير ذلك ولكن هناك اختلاف من حيث طول الموجة. ويتناقص معدل الطاقة المستقبلة عند MS كلما تحرك المشترك بعيدا عن BTS وهذا ما يعرف بمفهوم فقد المسار path loss [2].

تستخدم أنماط الانتشار لتحديد عدد مواقع الخلايا المطلوبة لتأمين تغطية للشبكة، يعتمد التصميم الأولي للشبكة على تامين التغطية. ويتأثر أداء الشبكة باختيار نمط الانتشار لاستخدامه بتنبؤات التداخل، فعلى سبيل المثال إذا كان نمط الانتشار غير دقيق بمقدار 6dB فإن النسبة C/I يمكن أن تكون 18dB أو 6dB عند التصميم على القيمة S/I=12dB. واعتمادا على حالات الحركة فإن التصميم عند قيم مرتفعة للنسبة C/I يكون لها تأثير سلبي من الناحية الاقتصادية ومن جانب أخر فإن التصميم عند قيم منخفضة للنسبة C/I ستؤثر على جودة الخدمة. ويوجد عدة أنواع لأنماط الانتشار:

سنأخذ هنا نمط Hata-Okumura [4] حيث معظم أدوات الانتشار تستخدم هذا النوع، والعلاقات التالية تستخدم لتحديد الضياع المتوسط L_{50} وهذا النمط يطبق في البيئة المفتوحة والمدن والضواحي:

(1)
$$L_{50} = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.28 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 h_b) \log(d)$$

حيث:

f_c: التردد مقدرا (MHZ)

L_{50}: متوسط فقد المسار (dB)

h_b: ارتفاع هوائي المحطة (m)

$a(h_m)$: معامل التصحيح لارتفاع هوائي الخلوي

d: المسافة بين المشترك الخلوي والمحطة

و المجال لبارامترات نمط Hata

$$150 \pounds f_c \pounds 1,500MHZ$$
$$30 \pounds h_b \pounds 200m$$
$$1 \pounds h_m \pounds 10m$$

$a(h_m)$ معامل التصحيح وهو تابع لحجم منطقة التغطية فمن أجل مدينة صغيرة ومتوسطة الحجم يعطى بالعلاقة:

$$a(h_m) = (1,1 \log f_c - 0,7)h_m - (1,56 \log f_c - 0,8) \qquad (2)$$

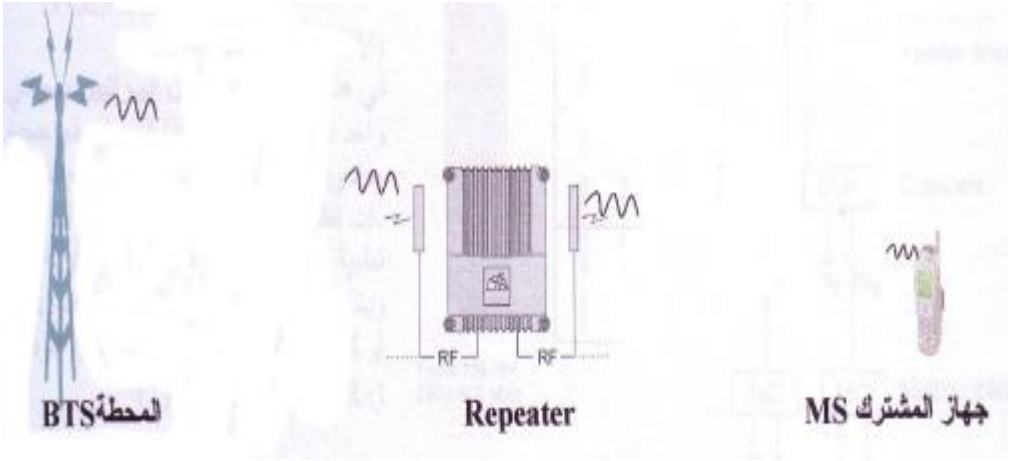
وكما يعطى فقد المسار في منطقة فراغ حر بالعلاقة التالية:

$$L_f = 32,4 + 20 \log f_c + 20 \log(d) \qquad (3)$$

من العلاقات السابقة بازدياد المسافة يزداد فقد المسار والعكس صحيح وبالتالي فإن تحسين التغطية هنا يلعب دورا هاما في أداء الشبكات الخلوية حيث أن زيادة التغطية وتحسين نوعيتها عن طريق التحديد الدقيق لأماكن المحطات وزيادة عددها بهدف الحصول على تغطية شاملة يقلل المسافة بين المحطة وجهاز المشترك الأمر الذي بدوره ينقص من فقد المسار وبالتالي الأداء .

2-المكررات Repeaters :

تقوم المكررات بدور الوسيط بين المحطة -BTS- وجهاز المشترك MS ، حيث تقوم باستقبال الإشارة المرسلة من الـMS ويضخمها ويرسلها إلى BTS-انظر الشكل (1) ، حيث أن الـ Repeaters هو عبارة عن تكرار لإحدى الترددات الموجودة على محطة ما واستخدامها في مكان أخر لا تستطيع الإشارة أن تصل إلى المنطقة التي نركب فيها Repeaters حيث لاقت هذه التغطية انتشاراً واسعاً وثم تطبيقها في المناطق التي تصعب تغطيتها مثل الوديان العميقة والهضاب المستعصية وفي الأنفاق الطويلة وخلف الحواجز الطبيعية القاسية .....



الشكل (1) المكرر صلة وصل بين المحطة وجهاز المشترك

ويلاحظ أن المطلوب هنا تغطية دون مراعاة السعة، فاستخدامنا للمكررات في تلك الأماكن يوفر عدد المحطات المركبة وبالتالي تنخفض تكلفة النظام مع استمرارية المحافظة على الأداء المطلوب للشبكات الخلوية.

كما أنه بالإمكان استخدامها في التغطية داخل المباني الضخمة والمراكز التجارية الفارهة وقاعات المؤتمرات وفي ردهات الفنادق وممرات المؤسسات التجارية والمصرفية.

حيث تقوم بإرسال إشارة (بث) من المحطةBTS لتوجيهها إلى منطقة معينة يراد تخديمها حيث تقوم بعدئذٍ بتحديث الإشارة من الـMS في المنطقة لتقوم بتضخيم الإشارة المستقبلة وإرسالها إلى BTS ومنه إلى وجهتها المطلوبة .

إي أن المكرر يستطيع:

تضخيم وإرسال إشارة الموبايل المستقبلة في حزمة الرسائل uplink كما أنه في الوقت نفسه نستطيع تضخيم وإرسال إشارة المحطة المستقبلة في حزمة الإرسال الخاصة بها downlink .

والجدول (1) يبين الترددات المستخدمة في المكررات التي تعمل على نظام GSM900 .

الجدول (1) الترددات التي يعمل عليها الـ Repeaterفي نظام GSM900

Downlink	uplink
935-960MHZ	890-915MHZ

أي يضخم ويرسل إشارة جهاز المشترك (MS) المستقبلة في الوصلة الصاعدة uplink وفي الوقت نفسه يضخم ويستقبل إشارة المحطة في نطاق الوصلة الهابطة downlink أي يرسل باتجاه المحطة وفي نفس الوقت باتجاه جهاز المشترك MS .

3-هوائيات (ANNTENAS) :

من الطرق المستخدمة لتحسين التغطية في الشكات الخلوية هو استخدام هوائيين للاستقبال وهذا يدعي تباين الهوائيات **DIVERSITY ANNTENA** حيث إنها تقوم بتخفيض تأثير الخفوت المتعدد المسارات في الوصلة الصاعدة أي أنه يعمل على زيادة جودة الإشارة المستقبلة بالاستفادة من خواص الأمواج الراديوية مما يساهم في المحافظة على نوعية الاتصال واستقراره .

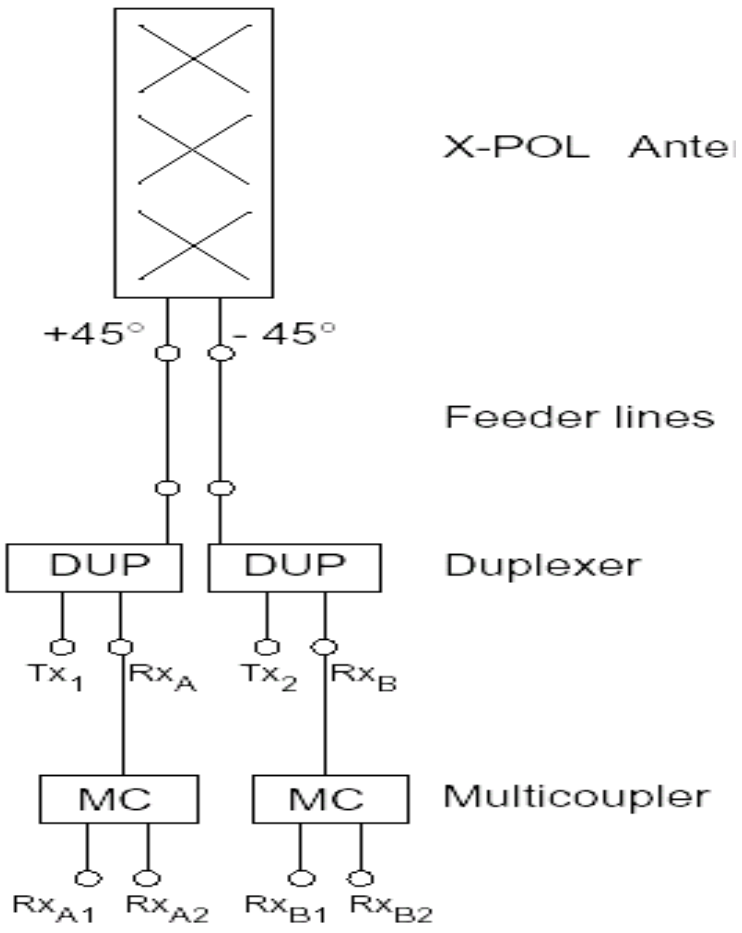
حيث أنَ ربح الهوائي سيعتمد على التقليل من الخفوت له نوعان:

1. تباين فراغي(SPACE DIVERSITY):

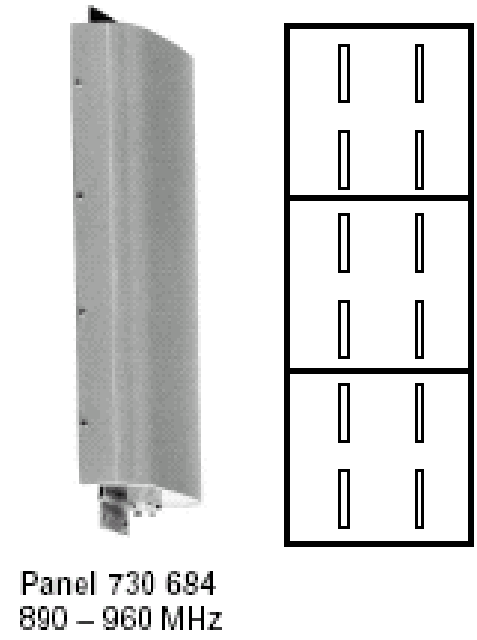
يمكننا تحسين نوعية الإشارة المستقبلة بواسطة الـ BTSعن طريق استخدام هوائيين بدل من هوائي واحد مما يقلل احتمال حدوث ذروة في الخفوت في الهوائيين في نفس الوقت .

2. تباين قطبي (POLARIZATION DIVERSITY):

في هذا النوع يتم استبدال الهوائيين بهوائي واحد ذي تباين قطبي هذا الهوائي ذو حجم عادي ولكنه يتضمن مصفوفتي هوائيات ذات قطبين مختلفين والتي تكون غالبا ذات قطبية أفقية وشاقولية أو مائلة بزاوية 45 ويمكن أن تستخدم كمستقبلات فقط (Rx) أو كمستقبلات ومرسلات في نفس الوقت (Tx/Rx). انظرالشكل(2)



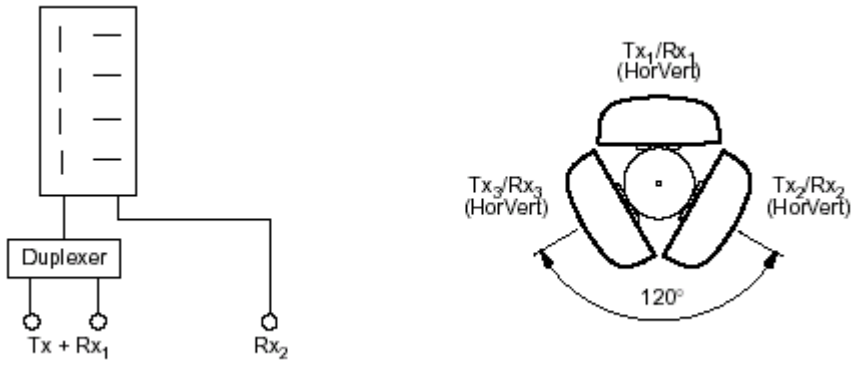
الشكل (2) هوائي تباين قطبي



الشكل (3) يمثل هوائي قطاعي

ويوجد عدة أنواع من الهوائيات المستخدمة في الأنظمة الخلوية فمثلاً:

يوجد لدينا هوائيات تستخدم في الخلايا من النوع SECTORيتراوح ربح الهوائي 15-18 dB في الشكل (3)، أما بالنسبة لهوائيات الخلايا من النوع OMNI فإن ربحها في حدود 8-11dB



الشكل (4) هوائي من النوع قطاعيsector

ومن الأمور الهامة التي لا بد من ذكرها هي عملية إمالة الهوائي (TILTLING) حيث تأخذ هذه الإجرائية شكلين (كهربائي وميكانيكي) حيث أننا نلجأ لإمالة الهوائي بالنسبة للمحور الشاقولي لسببين رئيسين:

1. تحسين التغطية في موقع خلية ما
2. تحسين تآلف الخلايا وبالتالي إنقاص التداخل(INTERFERENCE) بين الخلايا.

أي أن إمالة الهوائي Tilting تؤدي إلى تحسين شدة إشارة التغطية وفعاليتها دون أن نضطر إلى إنشاء محطات جديدة وبالتالي إيجاد حلول متكاملة لشمولية التغطية وتحسين الأداء بكلف معقولة .

وتجدر الإشارة أخيرا إلى وجود اتجاهين لإمالة الهوائي للأعلى والأسفل أي : Up Tilting & Down Tilting

4-الاستطاعة المرسلة والتحكم بها (Power control) :

إن القدرة التي تبثها المحطات في أنظمة الاتصال الخلوية تعتبر من أهم العوامل التي تتحكم بشكل التغطية وصيغتها النهائية حيث أن إمكانية زيادة أو إنقاص تلك القدرة تلعب دورا هاما جدا في التقليل من النقط الميتة التي تعاني منها خرائط التغطية لأغلب الشركات المشغلة .

ومن المعروف أن الاستطاعة التي تقدمها المحطة تتعلق بعدة عوامل أهمها :

ربح الهوائي وبالمسافة بين المرسل والمستقبل حيث إن استطاعة المحطة تعطى بالعلاقة:

$$P_T=P_R.4\pi d^2/G_T.A \quad (4)$$

على اعتبار أن :

ربح هوائي الإرسال :GT

استطاعة المستقبلة في MS: PR

المسافة بين المرسل والمستقبل: d

المساحة المكافئة للهوائي (فتحة الهوائي) : A

$$A_e = \eta A_{actual}$$

فتحة الهوائي الفعالة A_e

$$G_T = (4\pi A_e) / \lambda^2 \quad [3], \quad so \quad A_e = (G_T \lambda^2) / 4\pi \qquad (5)$$

$$(\lambda = c / f) \qquad (6)$$

ولابدّ من الإشارة إلى أن تحسين القدرة البرمجية للمحطة ((التحكم باستطاعة المحطة برمجياً)) من الميزات الهام والحديثة التي طبقتها بعض المشغلات في نظام G SM حيث قدمت لتلك المشغلين قدرة تحكم إضافية بوضع تغطية الشبكة في أماكن لم تكن تصل إليها ومطلوب تغطيتها فكان أن زاد مدى الإرسال للمحطة وبالتالي زيادة وتوسيع التغطية ، أي أنه بتطبيق عدة أوامر برمجية بسيطة نستطيع زيادة المدى للمحطة عن طريق زيادة أداء الوصلة الهابطة downlink من المحطة إلى الجهاز MS ؛ وقد أثبت القياسات إمكانية زيادة هذه القدرة حتى 3dB لكل محطة وبالتالي نستطيع إنقاص عدد الخلايا (لا نزيد الخلايا) مع زيادة التغطية بزيادة المدى مما يخفض من التكاليف ويزيد الموثوقية التي يتمتع بها النظام.

ولابدّ من الإشارة إلى أن قدرة التحكم البرمجية للمحطات لا تحتاج إلى تحضيرات إضافية توضع ولا أجزاء تقنية ينبغي تركيبها أو نحتاج إلى إضافتها في المحطات بل هي عبارة عن مجموعة من الحلول البرمجية المبدئية يتم التحكم بها من قبل الـ OMC لتحقيق التوسع في التغطية[5] .

ويكن استخدام هذه التغطية عندما يكون لدينا ثغرة في التغطية بين محطتين متجاورتين ، فإنه يمكن بزيادة استطاعة الإرسال لإحدى المحطتين من أن نمّد جسراً إلى ثغرة التغطية الموجودة بين المحطتين ، وبالتالي تحسين وتوسيع التغطية مما ينعكس على تحسين كفاءة الشبكة وأدائها.

5- القفز الترددي(FREQUENCY HOPPING) :

أن عملية القفز الترددي ستسمح بتحسين نوعية التغطية وتؤمن ما يسمى Frequency diversity أي التباين الترددي وبالتالي تحسين كلاً من نوعية الصوت وجودته وإنقاص معدل الفشل داخل منطقة التغطية، وذلك بجعل المستقبلات أقل حساسية وتأثراً بتغيرات الإشارة المستقبلية وبالتالي تكون أقل قابلية للتأثر بالخفوت السريع الذي تتعرض له الإشارة الراديوية المرسلة من المحطة BTS وبالتالي سيكون أغلب التأثير في حركة جهاز المشترك (MOBILE SYSTEM) البطيئة.

أيضاً ستسمح لنا بزيادة مساحة التغطية لكل خلية بحيث يستطيع المستقبلون العمل على مستوى فنخفض في بيئات يكون فيها تغيرات الخفوت سريع ونوعية جيدة.

وكما هو معلوم إن خفوت RAYLIGH يتعلق بالتردد الأمر الذي يعني أن ذروات الخفوت تحدث عند أماكن مختلفة ومن أجل ترددات مختلفة. وبالاستفادة من هذه الظاهرة يمكن جعل كل من المحطة (BTS) والجهاز (MS) يقفزان معا من تردد إلى آخر أثناء المكالمة حفاظا على استمرارية الاتصال وكفاءته بحيث أن عملية القفز يتم مزامنتها بين المحطة والجهاز بدقة شديدة تضمن النجاح الدائم وتحقق الوثوقية المرجوة[6] .

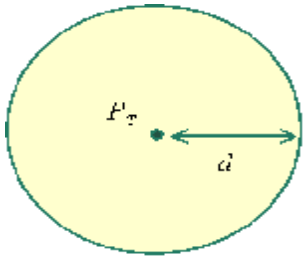
6- توازن الوصلةLINK BUDGETS :

إن توازن الوصلة (الصاعدة والهابطة) من المحددات الهامة جدا في تحسين التغطية وزيادة فعاليتها على اعتبار أن زيادة مدى حساسية المحطة(BTS) المستقبلة للإشارة التي يرسلها جهاز المشترك (MS) وبالتالي زيادة عمق التغطية مما ينعكس على الأداء العام للشبكات الخلوية الذي بدوره يثبت ويدعم كفاءة النظام 0 ويمكننا مقارنة شدة الإشارة المقاسة في كل من الوصلتين الصاعدة والهابطة فيتضح لدينا أنه يوجد عدم توازن لصالح الوصلة الهابطة بمعدل 8dB كما يتبين من قيم الجدول رقم /2/ .كما يلاحظ أيضا من قيم الجدول أن حركة الخلايا تختلف من خلية لأخرى فالبعض حركتها جيدة والأخرى عادية

إن البارامترات التي تحدد أداء الوصلة LINK BUDGETS هي :

1. استطاعة الإرسال
2. ربح الهوائي
3. مستوى ضجيج نظام الاستقبال
4. محددات أخرى (التداخل INTERFERENCE –التعديل الداخلي –ضياعات الانتشار)

لنفرض بداية أن الهوائي يوزع استطاعة منتظمة ومتساوية على كامل الاتجاهات (الحالة المثالية) الشكل (5) وعلى افتراض أن هوائي الإرسال للمحطة موضوع في مركز فراغ أجوف فعندئذ سيكون لدينا الاستطاعة المستقبلة في جهاز المشترك وعلى بعد ثابت dعن المحطة تعطى بالعلاقة:



الشكل (5) يوضح الحالة المثالية لتوزع الاستطاعة

$$P_R = (G_T P_T / 4\pi d^2) \times A \quad /7/$$

يجب الأخذ بعين الاعتبار أن الاستطاعة على بعد **d** في اتجاه معين تذداد بزيادة عامل الربح للهوائي **GT** وعندها يبدو في الاستقبال وكأن المحطة عبارة عن مرسل دائري يشع استطاعة منتظمة في كافة الاتجاهات وقدرة الطاقة الموزعة هي عبارة عن **PT.GT** حيث أن **PT** هي الاستطاعة المرسلة للمحطة .
وبالاستفادة من العلاقات 1,2,3,4 السابقة نستطيع أن نكتب :

$$P_R = (G_T P_T / 4\pi d^2) \times (G_R \lambda^2 / 4\pi) = G_R G_T P_T (\lambda/4\pi d)^2 \quad /8/$$

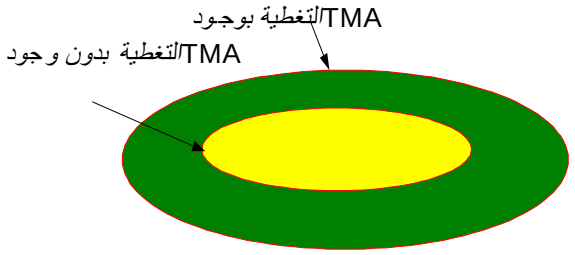
ويمكننا أن نعبر عن المعادلة السابقة بالديسبل :

$$P_R = G_R + G_T + P_T + 10Log((\lambda/4\pi d)^2) = G_R + G_T + P_T + 20Log(\lambda/4\pi d) \quad /9/$$

إن الحد الأخير من العلاقة السابقة $20Log(\lambda/4\pi d)$ هو عبارة عن الضياع في المسار الحر (FSPL) free space path loss والحدين $G_T + P_T$ هي قدرة الإشعاع المنتظمة بالديسبل Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) وبالتالي نستطيع أن نكتب العلاقة بالشكل /6/

$$P_R = EIRP - FSPL + G_R \quad /10/$$

ومن العلاقة السابقة نستطيع أن نقول أنه حتى نزيد كفاءة الوصلة بشكل نحصل على توازن أي زيادة كفاءة الاستطاعة المستقبلة PR يمكننا ذلك بعدة أساليب منها الإقلال من العامل FSPL الضياع في المسار الحر
كما يمكننا العمل على تحقيق توازن للوصلة في أنظمة الاتصال الخلوية (GSM) عن طريق مضخمات خاصة نقوم بتركيبها على أبراج المحطات الخلوية وذلك بالقرب من هوائيات الاستقبال للمحطة الخلوية حيث يتم تضخيم الاشارة المستقبلة قبل أن تدخل إلى كبل الهوائي ويمكن التحكم بهذا التضخيم بشكل تدريجي ويبلغ حده الأعظمي حوالي 10dB وذلك لشبكات GSM900.
إن تركيب المضخمات على أبراج المحطات الخلوية يؤدي إلى تحسين أداء الوصلة الخلوية الصاعدة



الشكل (6) يوضح عمل المضخمات

وبالتالي التغطية الخلوية تتحسن بشكل ملحوظ. الشكل (6) .

القسم العملي :

سنعرض هنا للقياسات التي حصلنا عليها وتحليل بعض هذه القياسات وعرض نتائجها :

الجدول (2) يبين شدة الإشارة المستقبلة وجودتها في المحطات المدروسة (التغطية)

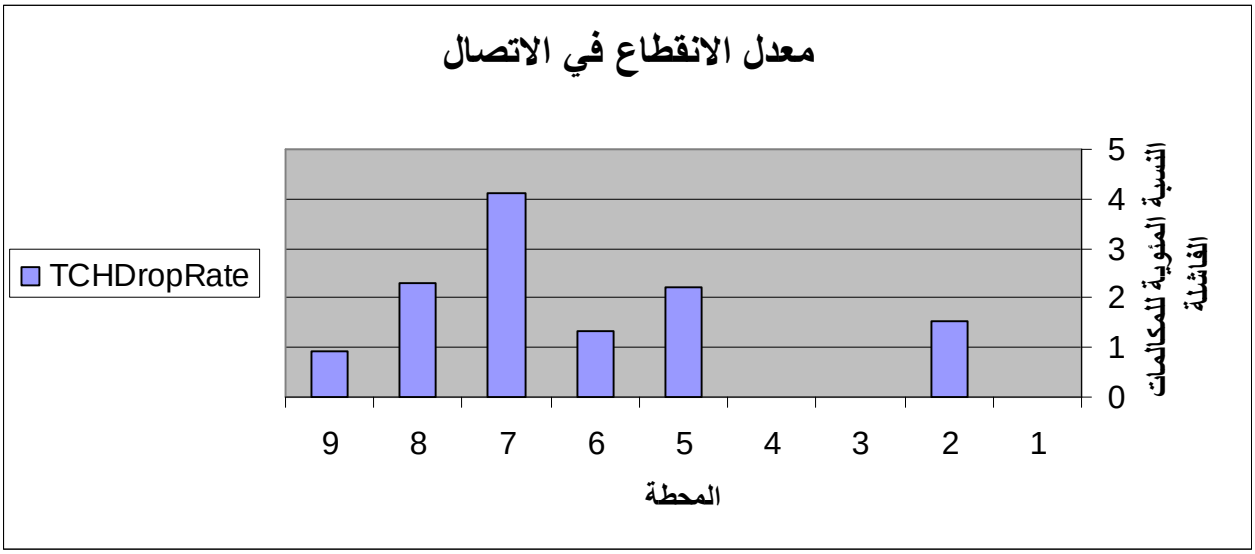
Cell Name	No. of Measurement Reports	RXQUAL UL Average (GSM)	RXQUAL DL Average (GSM)	RXLEV UL Average (dBm)	RXLEV DL Average (dBm)	Traffic Level Average (E)
BSC3/TRS001A	621394	0.59	0.82	-86.56	-79.08	8.50
BSC3/TRS001B	377741	0.68	0.49	-87.21	-79.82	5.21
BSC3/TRS001C	477161	0.84	0.61	-84.26	-75.88	6.63
BSC3/TRS014A	526240	0.69	0.45	-83.72	-75.66	7.20
BSC3/TRS014B	563408	0.56	0.45	-88.35	-79.99	7.77
BSC3/TRS014C	450905	0.48	0.29	-85.16	-76.95	6.23
BSC3/TRS027A	232663	0.30	0.42	-79.50	-69.93	3.14
BSC3/TRS027B	211249	0.21	0.22	-80.08	-71.37	2.87
BSC3/TRS027C	186523	0.46	0.59	-79.80	-70.64	2.52
TOTAL	3647284	0.58	0.51	-84.85	-76.66	

الجدول (3) معدل نجاح الـHandover

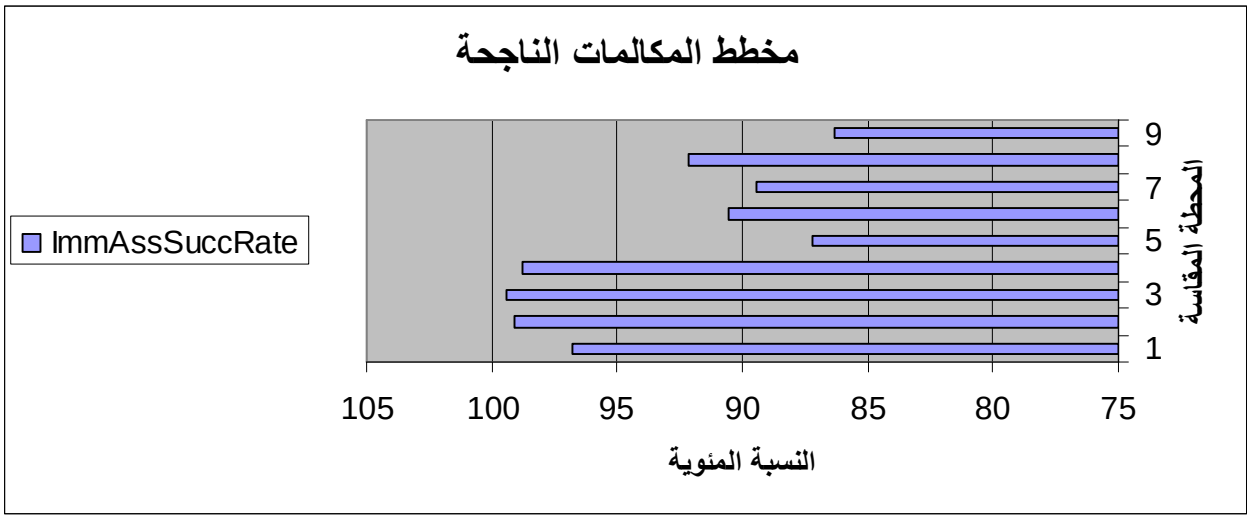
اسم المحطة	معدل الانتقالات Handover الناجحة بين الخلايا(%)	معدل الانتقالات الناجحة داخل الخلية(%)
Airport1	**87**	**90.26**
Airport2	**70.64**	**88.15**
Airport3	**86.75**	**84.31**
Mohajreen1	**80.73**	**88.61**
Mohajreen2	**92.42**	**92.08**
Mohajreen3	**77.42**	**92.95**
Babmsalla1	**80.73**	**89.85**
Babmsalla2	**90.71**	**91.56**
Babmsalla3	**90.16**	**88.27**
Tishreen1	**77.66**	**96.54**
Tishreen2	**91.21**	**93.48**
Tishreen3	**90.16**	**93.48**
Moasat hos1	**88.02**	**91.82**
Moasat hos2	**73.43**	**90.22**
Moasat hos3	**87.01**	**83.92**
Jamarek 1	**98.7**	**94.94**
Jamarek 2	**95.05**	**60.76**

الجدول (4) يبين عدد المكالمات الناجحة والفاشلة ونسبة كل منهما

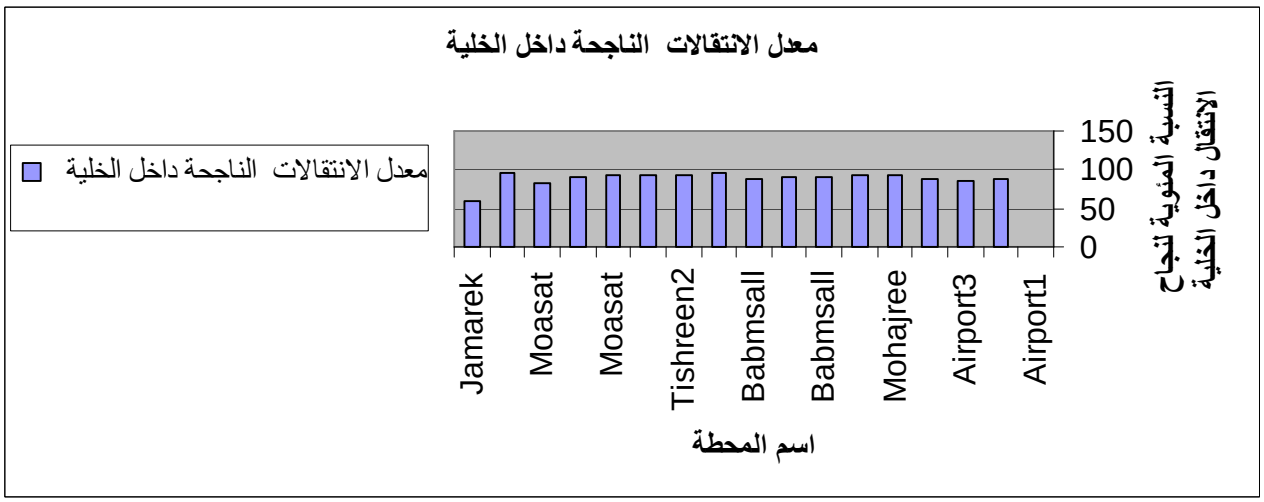
اسم المحطة	عدد المكالمات الناجحة في 24 ساعة	عدد المحاولات خلال 24ساعة	عدد المكالمات الفاشلة خلال 24 ساعة	نسبة فشل المكالمة بالنسبة لعدد المحاولات	نسبة المكالمات الناجحة إلى عدد المحاولات
8AZAR1	1770	1854	84	4.53%	95.47%
8AZAR2	6620	7481	861	11.5%	88.50%
8AZAR3	9076	12150	3074	25.3%	74.70%
ALRYAD1	7583	7830	247	3.15%	96.85%
ALRYAD2	4339	4740	401	8.46%	91.54%
ALRYAD3	14141	15144	1003	6.62%	93.38%
ASEEL1	5321	5598	277	4.95%	95.05%
ASEEL2	13258	14666	1408	9.6%	90.40%
ASEEL3	2426	2798	372	13.29%	86.71%
BALDIA1	12172	13687	1515	11.06%	88.94%
BALDIA2	15416	16848	1068	6.33%	93.67%
BALDIA3	22707	24922	2215	8.88%	91.12%
BBEACH1	19334	20621	1287	6.24%	93.76%
BBEACH2	7719	8242	523	6.35%	93.65%
BBEACH3	9868	10617	749	7.05%	92.95%
BDMYON1	12613	13088	475	3.63%	96.37%
BDMYON2	29957	35286	5329	15.1%	84.90%



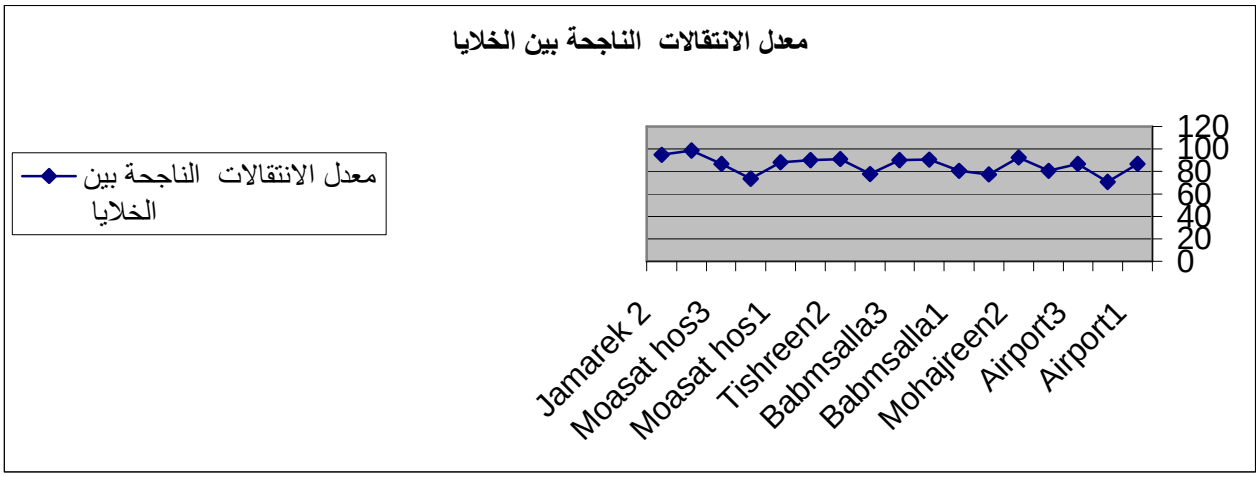
مخطط(1)


مخطط المكالمات الناجحة
ImmAssSuccRate
9
7
5
3
1
المحطة المقاسة
105
100
95
90
85
80
75
النسبة المئوية

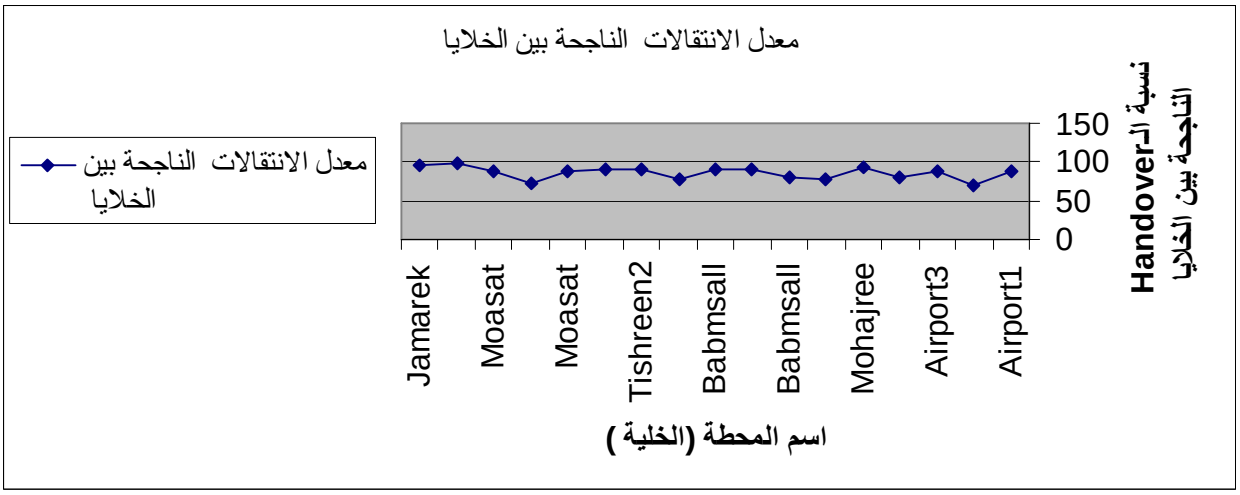
مخطط(2)


معدل الانتقالات الناجحة داخل الخلية
معدل الانتقالات الناجحة داخل الخلية
150
100
50
0
النسبة المئوية لنجاح الانتقال داخل الخلية
Jamarek
Moasat
Moasat
Tishreen2
Babmsall
Babmsall
Mohajree
Airport3
Airport1
اسم المحطة

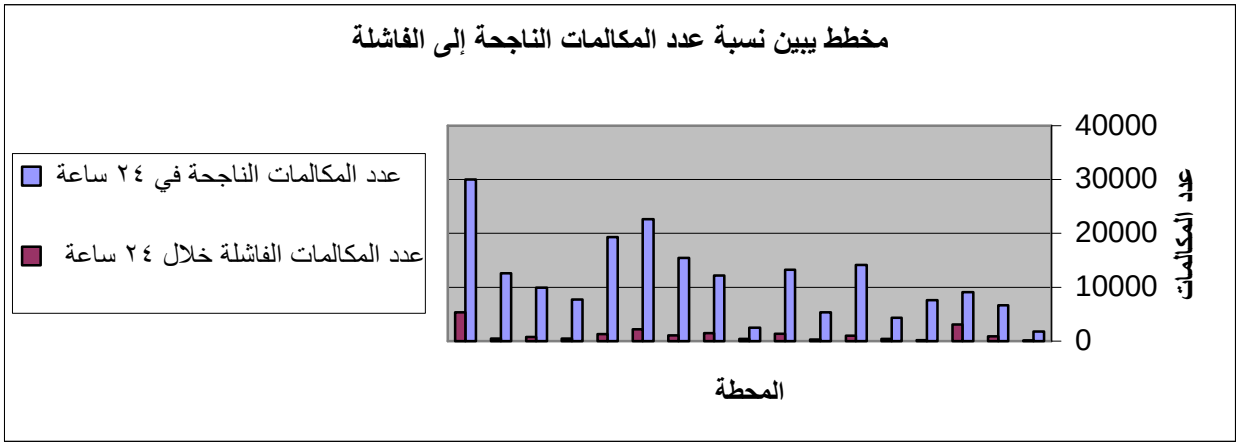
مخطط (3)


معدل الانتقالات الناجحة بين الخلايا
معدل الانتقالات الناجحة بين الخلايا
120
100
80
60
40
20
0
Jamarek 2
Moasat hos3
Moasat hos1
Tishreen2
Babmsalla3
Babmsalla1
Mohajreen2
Airport3
Airport1

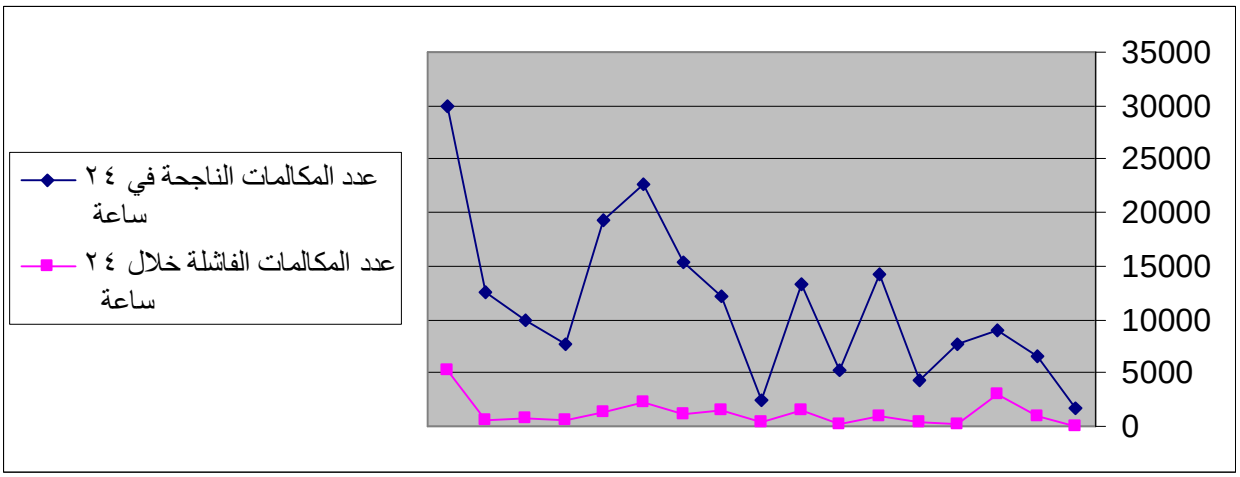
مخطط(4)


معدل الانتقالات الناجحة بين الخلايا
معدل الانتقالات الناجحة بين الخلايا
150
100
50
0
نسبة الـHandover الناجحة بين الخلايا
Jamarek
Moasat
Moasat
Tishreen2
Babmsall
Babmsall
Mohajree
Airport3
Airport1
اسم المحطة (الخلية)

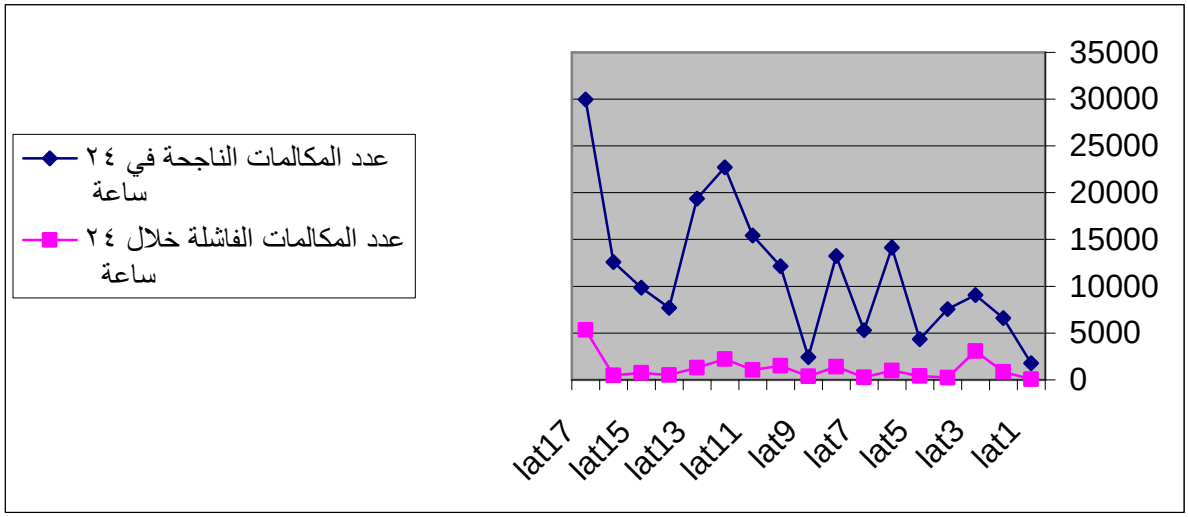
مخطط(5)


مخطط يبين نسبة عدد المكالمات الناجحة إلى الفاشلة
عدد المكالمات الناجحة في ٢٤ ساعة
عدد المكالمات الفاشلة خلال ٢٤ ساعة
40000
30000
20000
10000
0
عدد المكالمات
المحطة

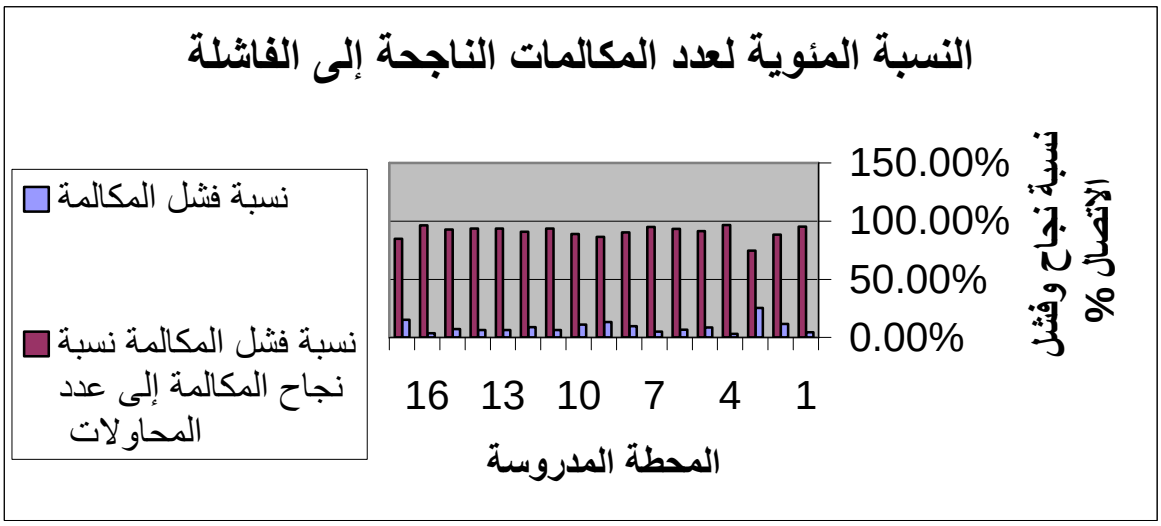
مخطط (6)


عدد المكالمات الناجحة في ٢٤ ساعة
عدد المكالمات الفاشلة خلال ٢٤ ساعة
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0

مخطط(7)


عدد المكالمات الناجحة في ٢٤ ساعة
عدد المكالمات الفاشلة خلال ٢٤ ساعة
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
lat17
lat15
lat13
lat11
lat9
lat7
lat5
lat3
lat1

مخطط (8)


النسبة المئوية لعدد المكالمات الناجحة إلى الفاشلة
نسبة فشل المكالمة
نسبة فشل المكالمة نسبة نجاح المكالمة إلى عدد المحاولات
150.00%
100.00%
50.00%
0.00%
نسبة نجاح وفشل الاتصال %
16 13 10 7 4 1
المحطة المدروسة

مخطط (9)

النتائج والمناقشة :

1- بناء على النتائج التي قمنا بإجرائها اقترحنا وبهدف تحسين جودة التغطية والحصول على تغطية شاملة والتقليل قدر الإمكان من المناطق الميتة أن تقوم الشركة المشغلة بتركيب TMA لزيادة شدة الإشارة المستقبلة في الوصلة الصاعدة (من الجهاز الخلوي MS إلى المحطة BTS) .

2- يمكننا أن نلاحظ من المخطط رقم (3) أن الانتقالات الناجحة داخل الخلية الواحدة ولضمان موثوقية النظام يجب أن تأخذ نسب عالية، حيث أن التغطية هنا هي أهم عامل يقلل من نسبة نجاح الانتقال داخل الخلية حيث أن المحددات الأخرى أثناء الانتقال داخل الخلية يكاد يكون دورها محدود جدا. ولا بد من الإشارة إلى أن الحصول على تغطية شاملة سيحسن من قيم نجاح الانتقالات داخل الخلية بشكل كبير وبالتالي يتحسن أداء الشبكة ونوعية الاتصال بشكل كبير جدا

3- أما المخطط رقم (4) السابق فنلاحظ منه أن نجاح عملية الـ Handover بين الخلايا تتحكم به عوامل منها أن وجود تغطية ذات جودة عالية يزيد من نجاح الانتقال بين الخلايا المختلفة وبالتالي استمرارية وديمومة الاتصال بما يضمن عدم انقطاعه. ولا بد من الإشارة إلى أن نجاح عملية الـ Handover يتحكم به بالإضافة إلى جودة التغطية عوامل ثانية من قبيل أن تتوفر قنوات- TCH & SDCCH- يتمكن المتصل من خلالها من البقاء متصلا بوجود القنوات اللازمة لضمان الاتصال.

4- إن المخطط السابق رقم (5) يشير إلى تحسن حالة معدل الانتقالات بين الخلايا مما يؤدي إلى زيادة في فعالية الاتصال واستمرار يته، حيث أن القيمة التي نتطلع إليها من المخطط الأخير يجب أن تكون نسبة النجاح قريبة إلى 100% أو نسبة الفشل قريبة من الصفر أي أن تكون الانتقالات بين الخلايا HANDOVER كلها ناجحة بما يدعم استقرار النظام وكفاءته ونوعيته .

5- إما بالنسبة لعدد المكالمات الفاشلة مخطط (8) فإن نجاح الاتصال المراد تأسيسه يتعلق بوجود كل من طرفي الاتصال في منطقة ذات تغطية جيدة وتدل النتائج التي حصلنا عليها على أن نسبة عدد محاولات الاتصال إلى نسبة النجاح في إقامة الاتصال يكون غالبيتها سببها عدم وجود تغطية، وتبرز هذه المشكلة وتتضح للعيان في بداية استثمار الشبكة حيث محدودية كل من التغطية وعدد المشتركين، ويلاحظ أيضا أنه ومع تحسين التغطية تتزايد نسبة المكالمات الناجحة لتبلغ حدا كبيرا تماشيا مع وثوقية أنظمة الاتصال الخلوية وجودة ودقة خدماتها.

6- يلاحظ من المخطط رقم (9) النسبة المئوية للاتصالات الناجحة في كل محطة قمنا بتسجيل القياسات بها ومقارنتها مع النسبة المئوية للاتصالات الفاشلة وتجدر الإشارة إلى أن المخطط رقم (9) يعطي تقييم لأداء الشبكة ويعطي فكرة عامة لكيفية تطوير أداء الشبكة ومحاولة تطوير مستوى خدماتها ورفع كفاءتها تحقيقا للوثوقية العالية التي ينبغي تحقيقها في شبكات الاتصال الخلوية.

المراجع:

.....

[1]-Rappaport,Theddore,s,"Wierless Communication: Principles and Practice", Prentice Hall,ISGN0-13-375536-3,JULY,1999

[2]-Rappaport, T.S., Wireless Communication, Prentice Hall, Upper Saddle River,NJ,1996.

[3]-Sampei,S.,Applications of Digital Wireless Technologies to Global Wireless Communications, Prentice Hall, Upper Saddle River,NJ,1997

[4]-Hata,M.,"Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," IEEE Transaction on Vehicular Technology 29(3),1980.

[5]M.Bronzel,W.Rave,P .Herhold, G. Fettweis, "Interference Reduction in Single Hop Relay Networks "IEEE Personal communications, Feb 2001 .

[6]Beresnev A.V.Performance of full scale measurements of field of strength in cellular systems. In Digital Radioelectronic System, 2001.

[7]عباس، حسن، توازن الوصلة الخلوية مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية 1999-