

## اكتشاف المسار الأفضل في شبكات الانترنت اللاسلكية باستخدام الخوارزمية الجينية

رشا شباني\*

(تاريخ الإيداع 23 / 9 / 2014. قُبل للنشر في 14 / 1 / 2015)

### □ ملخص □

يعتبر إيجاد المسار مسألة هامة في شبكات الانترنت اللاسلكية. ما يحدث بشكل طبيعي هو أن اختيار المسار أو اكتشاف المسار في الشبكة يتم اعتماداً على مبدأ المسار الأقصر. يجب أخذ عدة قضايا بعين الاعتبار من أجل اكتشاف المسار في شبكات الانترنت وذلك بما أن جريان رزم المعطيات معرض للأخطاء وهذا ما يجعل عملية التوجيه فاشلة. تعد الوثوقية أمراً هاماً في مسألة اكتشاف المسار. و يعتبر ضمان نوعية الخدمة (QoS) أمراً يجب الاهتمام به عند توجيه رزم المعطيات. تم في هذا البحث اقتراح نموذج من أجل اكتشاف المسار الأفضل في شبكات الانترنت المعتمدة على بنية لاسلكية. من بين العديد من المسارات المتاحة في شبكة الانترنت اللاسلكية من البوابة إلى الوجهة النهائية يتم اختيار المسار الذي يحقق نوعية الخدمة المطلوبة. تم أخذ بارامترين من بارامترات نوعية الخدمة بعين الاعتبار وهما فقد المسار وزمن المعالجة في الموجه (المحطة القاعدية). تظهر النتائج التجريبية كفاءة النموذج المقترح.

الكلمات المفتاحية: المسار الأفضل، التوجيه، زمن المعالجة، فقد المسار.

\* معاون قائم بالأعمال - قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## QoS aware route discovery in wireless networks using Genetic Algorithm

Rasha Shbani\*

(Received 23 / 9 / 2014. Accepted 14 / 1 / 2015)

### □ ABSTRACT □

Route discovery in infrastructure based network is an important problem. Normally, route selection or route discovery is done based on the shortest path principle. In infrastructure based networks, a number of issues for route discovery need to be addressed as the packet flow are prone to errors making the routing operation failure. Reliability, for example, is an important issue for route discovery. Ensuring Quality of Service (QoS) is important and is to be taken care while forwarding a packet flow. In this paper, a model for route discovery in infrastructure based networks using GA is being proposed. Out of many paths available from the gateway of the network to the final destination, the one is selected which satisfies the desired QoS. Two important QoS parameters, path loss and processing time at the router (Base Station), have been considered. The experimental results for both the QoS parameters reveal the efficacy of the model.

**Key words:** Optimal Path, Routing, Processing time, Path loss.

---

\*Academic Assistant, Department of Computer and Automatic Control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

تعد عملية توجيه الرزم العملية الأساسية التي تقوم بها شبكات الاتصال، تتألف البنية الجغرافية للشبكة من مجموعة من الخلايا المتجاورة. كل خلية يتم التحكم بها من خلال محطة قاعدية (Base Station (BS). تعمل المحطة القاعدية كنقطة وصول وكموجه. تقوم البوابة (GateWay (GW) بوصل الشبكة الكلية بالإنترنت و توجه الرزم الداخلة و الخارجة من وإلى الشبكة. تجهز كل محطة قاعدية بنوعين من الذاكر وهما ذاكرة التوجيه (RC Routing Cache و ذاكرة التصفح (PC Paging Cache). عند إنشاء المسار بين مشتركين اثنين فإن كل محطة قاعدية تحافظ على هذا المسار من أجل توجيه الرزم الداخلة من خلال الوصلة الهابطة و الرزم الخارجة من خلال الوصلة الصاعدة. يبقى المسار صالحاً حتى يتم تحديثه باستخدام رزمة تحديث [1].

يتم اكتشاف المسار في شبكات الاتصال بطريقتين: طريقة ديناميكية وطريقة ستاتيكية [2]. تتم عملية الاكتشاف ديناميكياً أثناء توجيه الرزم بينما عملية اكتشاف المسار ستاتيكيًا تتم بشكل مسبق لعملية توجيه رزم المعطيات. يستخدم النموذج المقترح الخيار الستاتيكي من أجل عملية الاكتشاف أي قبل توجيه الرزم خلال المسار فإن النموذج يقوم بإيجاد المسار الأمثل ويتم اتباع هذا المسار عند عملية توجيه الرزم. وإذا حدث قطع في المسار أثناء عملية التوجيه فإن نفس الاستراتيجية يمكن اعتمادها أيضاً. هناك بعض معايير الأداء أو نوعية الخدمة التي يجب استيفائها أثناء اختيار المسار. تختلف هذه المعايير اعتماداً على الغرض من اكتشاف المسار. بعض خوارزميات الاكتشاف تتبع خيار المسار الأقصر. الخوارزميات الأخرى تحاول اختيار المسار اعتماداً على الإرسال الموثوق. تم الاهتمام بهذه القضية في هذا البحث حيث تم اعتماد نموذج مبني على اختيار المسار الذي يستوفي بعض بارامترات نوعية الخدمة. يوجد العديد من بارامترات نوعية الخدمة والتي يتم على أساسها اختيار مسار معين على أنه المسار الأفضل دون آخر وهذه البارامترات يمكن أن تكون: زمن المعالجة، فقد المسار، تأخير الرزم، التغير في التأخير الخ. يمكن أن تكون عملية الاختيار معتمدة على بارامتر واحد أو على مجموعة من البارامترات وذلك اعتماداً على نوعية الخدمة [3,4,5,6,7,8,9,10]. تم في هذا البحث اعتماد كل من فقد المسار وزمن المعالجة في المسار كبارامترات نوعية الخدمة لغرض اكتشاف المسار.

إن الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm (GA هي وسيلة بحث معروفة جيداً. تُستخدم من أجل إيجاد حلول للمسائل المعقدة وتعتمد على مبدأ داروين "البقاء للأفضل". تعتمد الخوارزمية الجينية على مبدأ التطور وعلى الجينات الطبيعية. تضم الخوارزمية الجينية استغلال النتائج القديمة واكتشاف المساحات الجديدة في فضاء البحث مع تبادل المعلومات في بنى المعطيات المستخدمة [11]. تملك الخوارزمية الجينية العديد من الخصائص الجيدة مثل قابلية التطبيق الواسعة وسهولة الاستخدام ولذلك فقد تم تطبيقها على مسائل بحث متعددة ومسائل إيجاد الحل الأمثل. بسبب اعتماد هذه الخوارزمية على مبدأ تجمع الحلول فقد تم توسيع نطاق استخدام هذه الخوارزمية ليشمل مسائل البحث مثل المسائل متعددة الأغراض و مسائل الجدولة [12]. يتألف التجمع في الخوارزمية الجينية من عدد من الأفراد ويُعتبر كل فرد حل محتمل للمسألة المفروضة. يُسمى الحل المفرد أيضاً صبغيًا [13] ويتألف من عدة جينات ويختلف عدد الجينات اعتماداً على نوع المسألة المفروضة.

## أهمية البحث و أهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث بكونه يعالج مشكلة ذات طبيعة معقدة وذلك بسبب وجود عدد كبير جداً من المسارات المتاحة في الشبكة من المصدر إلى المآل والتي تمر بالخلايا الوسيطة في الشبكة حيث أن عملية اختيار المسار الأفضل هي مسألة من الصنف المتعدد الحلول (NP) nondeterministic polynomial. ويهدف هذا البحث إلى توظيف الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm (GA) لإيجاد المسار الأفضل من بين مجموعة كبيرة من المسارات المتاحة بين عقدة معتبرة (Correspondent Node) والبوابة (GateWay) مما يعمل على تحسين أداء الشبكة.

## طرائق البحث و مواده:

يقوم البحث على نمذجة شبكة انترنت معتمدة على بنية لاسلكية وتطبيق الخوارزمية الجينية للبحث عن المسار الأفضل بين مجموعة كبيرة من المسارات المتاحة وفقاً لنوعية الخدمة الأفضل من حيث أقل فقد للمسار والزمن الأقصر لعملية المعالجة في الموجه. تم إنجاز هذا البحث باستخدام مجموعة من البرمجيات المناسبة وذلك في الفترة ما بين 2012/11/1 و 2014/2/1 .

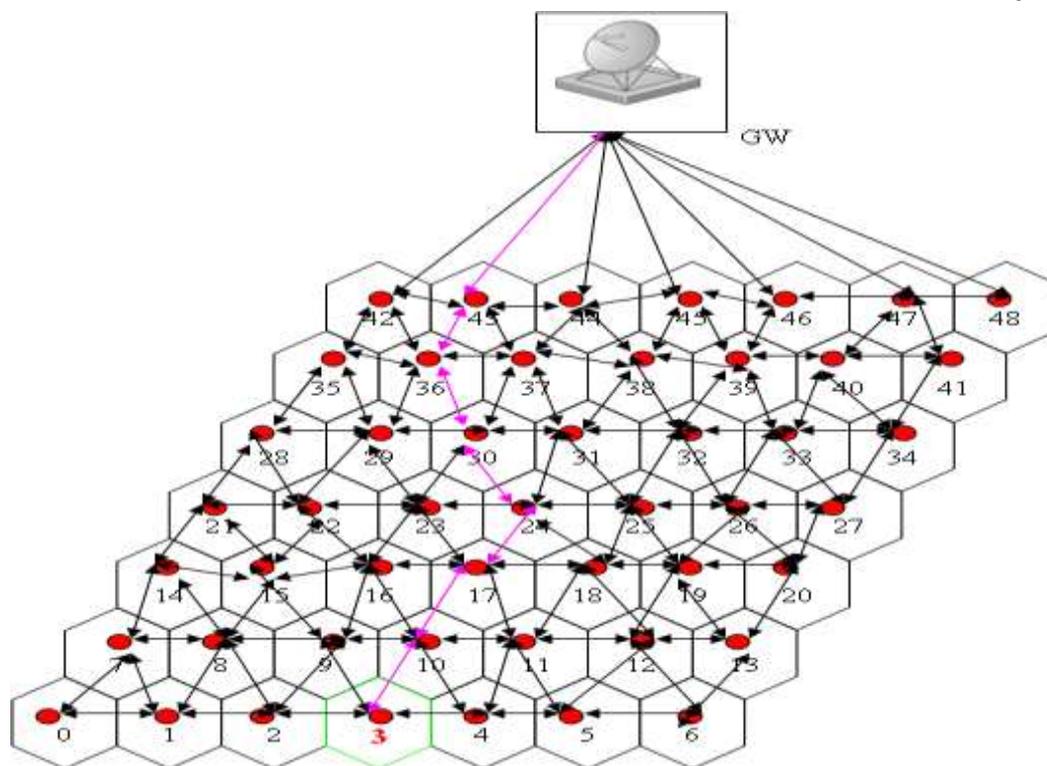
### التوجيه في الشبكة المستخدمة:

تعتمد الشبكة المستخدمة في النموذج المقترح على وجود مجموعة من الخلايا متصلة مع بعضها البعض عن طريق الاتصال اللاسلكي حيث يوجد ضمن كل خلية محطة قاعدية تعمل كموجه يعيد إرسال الرزم المستقبلية إلى إحدى الخلايا المجاورة. نفترض أن كل خلية ضمن الشبكة هي من النوع السداسي وبالتالي لها ست خلايا مجاورة كما في الشكل (1)، تتصل البوابة لاسلكياً بالعقد القريبة منها (أي العقد 42 وحتى 48 في الشكل (1)) ، لكل خلية عند إنشاء المسار اتصال صاعد مع خلية و اتصال هابط مع خلية أخرى. ما يحدث بشكل طبيعي في حالة التوجيه الديناميكي هو أن البوابة ترسل الكثير من رزم الإعلان عبر الشبكة وكل محطة قاعدية تسجل العقدة المجاورة الأخيرة التي أتت من خلالها رزمة الإعلان. تستخدم كل محطة قاعدية هذه المعلومات لاحقاً لإنشاء الممر الصاعد والذي تُرسل من خلاله الرزم إلى البوابة. كل محطة قاعدية مجهزة بذاكرة توجيه يُخزن فيها عنوان العقدة المرسله وعنوان العقدة المجاورة. يتم هذا لجميع العقد حتى إنشاء الممر من البوابة إلى المحطة القاعدية النهائية. تُستخدم لاحقاً رزم المعطيات المرسله خلال هذا المسار من أجل تحديث ذاكرة التوجيه والحفاظ على المسار صالحاً. الرزم المرسله من عقدة معينة معتبرة إلى مضيف متنقل موجود حالياً ضمن مجال محطة قاعدية معينة سيتم إرسالها قفزة-قفزة [14]. في حال احتاج المضيف المتنقل أن يحافظ على مساره الصاعد فعلاً، فإنه يحتاج أن يرسل رزماً تسمى رزم تحديث المسار كل فترة زمنية معينة [15].

### اكتشاف المسار مع أخذ نوعية الخدمة بعين الاعتبار

اكتشاف المسار اعتماداً على نوعية الخدمة يتم باختيار المسار اعتماداً على بعض بارامترات نوعية الخدمة. في التوجيه قفزة-قفزة المتبع في الشبكة المستخدمة يتألف المسار المختار من عدد من القفزات Base Stations (BSs) بين البوابة والعقدة المآل (العقدة رقم 3 في الشكل 1). على سبيل المثال، المسار المختار بين البوابة والمحطة القاعدية النهائية رقم 3 يتم بناؤه كما يلي: لنفترض أن المسار يبدأ من المحطة القاعدية رقم 43 ويتجه إلى العقد 36 30 24 17 10 3. من الممكن وجود العديد من المسارات مثل هذا المسار فأي مسار من مجموعة المسارات المتاحة هذه سيتم اختياره والذي يستوفي بارامتر نوعية خدمة معين؟ يمكن أن يتغير طول المسار المختار بما

أنه معتمد على بعض متطلبات نوعية الخدمة و ليس بالضرورة أن يكون المسار الأقصر. اعتماداً على معايير اختيار المسار ومتطلبات نوعية الخدمة، فإن كل مسار له قيمة ملائمة [2] تسمى قيمة تابع الهدف وتختلف هذه القيمة من مسار لآخر.



الشكل (1) بنية الشبكة المستخدمة

تم اعتبار بارامترين من بارامترات نوعية الخدمة في هذا النموذج من أجل اختيار المسار الأفضل وهما فقد المسار وزمن المعالجة ضمن الموجه. وبالتالي فإن تابع الهدف يتألف من تركيبة من بارامترين. يُعرف فقد المسار بأنه الفرق بين الطاقة الفعالة المرسله والطاقة المستقبلية ويقاس بالديسيبل (dB)[16]. زمن المعالجة ضمن الموجه هو الزمن الذي يستغرقه الموجه لمعالجة جريان من الرزم التي تتم ضمن هذا الموجه. يتضمن زمن المعالجة الزمن الذي يستغرقه معالج الموجه قبل توجيه هذا الجريان إلى محطة قاعدية (BS) أخرى [5].

### نموذج البحث:

يستخدم النموذج المقترح طبولوجية الشبكة الموضحة في الشكل (1). يعتبر هذا النموذج الحالة التي ترسل فيها عقدة خارجية رزم إلى المضيف المتنقل الذي يقيم في الخلية رقم 3. تصل الرزم عادةً إلى البوابة و توجه لاحقاً إلى العقدة النهائية. يوجد العديد من المسارات المتاحة بين البوابة والخلية رقم (3) ومن المحتمل أن أحد هذه المسارات هو الذي سيتم اختياره. إن هدف النموذج المقترح هو البحث عن المسار الأفضل بين البوابة والخلية رقم 3 بدلالة بعض معطيات بارامترات نوعية الخدمة. إن الخلية رقم 3 تم أخذها كمثال ولكن عملياً العقدة الهدف النهائية يمكن أن تكون أية خلية أخرى في الشبكة. من أجل اختيار المسار الأفضل تم اعتبار بارامترين لنوعية الخدمة كتتابع هدف. التابع الأول هو زمن المعالجة الكلي على المسار المعتمد والتابع الثاني هو فقد المسار.

يكون المسار صالحاً في هذا النموذج إذا لم يكن هناك انقطاع بين خليتين في المسار أي أن الخلايا المختارة في المسار يجب أن تكون متجاورة. مثال على مسار صالح من الشكل 1 هو المسار التالي: 18 25 26 33 39 45 17 11 10 3 بينما مثال على مسار غير صالح من نفس الشكل هو : 45 39 31 24 17 10 3. في المسار غير الصالح يمكن ملاحظة أن الخليتين 39 و 31 لا يمكن أن يتوصلا تبعاً لطبولوجية الشبكة وبالتالي فإن المسار المشكل غير صالح وبالتالي خلال هذا المسار لا يمكن أن تُسلم الرزم من البوابة إلى الخلية رقم 3. بارامتر نوعية الخدمة الأول الذي تم اعتباره في هذا النموذج (فقد المسار) يُحسب كما يلي [4]:

$$PL = -10 \log \left[ G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$G_t, G_r$ : هما ربحي المستقبل و المرسل على الترتيب.

$\lambda = \frac{c}{f}$ : طول الموجه حيث أن  $c$  هي سرعة الضوء و  $f$  هو التردد المستخدم.

$d$ : هي المسافة بين المحطة القاعدية المرسله و المحطة القاعدية المستقبلة.

زمن المعالجة الكلي المستهلك على طول المسار المختار لمعالجة جريان من الرزم يُحسب كما يلي [17]:

$$T = \sum_{i=1}^M N_i * T_i \quad (2)$$

$M$  هو عدد الموجهات ( المحطات القاعدية) في المسار المختار .

$N$  هو حمل الموجه (عدد الرزم التي يجب معالجتها).

يتم حساب  $T_i$  بالعلاقة التالية [17]:

$$T_i = \frac{N_i}{\mu_i} \times \frac{1}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i}} \quad (3)$$

$\mu_i$ : معدل معالجة الرزم لموجه معين في المسار .

$\lambda_i$ : معدل وصول الرزم إلى موجه معين في المسار .

$N_i$ : الحمل ( عدد الرزم) في موجه معين (BS).

تم تحسين أحد بارامترات نوعية الخدمة في النموذج المقترح بينما اعتُبر البارامتر الثاني كعتبة. وبهذه الطريقة عندما يتم تحسين زمن المعالجة فإن فقد المسار يُعتبر كعتبة والعكس بالعكس. يتم توليد قيمة العتبة بأخذ معدل قيمة العتبة لكل المسارات الصالحة في الجيل الأول.

يولد النموذج المقترح مجموعة من المسارات الصالحة بين البوابة والخلية رقم 3 ويطبق الخوارزمية الجينية لإيجاد المسار الأفضل من أجل بارامترتي نوعية الخدمة.

### 1 افتراضات

تم وضع مجموعة من الفرضيات من أجل الأغراض التجريبية وهي كالتالي:

1- يمكن أن تتواصل البوابة (GW) بشكل لاسلكي مع المحطات القاعدية (BSs) للخلايا المواجهة للبوابة.

على سبيل المثال في الشكل (1)، يمكن أن تتواصل البوابة مع الخلايا 42، 43، 44، 45، 46، 47، و48.

2- للخلايا أشكال سداسية منتظمة بدلاً من أي شكل آخر من أجل إهمال ضياع الإشارة في المساحات الجغرافية غير المغطاة و كذلك إهمال التداخل.

3- لكي يكون مسار معين صالحاً يجب أن يتحقق أحد الشروط التالية:

$$a) |C_t - C_r| = 1$$

$$b) |C_t - C_r| = 6$$

$$c) |C_t - C_r| = 7$$

حيث أن Cr,Ct هما رقم الخليتين المرسله و المستقبله على الترتيب.

4. تم اعتبار الخلية رقم 3 بأنها المآل النهائي من أجل سهولة التجريب. و يمكن اعتبار أية خلية أخرى.

5. لم يتم أخذ الطفرة بعين الاعتبار هنا في الخوارزمية الجينية في هذا النموذج. السبب أن تطبيق الطفرة يمكن

أن يُنتج مسارات غير صالحة يكون من الصعب جداً إصلاحها مما يؤثر سلباً على أداء النموذج التجريبي.

## 2. التوابع المستخدمة

يستخدم النموذج المقترح الخوارزمية الجينية GA من أجل البحث عن المسار الأفضل بين البوابة و المآل النهائي. من أجل ذلك يتم استخدام التوابع التالية في هذا النموذج:

*Validate (path)*: يُستخدم هذا التابع من أجل فحص صلاحية المسارات المولدة مبدئياً و بعد عملية

التصالب الصبغي. إذا كان المسار المولد غير صالحاً فإن التابع *validate* يقوم بإصلاح هذا المسار ولكن إذا كان المسار الناتج بعد عملية التصالب الصبغي غير صالحاً فإن التابع *validate* يرفض هذا المسار و لا يؤخذ بعين الاعتبار.

*Select (path,PL,T)*: تابع اختيار المسارات و يستخدم أسلوب دولاب الحظ (Rolette Wheel) اعتماداً

على بارامترات نوعية الخدمة.

*Crossover (path1,path2)*: تابع جيني من أجل تزاوج الأفراد (المسارات) المختارة بالتابع *select*.

## 3. الخوارزمية المعتمدة في النموذج المقترح

الخوارزمية المعتمدة على الخوارزمية الجينية و المستخدمة في هذا النموذج هي على الشكل التالي:

1- إدخال حجم تجمع الحلول.

2- توليد التجمع المبدئي و حساب فقد المسار و زمن المعالجة لكل مسار.

3- تطبيق التابع *validate*.

4- حساب معدل فقد المسار بالعلاقة  $AVPL = \frac{\sum_{i=1}^{p\_size} PL_i}{p\_size}$  حيث أن  $PL_i$  هو فقد المسار  $i$  و  $p\_size$  هو

حجم التجمع المولد مبدئياً.

5- تقييم المسارات الصالحة باستخدام تابع معدل فقد المسار مع رفض المسارات التي لها معدل فقد أعلى من

.AVPL

6- تخزين المسار الأفضل المبدئي على أنه الحل الحالي.

7- تطبيق التابع *Select*.

8-تطبيق التابع Crossover.

9-تطبيق التابع Validate.

10- حساب فقد المسار و زمن المعالجة للمسارات المولدة حديثاً.

11- تقييم المسارات باستخدام التابع AVPL مع رفض المسارات التي لا تحقق ذلك.

12- تخزين المسار الأفضل ( المسار ذو القيمة الأصغر ل  $T_i$  ) على أنه الحل الحالي.

13- تكرار الخطوات من 7 إلى 12 من أجل عدد مُعطى من الأجيال.

14- إظهار النتائج المخزنة كخرج.

تقوم الخوارزمية السابقة بتحسين زمن معالجة الرزم المطلوب في المسار من أجل اختيار المسار الأفضل. من أجل الحالة الثانية والتي يكون فيها تابع الهدف هو فقد المسار، فإن الخوارزمية المستخدمة سابقاً تُستخدم نفسها مع تغيير الخطوات 4، 11 و 12 لتصبح على الشكل التالي:

$$\sum_{i=1}^{p\_size} T_i$$

4-معدل زمن المعالجة ( $AVT = \frac{i=1}{p\_size}$ ) حيث أن  $T_i$  هو زمن المعالجة في المسار  $i$  و  $p\_size$  هو

حجم التجمع.

11- تقييم المسارات باستخدام AVT مع رفض المسارات التي لا تحقق ذلك.

12- تخزين المسار الأفضل ( المسار ذو أصغر قيمة ل  $PL_i$  ) على أنه الحل الحالي.

## النتائج والمناقشة:

تم تقييم أداء النموذج المقترح عن طريق إجراء مجموعة من اختبارات المحاكاة. يعتبر النموذج المقترح أولاً تقليل زمن المعالجة في المسار مع التقيد بقيمة فقد مسار معينة. المجموعة الثانية من الاختبارات تتعامل مع فقد المسار مع التقيد بزمن معالجة معين.

### 1 تحسين زمن المعالجة

تتعامل هذه المجموعة من الاختبارات مع تحسين زمن المعالجة المأخوذ في المسار لتدفق من الرزم. أعطيت بارامترات الدخل لاختبارات مختلفة حيث تم توليد قيم عشوائية لكل من معدل وصول الرزم و معدل الرزم المخدمة في مجالين مختلفين لكل منهما كما تبين بارامترات الدخل في كل اختبار وكذلك الأمر بالنسبة لكل من حمل محطة الإرسال و ربح هوائي محطة الإرسال.

#### الاختبار 1:

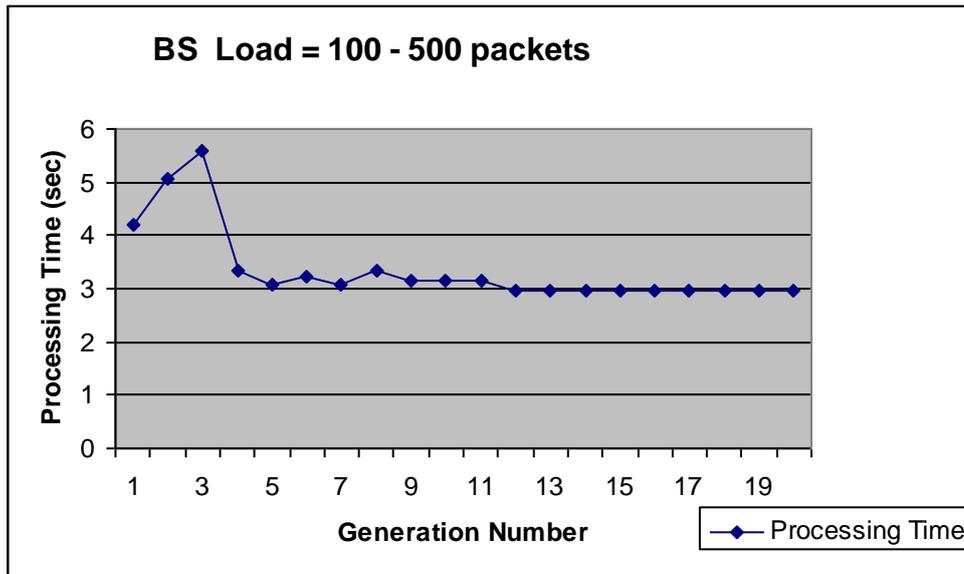
بارامترات الدخل :

$$\lambda_i = 1000 - 1500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 1500 - 2000 \text{ packet/sec.}$$

$$\text{BS Load} = 100 - 500 \text{ packets.}$$

$$\text{BS gain} = 10 - 50 \text{ dB.}$$

$$\text{System frequency } f = 950 \text{ MHz}$$



الشكل (2) زمن المعالجة من أجل حمل خفيف للمحطة القاعدية ، المجال الأول

المسار الأفضل المختار هو 3 4 11 12 18 25 32 39 40 47  
 القيمة الأفضل لزمن المعالجة التي تم الحصول عليها هي 2.95391 ثانية .  
 معدل فقد المسار ( AVPL ) المولد في هذا الاختبار أقل من 420.369

**الاختبار 2 :**

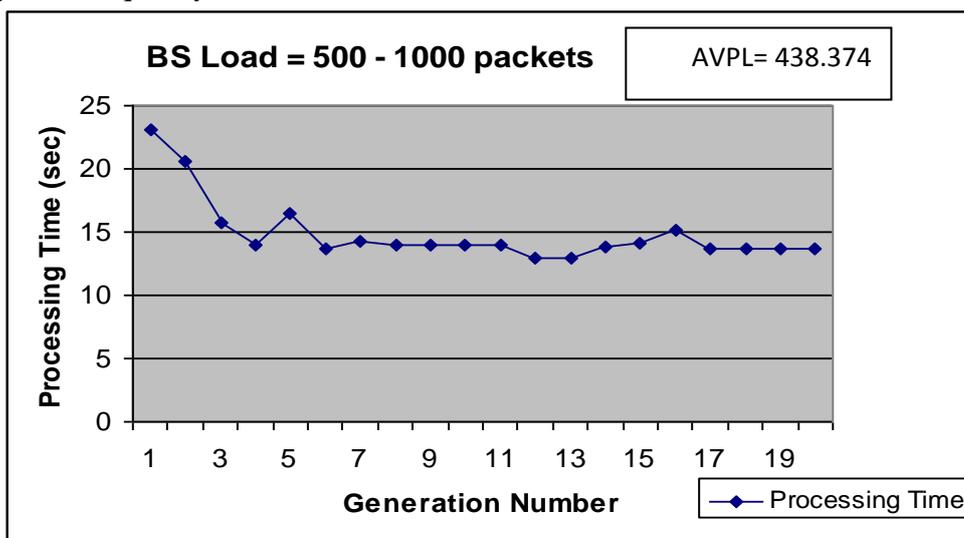
بارامترات الدخل :

$$\lambda_i = 1000 - 1500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 1500 - 2000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 500 - 1000 packets.

BS gain = 10 - 50 dB.

System frequency  $f = 950 \text{ MHz}$



الشكل (3) زمن المعالجة من أجل حمل مرتفع للمحطة القاعدية، المجال الأول

المسار الأفضل المختار في هذه الاختبار هو : 3 9 15 16 22 23 24 30 36 42

القيمة الأفضل لزمن المعالجة هي 13.6065 ثانية.

معدل فقد المسار ( AVPL ) المولد في هذا الاختبار هو أقل من 438.374

### الاختبار 3 :

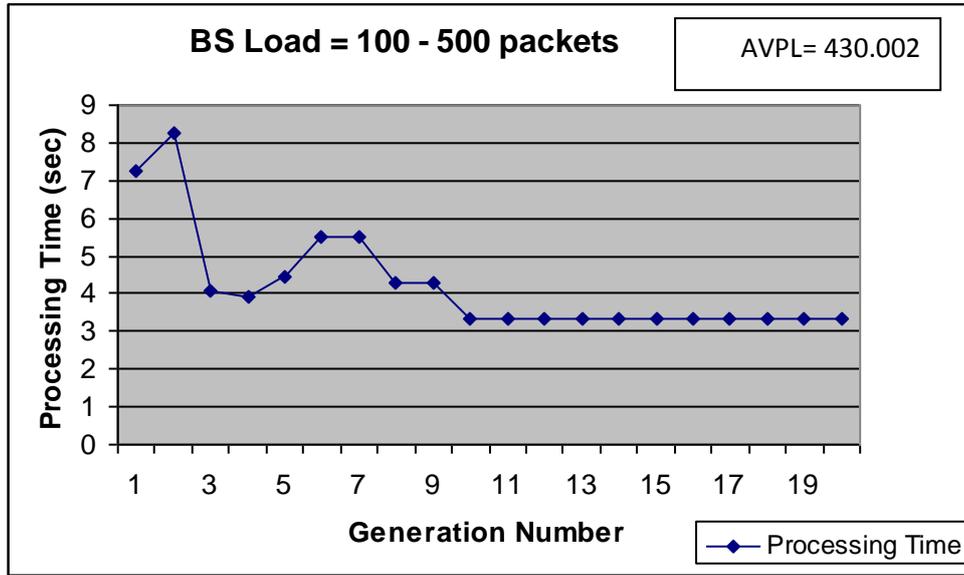
بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 2000 - 2500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 2500 - 3000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 100 – 500 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950 \text{ MHz}$



الشكل (4) زمن المعالجة من أجل حمل خفيف للمحطة القاعدية، المجال الثاني

المسار المختار هو 3 4 11 12 18 24 30 36 42 43

أفضل قيمة لزمن المعالجة تم الحصول عليه هو 3.31119 ثانية

معدل فقد المسار المولد لهذا الاختبار هو أقل من 430.002

### الاختبار 4 :

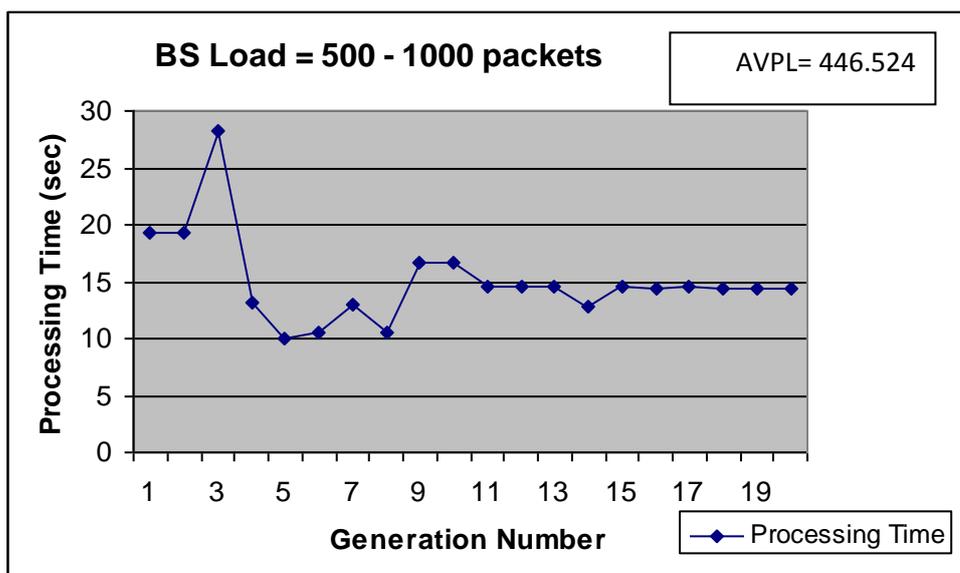
بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 2000 - 2500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 2500 - 3000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 500 – 1000 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950 \text{ MHz}$



الشكل (5) زمن المعالجة من أجل حمل عالي للمحطة القاعدية، المجال الثاني

المسار المختار هو في هذا الاختبار 3 2 9 16 22 23 24 30 36 42  
 أفضل قيمة لزمن المعالجة كانت 14.299 ثانية  
 معدل فقد المسار المولد من أجل هذا الاختبار أقل من 446.524  
 من أجل جميع الاختبارات السابقة تم تسجيل النتائج من أجل جميع المجالات المولدة وتم تسجيل قيم فقد المسار فكانت كما في الجدول 1

الجدول (1): زمن المعالجة الأمثل مع فقد المسار المرافق

$\lambda$ (packet/sec)	$\mu$ (packet/sec)	BS Load (packets)	Processing Time	Path Loss for the final path
500 – 1000	1000 – 1500	100 – 500	2.95391 sec	401.009 dB
500 – 1000	1000 – 1500	500 – 1000	13.6065 sec	427.705 dB
2000 – 2500	2500 – 3000	100 – 500	3.31119 sec	429.476 dB
2000 – 2500	2500 – 3000	500 – 1000	14.299 sec	415.285 dB

## 2 تحسين فقد المسار

تتعامل هذه المجموعة من الاختبارات مع تحسين فقد المسار لتدفق من الرزم. أعطيت بارامترات الدخل لاختبارات مختلفة حيث تم توليد قيم عشوائية لكل من معدل وصول الرزم و معدل الرزم المخدومة في مجالين مختلفين لكل منهما كما تبين بارامترات الدخل في كل اختبار وكذلك الأمر بالنسبة لكل من حمل محطة الإرسال و ربح هوائي محطة الإرسال.

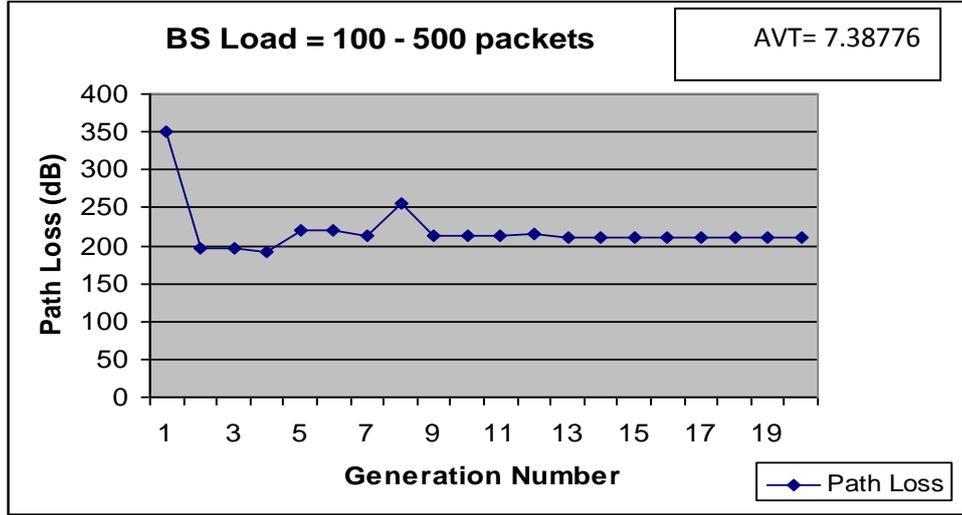
**الاختبار 5 :**

بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 1000 - 1500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 1500 - 2000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 100 – 500 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950$  MHz

الشكل (6) فقد المسار من أجل حمل خفيف للمحطة القاعدية، المجال الأول

المسار المختار هو 3 4 10 11 18 25 32 39 46 47

أفضل قيمة لفقد المسار هي 211.469 ديسيبل

معدل زمن المعالجة لهذا الاختبار هو أقل من 7.38776

**الاختبار 6 :**

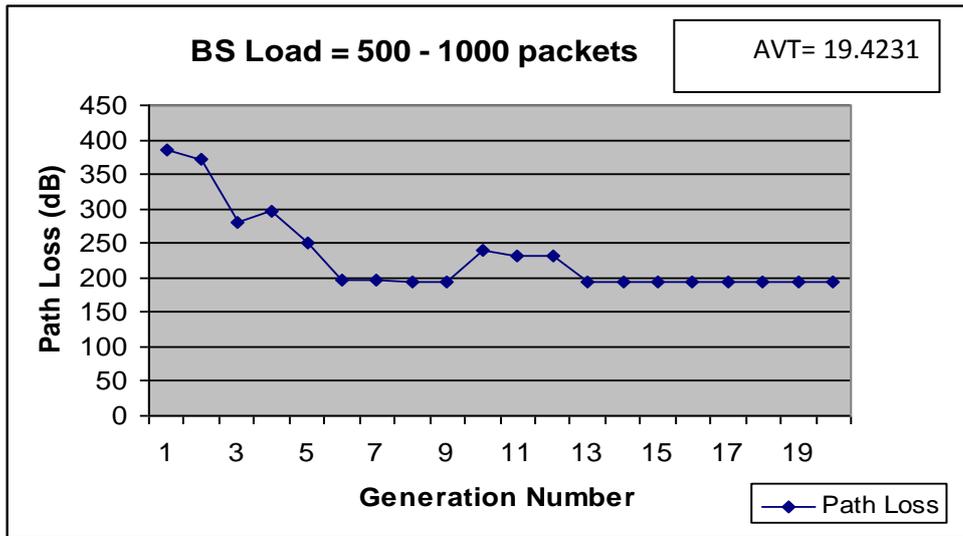
بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 1000 - 1500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 1500 - 2000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 500 – 1000 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950$  MHz



الشكل (7) فقد المسار من أجل حمل عالي للمحطة القاعدية، المجال الأول

المسار المختار هو 3 9 15 22 29 30 36 42 43  
 أفضل قيمة لفقد المسار تم الحصول عليها هي 193.161 ديسيبل  
 معدل زمن المعالجة المولد من أجل هذا الاختبار أقل من 19.4231  
**الاختبار 7 :**

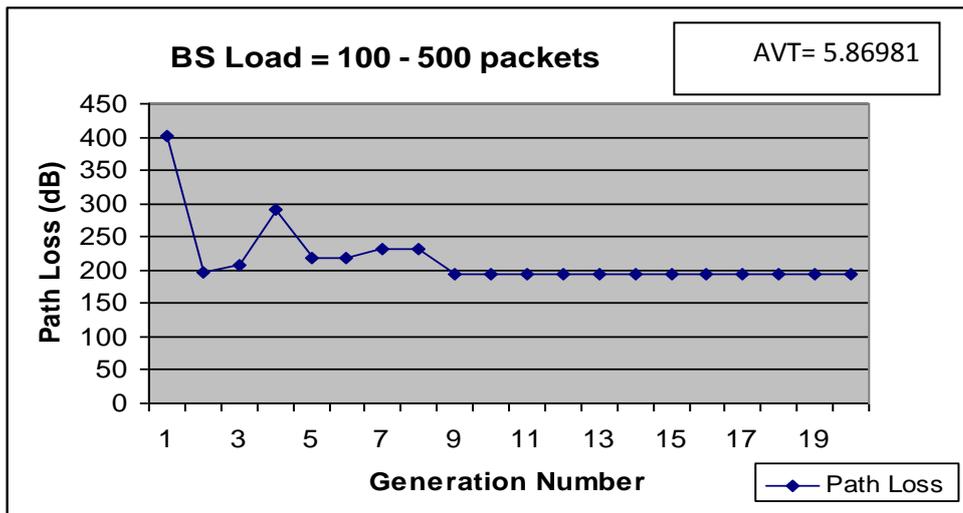
بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 2000 - 2500 \text{ packet/sec}, \mu_i = 2500 - 3000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 100 – 500 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950$  MHz



الشكل (8) فقد المسار من أجل حمل خفيف للمحطة القاعدية، المجال الثاني

المسار المختار هو 3 4 11 18 25 32 38 39 46

أفضل قيمة لفقد المسار تم الحصول عليها هي 194.998

معدل زمن المعالجة المولد لهذا الاختبار أقل من 5.86981

### الاختبار 8:

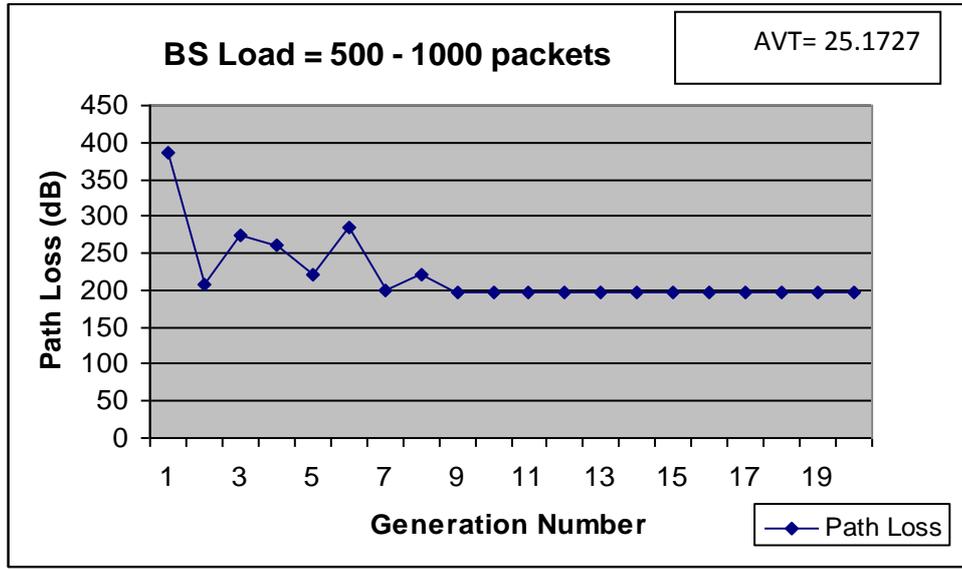
بارامترات الدخل

$$\lambda_i = 2000 - 2500 \text{ packet/sec} \cdot \mu_i = 2500 - 3000 \text{ packet/sec.}$$

BS Load = 500 – 1000 packets.

BS gain = 10 – 50 dB.

System frequency  $f = 950 \text{ MHz}$



الشكل (9) الفقد في المسار من أجل حمل مرتفع للمحطة القاعدية، المجال الثاني

المسار المختار هو 3 2 9 19 23 29 36 42 43

أفضل قيمة لفقد المسار هي 196.816

معدل زمن المعالجة المولد في هذا الاختبار أقل من 25.1727

مرة أخرى تمت ملاحظة زمن المعالجة المطابق للمسار الأمثل الذي يكون فيه فقد المسار أمثلًا. يوضح

الجدول 2 هذه النتائج.

الجدول (2): فقد المسار الأمثل مع زمن المعالجة المرافق

$\lambda$ (packet/sec)	$\mu$ (packet/sec)	BS Load (packets)	Path Loss	Processing Time for the final path
500 – 1000	1000 – 1500	100 – 500	211.469 dB	5.27081 sec
500 – 1000	1000 – 1500	500 – 1000	193.161 dB	15.4801 sec
2000 – 2500	2500 – 3000	100 – 500	194.998 dB	4.91563 sec
2000 – 2500	2500 – 3000	500 – 1000	196.816 dB	19.711 Sec

## الاستنتاجات والتوصيات:

اعتماداً على الأشكال السابقة يمكن استخلاص النقاط التالية :

1. في المجموعة الأولى من الاختبارات تم حساب معدل فقد المسار من خلال تابع الملاءمة للمجموعة الأولى من الحلول و وتم اختيارها كعتبة من أجل تحسين زمن المعالجة. توضح الأشكال أنه من أجل الحمل المنخفض للمحطة القاعدية فإن زمن المعالجة يكون صغير القيمة. يُظهر الشكل (2) أنه بعد عدد معين من الأجيال فإن المسار المختار يُنتج زمن معالجة أمثلي. بمقارنة الشكلين 3 و 4 نجد أنه بزيادة حمل المحطة القاعدية يزداد زمن المعالجة. هذا الأمر واضح و يمكن استنتاجه من المعادلة 3. من أجل التأكيد على صحة هذا الاستنتاج فإن التجارب قد تم إجراؤها من أجل مجالات مختلفة لمعدل وصول الرزم ومعدل الرزم المخدّمة.
  2. المجموعة الثانية من التجارب تُحسن فقد المسار مع أخذ تقييدات زمن المعالجة بعين الاعتبار. معدل زمن المعالجة يتم أخذه أيضاً من خلال معدل الزمن لمجموعة الحلول المبدئية. توضح الأشكال من 5 إلى 8 الانخفاض في فقد المسار مع كل جيل من الأجيال. المسار المختار هو الأفضل من ناحية فقد المسار. تم إجراء الاختبارات من أجل مجالات مختلفة لمعدلات الوصول و الخدمة .
  3. من الملاحظ أيضاً أن قيم فقد المسار للمسارات المختارة في الأشكال من 5 إلى 8 قريبة من بعضها. هذه الحقيقة ملاحظة من المعادلة 1 والتي لا يظهر فيها حمل المحطة القاعدية عند حساب فقد المسار .
  4. من الملاحظ من الجدولين 1 و 2 أن النموذج المقترح يحسن أحد بارامترات نوعية الخدمة مع أخذ البارامتر الآخر بعين الاعتبار. يُظهر الصف الأول من الجدول 1 أنه من أجل نفس البارامترات المدروسة أن زمن المعالجة أقل منه في الجدول الثاني. ونفس الحالة من أجل فقد المسار. نلاحظ أن تحسين أحد البارامترات لا يزيد البارامتر الآخر بشكل كبير.
- تم أخذ نفس بارامترات نوعية الخدمة التي تمت دراستها فيدراسات مرجعية أخرى مثل المرجع رقم [10] وسوف تتم المقارنة مع هذه الدراسات بعد تطبيق خوارزمية تطويرية أخرى مثل خوارزمية الأسراب Particle Swarm Optimization من أجل الحصول على نتائج أكثر دقة وهو ما يجري العمل عليه حالياً.
- يثبت النموذج المقترح أهمية كبيرة حيث يساعد على اكتشاف المسار مع تحسين بارامترات نوعية الخدمة. يقوم النموذج باختيار المسار بشكل مسبق اعتماداً على بارامترات نوعية الخدمة. مهما يكن عدد المسارات المتاحة من المصدر إلى المآل كبيراً فإن خيار الخوارزمية الجينية يعطي حلاً جيداً للمسألة.

## المراجع:

- [1] A.T. Campbell, J. Gomez, S. Kim, A.G. Valko, C.-Y. Wan and Z.R. Turanyi, "Design, implementation, and evaluation of cellular IP", IEEE personal Communications, vol. 7, no. 4, Aug. 2000, pp. 42 – 49.
- [2] Gelenbe, E. Liu, P. Laine, J., "Genetic Algorithms for Route Discovery", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics, 2006, Vol. 36, No. 6, pp 1247- 1254.
- [3] F.M. Abduljalil and S.K. Bodhe, "Integrated routing protocol (IRP) for integration of cellular IP and mobile ad hoc networks", IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, 5-7 June 2006, Taiwan, vol. 1, pp. 312-315.

- [4] S. Baatz, W. Hansmann and J. Tolle, "Security of routing cache updates in cellular IP", Proceedings of the 25th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks, LCN 2000, 8-10 Nov. 2000, Tampa, FL, USA, pp. 163 – 164.
- [5] C.-C. Yang, C.-S. Tsai and K.-Y. Lin, "A Multicast Routing Protocol for Group Communications in Cellular IP Networks", IEEE International Conference on Communications, 16-20 May 2005, Seoul, Korea, vol. 2, pp. 2929 – 933.
- [6] J.-Y. Hu, and C.-C. Yang, "Enhancement of Cellular IP Routing by Redirection at Crossover Base Stations", IEEE 62<sup>nd</sup> Vehicular Technology Conference, 25-28, Sep. 2005, Texas, USA, vol. 4, pp. 2551- 2555.
- [7] K. Kotecha, and S. Popat, "Multi objective genetic algorithm based adaptive QoS routing in MANET", IEEE Congress on Evolutionary Computation, 25-28 Sept. 2007, Singapore, pp. 1423 – 1428.
- [8] Kim, Dae-Young, et al. "Adaptive route discovery for wireless sensor networks." ICT Convergence (ICTC), 2011 International Conference on. IEEE, 2011.
- [9] Yen, Yun-Sheng, et al. "Flooding-limited and multi-constrained QoS multicast routing based on the genetic algorithm for MANETs." Mathematical and Computer Modelling 53.11 (2011): 2238-2250.
- [10] Gelenbe, Erol, Peixiang Liu, and Jeremy Laine. "Genetic algorithms for route discovery." Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on 36.6 (2006): 1247-1254.
- [11] A.K. Tripathi, D.P. Vidyarthi and A.N. Mantri, "A Genetic Task Allocation Algorithm for Distributed Computing System Incorporating Problem Specific Knowledge", International Journal of High Speed Computing, 1996, vol. 8, no. 4, pp. 363-370.
- [12] S.F. Ghribi, D.S. Masmoudi, and N. Derbel, "A Multi Objective Genetic Algorithm based optimization of wavelet transform implementation", 3rd International Design and Test Workshop, 20-22 Dec. 2008, Monastir, Tunisia, pp. 87 – 91.
- [13] J. L. Sobrinho, "Algebra and algorithms for QoS path computation and hop-by-hop routing in the internet", IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), Aug. 2002, vol.10, no.4, pp. 541 – 550.
- [14] M. Anbar and D.P. Vidyarthi, " Buffer Management in Cellular IP Networks using GA", Second International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, ICACTE '09, 25-27 Sept. 2009, Cairo, Egypt, vol. 2, pp. 1163-1173.
- [15] Jaeki Lee; Yongi Kim; Hwang Soo Lee, "Fast route recovery methods for cellular IP access network", IEEE 61st Vehicular Technology Conference, 2005, Vol. 4, pp. 2580 – 2584.
- [16] Edwards, G. Suryakumar, N., "Cellular IP Performance", IEEE Conference on Wireless Communications and Networking, 2003, Vol. 3, pp. 2081- 2085.
- [17] D. P. Vidyarthi, M. Anbar, "Comparative study of two CPU router time management algorithms in cellular IP networks", International Journal of Network Management, 2011, DOI: 10.1002/nem.752.