أنظمة الراديو المنقول الخلوية

"تصميم الأنظمة للسعة المثلى"

تأليف

حسني حمودة

ترجمة

محمد بن عبد الرحمن آل الشيخ

قسم الهندسة الكهربائية – كلية الهندسة

جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

حمودة ، حسني

أنظمة الراديو المنقول الخلوية : تصميم الأنظمة للسعة المثلى./ حسني حمودة ؛ ترجمة : محمد بن عبدالرحمن آل الشيخ - الرياض ، ١٤٢٧هـ

٢٨٠ص ؛ ١٧سم × ٢٤سم

ردمك : ٦- ٠٠٣- ٥٥- ٩٩٦٠

١- المذياع - أجهزة ٢- الهندسة الالكترونية أ- آل الشيخ ، محمد بن عبدالرحمن (مترجم) ب - العنوان

ديوي ٣٨٤، ٦٢١ ١٤٢٧/٢٤٧٢

رقم الإيداع : ١٤٢٧/٢٤٧٢

ردمك : ٦- ٠٠٣- ٥٥- ٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة ، شكلها المجلس العلمي بالجامعة ، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه السادس عشر للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ ، الذي عقد بتاريخ ١٤٢٦/٣/٩هـ ، الموافق١٨/٤/٢٠٠٥م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٧هـ

مقدمة المترجم

تعيش البشرية اليوم أزهى عصورها، تنعم بخدمات التقانة العلمية المتقدمة في شتى الميادين، وهي موعودة بالمزيد من الكشوفات والخدمات التي تأخذها بسرعة إلى عالم الرخاء. وتعد الاتصالات من أعظم النعم على البشرية اليوم، وأكثرها تسهيلا لحياة البشرية.

وتشهد خدمات الاتصلات قوة وسرعة كلما التحمت مع الحاسب الآلي لتقديم خدمة تمازج بين التقانتين.

ويعاني عالم الاتصلات منذ مدة طويلة من شح في أحد أهم موارده؛ وهو عرض نطاف البث Band width، فقد ازدحم الفضاء بالعديد من الخدمات اللاسلكية التي ضاق عن استيعابها أو كاد. وجاءت خدمة النظام الخليوي cellular system للمساهمة في إيجاد حيز مناسب للارسال داخل نطاق البث. فكان الجيل الأول ثم الثاني- الذي هو موضوع كتابنا هذا - ثم الثالث والرابع، والمستقبل مفتوح للابتكار والاختراع.

إن من أهم علامات نجاح هذا النظام التسارع المهول في طلب الخدمة حتى فاقت أفضل تقديرات المتفائلين من القائمين عليها أنفسهم. بل إنه فاق اليوم حتى الهاتف

الأرضي الثابت في وقت قصير نسبيا. ويبدو أن السبب وراء ذلك راجع إلى فكرة بسيطة هي أن هذا النوع من الهواتف لا يعدون عن كونه هاتفا شخصيا.

أما الكتاب الذي نحن بصدد ترجمته فيتناول واحدا من أهم الموضوعات التي تخاطب المهندسين والمصممين وطلاب الدراسات العليا، وغيرهم من المعنيين بمثل هذه التقانة، و" يعرض الكتاب طرقة شاملة ومحددة لتعريف وتقييم الفعالية الطيفية لأنظمة الراديو المنقولة الأرضية الخليوية "

وهي المشكلة التي نوهنا عنها سابقا، وقد عرض اها الكتاب رياضيا واشتق لها الصيغ المناسبة، مما سيساعد كثيرا على تبني مثل هذه الطرق للتقنيات الأخرى، ولأجيال الهاتف المتحرك القادمة. مما سيزيد من أهمية هذا الكتاب.

وقد التزمت في هذا الكاب بالترجمة الحرفية للنص الأصلي، دون التدخل بأي نوع في الصياغة أو الفكرة، راجيا أن يكون في هذا الكتاب إضافة نوعية للمكتبة العربية الهندسية.

وأني إذ أشكر جامعة الملك سعود ممثلة في مركز الترجمة على دعمها لترجمة هذا الكاب الهام، فلا أنسى كذلك إدارة النشر العلمي التي قامت على إخراجه للقارئ وطبعه.

المترجم

د. محمد آل الشيخ

مقدمة المؤلف

ولدت فكرة هذا الكتاب عندما كانت فكرة الجيل الثاني للهاتف الخليوي تلوح في الأفق، في ذلك الوقت كان العالم مقسم إلى ثلاثة معسكرات متميزة للبحث عن مواصفات هي : أوربا وأمريكا الشمالية واليابان. وكان واضحا منذ البداية للمراقبين ميل أوربا لنظام خليوي في جيله الثاني بمواصفات واحدة لعموم أوربا، مستفيدين من نجاح خبرات نوردك، أما أمريكا الشماليةفكان لها أنظمة مختلفة نتيجة للاستمرار في عدم تنظيم صناعة الاتصالات، وكذلك اليابان بمواصفاتها التي قد تتفق وقد لا تتفق مع الجيل الثاني الخليوي لأمريكا الشمالية، فإن هناك أمرا واحدا غير واضح هو كيف سيكون النظام الخليوي؟

لقد تم تقديم كل المقترحات التي الممكن تصورها لنظام الجيل الثاني الخليوي، الأنظمة التمثيلية والرقمية على السواء، وتقنيات التعديل بما فيها الهجينة، وFDMA و FDMA وTDMA لتقنيات الوصول المتعدد وغيرها. وكانت الحلول المعروضة متنوعة بتنوع الأداء الذي قدمه العارضون، والذي كان شديد التباين.

وكان لصورة كفاءة الطيف -تحديدا- التي قدمتها عدة مقترحات حظ كبير من النقاش والمناظرة. وكان هناك حاجة لتعريف المواصفات والمقاييس الدولية لكفاءة الطيف للأنظمة الخليوية. يضاف إلى ذلك أن مختلف الناس يستخدمون عوامل وطرق مختلفة لتقييم كفاءة الطيف.

إن الهدف الأساسي من هذا الكتاب هو التنبيه لهذا الموضوع، وإيجاد الطرق والتقانة التي قد تؤثر في كفاءة الطيف لأنظمة الراديو المتحرك الخليوي. وهذا الأمر بالذات مهم مع التوسع المطرد للخدمات المتحركة مع ما يصاحبها من أهمية التنظيم المثل للطيف. صحيح أن هناك نطاقات تردد فوق 1GH أصبحت متاحة اليوم للخدمات المتنقلة، ولكن صحيح أيضا أن الطلب يتجاوز دائما التوقعات، وستصبح تطبيقات الوسائط المتعددة الشرهة في الطيف - قريبا مشهورة جدا في أوساط غالبية المستخدمين، ستكون - بل يجب أن تكون - كفاءة طيف أنظمة الراديو الاهتمام الأساسي لصناعة الاتصالات، من مثل المستثمرين والمهندسين والباحثين والمدراء والمشغلين، والمسوقين والتنظيرين، وغيرهم كثير في القائمة.

يعرض الكتاب طرقة شاملة ومحددة لتعريف وتقييم الفعالية الطيفية لأنظمة الراديو المنقولة الأرضية الخليوية، ويمكن النظر إلى النظام الخليوي على أنه مركب من تقنية التعديل وتعدد الوصول، وطريقة تطبيقه بالتساوي بين الأنظمة التمثيلية والرقمية، ويشمل هذا العمل مقارنات مجدولة لعدد من أنظمة الجيل الأول والثاني الخليوية، وكذلك العديد من المقترحات للجيل الثاني لتعزيز المقارنات.

وقد يقول بعض القراء أن الأنظمة التمثيلية أقدم من أن تعرض في هذا الكتاب على الإطلاق، وقد يكون على صواب في ذلك، ولكن هناك سببان لإدخال الأنظمة التمثيلية في الكفاءة الطيفية: الأول أنه من الناحية الأكاديمية لابد من اعتبار جميع الأنظمة الرقمية التمثيلية، لاستيعاب كل ما في الموضوع. وكذلك لإظهار تطور الأنظمة مع الزمن، ولاستخدامها منصة عمل تظهر التقدم الذي حصل للأنظمة الرقمية. وثانيا: ستظل الأنظمة التمثيلية موجودة لعدة سنين مقبلة، ولكن بطيف راديوي محدود، لذا فهناك حاجة لتحسين هذه الأنظمة لفعالية الطيف.

وسيكون هذا الكتاب مفيدا للمهندسين التطبيقيين وكذلك طلاب البحوث في مجال الراديو الخليوي وسيجدون بالتحديد منهجية عامة ونماذج تهمهم، والكتاب مفيد كذلك للمدراء والتسويقيين التنفيذيين المهتمين بالقضايا التقنية لأنظمة الراديو المنقول الخليوي، وقد تكون النتائج المجدولة نفيسة للجميع.

وأنا متأكد أخيرا ان هناك مواضيع عدة كان من المفترض أن يشملها كتابي، وان هناك أفكارا يرغب العديد من القراء مشاركتي فيها، ولكن من المحال عرض كل ذلك، والبديل لذلك أني سأكون أكثر من سعيد عند استقبال الملاحظات والمناقشات حول موضوع الكتاب.

جيلدفورد، سري

أكتوبر ١٩٩٧

المحتويات

الصفحة

إهداء ..... هـ

مقدمة المترجم ..... ز

مقدمة المؤلف ..... ط

المحتويات ..... م

الفصل الأول (١) المقدمة ١

(١ -أ) المبدأ الخلوي ٢

(١-ب) : الانتقال إلى نطاقات ترددية أعلى ٣

(ا-جـ) : بلوغ الحد الأقصى للدرجة التي تستخدم معها النطاقات المتنقلة الحالية ٤

الفصل الثاني(٢). مقاييس كفاءة الطيف في أنظمة الراديو المنقولة الأرضية الخلوية ٩

(٢ - ١) مقدمة ٩

(٢ - ٢) أهمية مقاييس كفاءة الطيف ١٠

(٢ - ٣) المقاييس الممكنة لكفاءة الطيف ١٢

(٢ - ٣ - ١) منقول / قناة (mobile/channel) ١٢

(٢ - ٣ - ٢) مستخدم/الخلية (users/cell) ١٤

(٢ - ٣ - ٣) قناة/ MHz (channels/MHz) ١٥

صفحة

(٢-٣-٤) ايرلنج / MHz (Erlangs/MHz) ١٦
(٢-٤) أفضل المقاييس لكفاءة الطيف في الأنظمة الخلوية ١٧
(٢-٤-١) اعتبارات واقعية لمقياس ايرلنج/ km^2/MHz ١٨
(٢-٤-٢) مقاييس بديلة لكفاءة الطيف ١٩
(٢-٥) مقياس كفاءة طيفية محتمل للأنظمة الرقمية ٢٢
(٢-٦) مقياس كفاءة الطيف وجودة الأنظمة الخلوية ٢٤
الفصل الثالث (٣). كفاءة الطيف لتقنيات التعديل التمثيلي ٢٧
(٣-١) المقدمة..... ٢٧
(٣-٢) أساليب التعديل التمثيلي الأساسية ٢٩
(٣-٢-١) نقل إشارة النطاق القاعدي التمثيلية ٣٢
(٣-٢-٢) تعديل النطاق الجانبي (DSB) المزدوج ٣٦
(٣-٢-٣) تعديل السعة (AM) ٤٣
(٣-٢-٤) تعديل النطاق الفردي الجانبي (SSB) ٤٦
(٣-٢-٥) تعديل الزاوية (غير خطي) ٤٩
(٣-٢-٦) مقارنة عامة لتقنيات التعديل التمثيلي المختلفة ٥٢
(٣-٣) التعبير الرياضي لـ "قناة/ km^2/MHz". ٥٤
(٣-٤) حساب عدد الخلايا في العنقود N_C ٥٦
(٣-٤-١) الهندسة الخلوية ٥٦
(٣-٤-٢) أشكال الخلايا ٥٧
(٣-٤-٣) مبادئ الهندسة السداسية ٥٧

صفحة

(٣-٥) شكل العلاقة بين نسبة إعادة استخدام القناة المشاركة ونسبة الحماية في النظام الخلوي. ٦١
(٣-٥-١) تعريف نسبة الحماية. ٦١
(٣-٦) نماذج تداخل القناة المشاركة ٦٣
(٣-٦-١) المميزات العامة للنماذج الجغرافية ٦٦
(٣-٦-٢) المميزات العامة للنماذج الإحصائية ٦٧
(٣-٦-٣) النموذج I : النموذج الجغرافي بتداخل واحد ٦٨
(٣-٦-٤) النموذج II : النموذج الجغرافي ذو الستة تداخلات ٧٣
(٣-٦-٥) النموذج III : النموذج الجغرافي بعدد من التداخلات ٧٥
(٣-٦-٦) النموذج IV : النموذج الإحصائي للهفوت فقط ٨١
(٣-٦-٧) النموذج V : نموذج التظليل الإحصائي فقط ٨٦
(٣-٦-٨) النموذج VI : النموذج الإحصائي للتظليل والهفوت ٨٧
(٣-٧) مقارنة النماذج المختلفة ٨٨
(٣-٧-١) التبرير الرياضي للنماذج الجغرافية ٩١
(٣-٨) الكفاءة الطيفية لتقنيات التعديل المبنية على النموذج الجغرافي ذي التداخلات الست. ٩٤
(٣-٨-١) العوامل التي تحكم مساحة الخلية ٩٥
الفصل الرابع(٤). الكفاءة الطيفية لتقنيات التعديل الرقمي ١٠١
(٤-١) المقدمة ١٠١
(٤-٢) تقنيات التعديل الرقمي الأساسية ١٠٣

صفحة

(٤-٢-١) تقنيات تعديل السعة الرقمية AM ١٠٥
(٤-٢-٢) تقنيات تعديل التردد (FM) الرقمي ١٠٧
(٤-٢-٣) تقنية تعديل الطور (PM) الرقمية ١٠٨
(٤-٢-٤) أنظمة التعديل الرقمية ميمية الرتبة M-ARY ١٠٨
(٤-٢-٥) نظم التعديل الرقمي الهجين ١١٠
(٤-٢-٦) مقارنة أداء مختلف تقنيات التعديل الرقمي ١١٠
(٤-٣) ترميز الصوت (ترقيم الكلام) ١١٥
(٤-٣-١)الأنواع الرئيسة لمرمِّزات الصوت ١١٦
(٤-٣-٢) مقارنة عامة لمختلف مرمِّزات الصوت ١١٨
(٤-٣-٣) الترميز الصوتي للأنظمة الخلوية ١٢٠
(٤-٤) الكفاءة الطيفية لتقنيات التعديل الرقمي داخل الأنظمة الخلوية..... ١٢١
(٤-٤-١) الطريقة العملية أو الذاتية ١٢٢
(٤-٤-٢) الطريقة النظرية أو الموضوعية ١٢٢
(٤-٤-٣) مقارنة بين الطريقتين الذاتية والموضوعية ١٢٥
الفصل الخامس(٥). الكفاءة الطيفية لتقنيات الوصول المتعدد ١٢٩
(٥-١) مقدمة ١٢٩
(٥-٢) أساسيات تقنيات الوصول المتعدد ١٣١
(٥-٢-١) الوصول المتعدد بتقسيم التردد FDMA ١٣٢
(٥-٢-٢)الوصول المتعدد بتقسيم الزمن (TDMA) ١٣٤
(٥-٢-٣)الوصول المتعدد بتقسيم الرموز (CDMA) ١٣٥

صفحة

(٥-٣) الكفاءة النظرية لتقنيات الوصول المتعدد ١٣٩
(٥-٣-١) الإرسال المتعدد بالإشارات المتعامدة ١٣٩
(٥-٣-٢) الإرسال المتعدد بإشارات غير متعامدة ١٤١
(٥-٣-٣)تعدد الإرسال المتزامن وغير المتزامن ١٤٣
(٥-٣-٤)TDMA مقابل FDMA باستخدام نظرية العينات ١٤٤
(٥-٤) الكفاءة العملية لتقنيات الوصول المتعدد..... ١٤٥
(٥-٥) عامل كفاءة الوصول المتعدد ١٤٦
(٥-٥-١) عامل كفاءة الوصول المتعدد لـ FDMA ١٤٧
(٥-٥-٢) عامل كفاءة الوصول المتعدد لـ WB-TDMA ١٤٨
(٥-٥-٣) عامل كفاءة تعدد الوصول لـ NB-TDMA ١٥٠
(٥-٥-٤) عامل كفاءة الوصول المتعدد لـ CDMA ١٥١
(٥-٥-٥) قيم لـ η_T النموذجية ١٥٢
الفصل السادس(٦).الكفاءة الطيفية الإجمالية للأنظمة الخلوية – تقويم ١٥٧
(٦-١) مقدمة..... ١٥٧
(٦-٢) الكفاءة الطيفية الإجمالية للأنظمة الخلوية..... ١٥٨
(٦-٢-١) حساب تباعد القناة لمختلف الأنظمة الخلوية ١٥٩
(٦-٣) تأثير توسيع عرض النطاق على الكفاءة الطيفية ١٦٠
(٦-٣-١) نموذج خلوي ستة تداخلات ١٦٢
(٦-٣-٢) الطيف المنشور..... ١٦٢
(٦-٣-٣) تعديل التردد ذي النطاق العريض ١٦٤

صفحة

(٦-٣-٤) نهاية شانون ١٦٥
(٦-٣-٥) تعديلات النطاق الجانبي المزدوج، السعة، النطاق الجانبي الوحيد ١٦٦
(٦-٣-٦) مقارنة بين طرق توسيع عرض النطاق ١٦٧
(٦-٤) تبادل القدرة وعرض النطاق في الأنظمة الرقمية والكفاءة الطيفية..... ١٦٩
(٦-٤-١) تقنيات AM الرقمية ١٦٩
(٦-٤-٢) تقنيات FM الرقمية ١٧٠
(٦-٤-٣) تقنيات PM الرقمية ١٧٠
(٦-٤-٤) تقنيات AM/PM الرقمية الهجينة ١٧٠
(٦-٥) طريقة بديلة لقياس الكفاءة الطيفية : ايرلنج/km^2/MHz ١٧٠
(٦-٦) تقويم بعض الأنظمة الخلوية الحالية والمقترحة ١٧٤
(٦-٦-١) كفاءة التعديل للتقنيات التمثيلية والرقمية ١٧٤
(٦-٦-٢) الكفاءة الطيفية للأنظمة الخلوية ١٧٦
الفصل السابع (٧).طرق ايجاد قيمة لنسبة الحماية ١٩٣
(٧-١) مقدمة ١٩٣
(٧-٢) التعريف والتمثيل الرياضي لنسبة الحماية ١٩٤
(٧-٣) طرق التقويم ١٩٥
(٧-٣-١) الاشتقاق الرياضي ١٩٥
(٧-٣-٢) قياسات موضوعية ١٩٧
(٧-٣-٣) اختبارات ذاتية ٢٠٠
(٧-٣-٤) تجارب ميدانية ٢٠٣

صفحة

(٧-٤) مقارنة بين طرق التقويم و التوصيات ٢٠٤

(٧-٤-١) توصيات واقتراحات للتقدير الذاتي لنسبة الحماية ٢٠٥

الفصل الثامن (٨). ملاحظات ختامية ٢٠٩

الفصل التاسع(٩). توصيات ومقترحات للأبحاث المستقبلية ٢١٩

الملاحق ٢٢٣

الملحق أ : نموذج بديل لتداخل القناة المشتركة..... ٢٢٣

الملحق ب: نموذج إيرلنج B مع تصفية انسداد المكالمة ٢٢٥

الملحق ج : المختصرات..... ٢٥١

الملحق د : قائمة الرموز ٢٥٥

ثبت المصطلحات..... ٢٥٩

عربي - إنجليزي ٢٥٩

إنجليزي - عربي ٢٦٥

كشاف الموضوعات ٢٧١