بسم الله الرحمن الرحيم

الأنظمة الحديثة للاتصالات

الرقمية والتماثلية

المجلد الأول

تأليف

ب. ب. لاثـــــي

ترجمة

الدكتور إبراهيم بن عبدالرحمن القاضي
أستاذ

الدكتور عبدالعزيز بن سالم الرويس
أستاذ مشارك

الدكتور عادل أحمد علي
أستاذ

قسم الهندسة الكهربائية ـ كلية الهندسة - جامعة الملك سعود
الرياض - المملكة العربية السعودية

إدارة النشـــر العلمي والمطابـــع - جامعـــة الملك سعـــود
ص.ب ٢٤٥٤ الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

هذه ترجمة عربية لكتاب:

B. P. Lathi "Modern Digital Analog Communication Systems", 2nd (ed.), Rinehart and Winston Inc., Orlando 32887, 1989

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٠هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

لاثي. ب. ب.

الأنظمة الحديثة للاتصالات الرقمية والتماثلية / ترجمة إبراهيم عبدالرحمن القاضي، عادل أحمد علي، عبدالعزيز سالم الرويس.-الرياض.

٥٣٧ ص، ١٧×٢٤ سم

ردمك: ×-٠٣٣-٣٧-٩٩٦٠ (مجموعة)

٨-٠٣٤-٣٧-٩٩٦٠ (ج١)

١-الاتصالات السلكية واللاسلكية ٢-هندسة الاتصالات أ_ القاضي، إبراهيم عبدالرحمن (مترجم) ب- علي، عادل أحمد (مترجم) ج-الرويس، عبدالعزيز سالم (مترجم) د-العنوان

ديوي ٣٨٤١٥، ٦٢١ ٢٠/٢٧١٣

رقم الإيداع: ٢٠/٢٧١٣

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكمين في اجتماعه الثاني عشر للعام الدراسي ١٤١١/١٤١٢هـ المعقود بتاريخ ١٤١١/٦/٢٠هـ الموافق ١٩٩١/١/٦م.

مقدمة

المؤلف

بالإمكان تقسيم دراسة أنظمة الاتصالات إلى قسمين رئيسين هما :

١ - كيفية عمل أنظمة الاتصالات.

٢ - كيفية أداء هذه الأنظمة في وجود الضوضاء.

وتتطلب دراسة هذين القسمين الإلمام بوسائل محددة ، فلدراسة القسم الأول ينبغي أن يلم الدارس بوسائل تحليل الإشارات (تحليل فوريير) كما تتطلب دراسة القسم الثاني تفهم أساسيات نظرية الاحتمالات.

وحتى يمكننا المقارنة بين نظم الاتصالات المختلفة يجب الإلمام بالقسم الثاني ، ولهذا يميل أكثر المدرسين إلى الاعتقاد بأن دراسة نظم الاتصالات لا تكتمل إلا بدراسة القسمين معا دراسة وافية ، وكما يقول أحد زملائي : **"لا يمكنني أن أتصور تدريس نظم الاتصالات بدون تدريس كيفية أدائها في وجود الضوضاء"**. ويميل أكثرنا إلى الأخذ بهذا الرأي ، إلا أنه يشكل عائقا كبيرا بسبب ضخامة المادة العلمية التي يجب تدريسها ، وفي الواقع يعد كل من هذين القسمين علما كبيرا في حد ذاته مما يصعب معه تقديمهما معا في مقرر دراسي واحد.

وتعتمد الطرق الحالية لتدريس علم الاتصالات على دراسة الأدوات اللازمة الواردة في الفصول الأولى من الكتاب، يلي ذلك دراسة قسمي علم الاتصالات في الفصول اللاحقة. ولأن دراسة هذه الأدوات يتطلب وقتا كبيرا في البداية فإن الوقت المتبقي لدراسة فرعي الاتصالات لا يكاد يكفي، وعليه فإن تدريس مقرر في نظم الاتصالات يعد معضلة حقيقية، وتعد دراسة القسم الثاني من نظرية الاتصالات، وهو المتعلق بالنواحي الإحصائية، أكثر صعوبة من دراسة القسم الأول ويتطلب فهمه استيعابا جيدا للجزء الأول. ومما يزيد هذه الصعوبة محاولة تدريس الجزءين معا، حيث يضطر الدارس إلى تفهم النواحي الإحصائية في الوقت نفسه الذي يحاول فيه إدراك طريقة عمل نظم الاتصالات. وتعد هذه طريقة خاطئة من وجهة نظر علم التربية حيث إنها تخالف الحقيقة القائلة بأن الشخص يجب أن يتعلم السير أولا قبل أن يتمكن من الركض. والحل الأمثل هو تقديم مقررين دراسيين بالتتابع، أولهما متعلق بطريقة عمل أنظمة الاتصالات، والثاني يتعلق بالنواحي الإحصائية والضوضاء، ولكن في مناهج الدراسة الحالية والتي تتزاحم فيها المقررات الدراسية سيكون من العسير إدراج مقررين دراسيين لأساسيات علم الاتصالات.

وللخروج من هذا المأزق، فإنه يمكننا القول بأن دراسة أداء نظم الاتصالات المختلفة ومقارنتها في وجود الضوضاء لا يتطلب الدخول في النواحي المتعلقة بالاحتمالات (على الأقل في المقرر الأول). وفي حالة نظم الاتصال التماثلية فإن بالإمكان معالجة الضوضاء باعتبارها تداخلا. وباستعمال أنموذج رالي الذي يعبر عن الضوضاء كمجموعة موجات جيبية يمكننا إيجاد الضوضاء الناجمة عن تلك الموجات الجيبية. كما يستخدم هذا الأنموذج المجال الترددي لوصف الضوضاء (كثافة طيف الطاقة) مما يسمح باشتقاق طاقات الضوضاء ونسب الإشارة إلى الضوضاء ويتيح مناقشة المميزات النسبية للنظم المختلفة بدون الحاجة إلى الوصف الإحصائي

للضوضاء. كما تمتاز هذه الطريقة بأن طاقة الإشارة هي المتوسط الزمني وليست متوسط الأجزاء. ويمتاز المتوسط الزمني بسهولة استيعابه وخصوصا للطالب في المقرر الأول والذي يصعب عليه تفهم متوسط الأجزاء. وفي أنظمة الاتصالات الرقمية التي تستخدم الكاشف العتبي فإن احتمالية الخطأ تتعين تبعا للفرق فقط بين قوة النبضات المطلوب تمييزها. ولذا فإنه يمكن بسهولة تعيين مستوى الأداء النسبي للنظم المختلفة (كإشارات الفتح والقفل والإشارات أحادية القطب والإشارات ثنائية القطب وخلافه). وعلى سبيل المثال فمن الممكن، وبدون الاعتماد على أية مفاهيم إحصائية، إيضاح أن إشارات الفتح والقفل والإشارات ثنائية القطب تستلزم ضعف الطاقة التي تحتاجها الإشارات أحادية القطب ليتسنى لها القدر نفسه من الحصانة ضد الضوضاء (أو بتعبير آخر نفس احتمال الخطأ). وحتى في حالة إيجاد احتمال الخطأ والتي تتلخص في تعيين احتمال أن يزيد مقدار الضوضاء عن قيمة معينة، فلا يتطلب الأمر أكثر من مناقشة بسيطة لدالة كثافة الاحتمال. ولذا فإن الدراسة المقارنة لسلوك نظم الاتصال المختلفة (تماثلية ورقمية) في وجود الضوضاء يمكن أن تتم مع تفادي المفاهيم الإحصائية ومتوسط الأجزاء. ولقد وجدت أن هذه هي الطريقة الأنسب للتعامل مع المعضلة التي أشرت إليها آنفا. وتتبع الفصول الأربعة الأولى من الكتاب هذه الفلسفة تماما، وتعالج بعمق طريقة عمل أنظمة الاتصالات التماثلية والرقمية وكيفية سلوكها في وجود الضوضاء وذلك بالطريقة التي تقدم ذكرها. لذا فهي تصلح لمقرر دراسي إجمالي شامل ومتكامل في أنظمة الاتصالات يناسب الطالب المتوسط في المرحلة الجامعية في ثلاث أو أربع ساعات فصلية. وبمجرد أن يتقن الطلبة تلك الفصول الأربعة، يصبح بإمكانهم التقدم إلى دراسة متعمقة تعالج المفاهيم الإحصائية لنظرية الاتصالات. وتقدم الفصول من الخامس إلى التاسع تلك الدراسة والتي تناسب الطلبة في أواخر المرحلة الجامعية أو طلبة الدراسات العليا.

ويقدم الفصل الأول للطالب صورة شاملة لأنظمة الاتصالات شارحا المفاهيم الأساسية لنظرية الاتصالات شرحا عاما، مما يجذب اهتمام الطلبة إلى الحد الذي يجعلهم يقبلون على دراسة الموضوع بشغف، ومن ثم يتشوقون لدراسة وسائل تحليل الإشارات في الفصل الثاني. ويناقش هذا الفصل أيضا تشوش الإشارات الناجم عن العيوب المختلفة في قناة الاتصال. ويهتم الفصل الثالث بدراسة نظم الاتصال الرقمي بما في ذلك الإرسال الرقمي للإشارات التماثلية (تضمين النبضات الشفري PCM وتضمين دلتا DM). ويناقش الفصل الرابع طرق التضمين الخطية والأسية للموجات الحاملة بواسطة الإشارات الرقمية والتماثلية. والفصل الخامس هو معالجة متعمقة بقدر ملائم لنظرية الاحتمالات والعمليات العشوائية. وهي الوسيلة الثانية المطلوبة لدراسة نظم الاتصالات. ولا يدخر هذا الفصل وسعا في محاولة جذب انتباه الطالب واهتمامه بإعطائه مسائل عملية تطبيقية ما أمكن ذلك. ويتعرض الفصل السادس لسلوك نظم الاتصالات في وجود الضوضاء، وفي هذه المرة تستخدم متوسطات الأجزاء. وفي الفصل السابع مناقشة لطرق الكشف المثلى أما الفصل الثامن فيقدم نظرية المعلومات وأخيرا يناقش الفصل التاسع شفرات تصحيح الأخطاء.

أما طرق التضمين النبضي مثل تضمين اتساع النبضة (PAM) وتضمين مكان النبضة (PPM) وتضمين عرض النبضة (PWM) فيقدمها الكتاب بتركيز بسيط نسبيا بالمقارنة مع طرق التضمين الرقمية مثل تضمين النبضات الشفري (PCM) حيث إن تلك الطرق قليلة الاستخدام في أنظمة الاتصال. أما الطرق الرقمية فتلاقي استخداما واسعا الآن ويتوقع أن يتزايد رواجها أكثر في المستقبل. وكذلك فلم يتم التركيز على طرق تضمين الذبذبة بنغمة واحدة في هذا الكتاب وذلك لسبب وجيه. ذلك أن طرق تضمين الزاوية هي طرق غير خطية لذا فليس من السهل استنتاج خواص التضمين بالنطاقات الأساسية الأخرى من التعديل بالنغمة الواحدة، وفي كثير من الأحيان تكون

تلك الاستنتاجات مضللة. وعلى سبيل المثال فقد دأبت الكتب على الإشارة إلى أن تضمين الطور PM أقل أداء من تضمين التردد FM معتمدة على نتائج التضمين بالنغمة الواحدة. وفي الواقع فإن الفصلين الرابع والسادس يوضحان عكس ذلك، أي أن تضمين الطور يتفوق على تضمين التردد لجميع الأغراض العملية بما فيها الإشارات الهاتفية ولذلك فإن الكتاب يركز الاهتمام على تضمين الطور والمقارنة بين تضمين الطور وتضمين التردد.

وفي كتابي الأولين (Signals, systems and Communication, wiley 1965) و (Communication systems, Wiley, 1968)، فقد كرست جهدا ومساحة كبيرين للتشابه بين الإشارات والمتجهات. أما الآن وبسبب ضيق الوقت الناجم عن إضافة عدة موضوعات حديثة في الاتصالات فإن المناظرة بين الإشارات والمتجهات تعد ترفا يمكن الاستغناء عنه، بالإضافة إلى أنه يطيل دراسة طرق تحليل الإشارات بطريقة قد تشتت الانتباه في مقرر شامل. لذا فقد حذف هذا الموضوع من الكتاب وأرجئت مناقشة فضاء الإشارات إلى الفصل السابع.

ويحتوي كل من الفصل الثاني والرابع والخامس والسادس على جزأين، يمكن أن يكون كل جزء منها فصلا مستقلا. إلا أنني تحاشيت وضعها في فصول منفصلة لسبب وجيه. ذلك أن الطالب المبتدىء قد يرتبك بين هذه الموضوعات الكثيرة ويفشل في الربط وإيجاد العلاقة بينها. ومن ناحية أخرى فمن اليسير رؤية الموضوع ككل عند تقسيمه إلى أقسام صغيرة محددة. والأمر يشبه زيارة إلى قصر كبير يقوم بها زائر لأول مرة، فعند رؤيته العديد من الغرف يتشوش ذهنه ويفقد المقدرة على رؤية القصر كوحدة واحدة أو ككل. ولكن الأمر يختلف بصحبة دليل ماهر يمكنه تقسيم القصر إلى أجزاء قليلة محدودة كمنطقة للجلوس ومنطقة للنوم وخلافه، فهنا يمكن للزائر إدراك الغرض من كل غرفة وعلاقتها بالمكان كله.

إن أحد الأهداف التي من أجلها تم تأليف هذا الكتاب هو جعل تعلم نظرية الاتصال ممتعة للطالب بأقل مجهود وذلك عن طريق تقديم موضوعات الكتاب بطريقة واضحة ومرتبة ترتيبا منطقيا. ولقد بذلنا كل جهد لإعطاء تبصر وليس مجرد فهم للموضوع فقط بالإضافة إلى تقديم النتائج النظرية بطريقة تنقيبية ما أمكن ذلك. كما سقنا العديد من الأمثلة لتوضيح النتائج المجردة وإنني أعتبر أن جهدي لن يضيع سدى إذا نجح هذا الكتاب ولو نجاحا محدودا في تحقيق هذه الأهداف.

وإنه لمن دواعي سروري أن أعبر عن امتناني للمساعدة التي لاقيتها من العديد من الأشخاص خلال إعداد هذا الكتاب. ولقد عاونني العديد من الطلاب في إعداد الرسومات وفي تصحيح الطباعة ومن هؤلاء أذكر خصوصا ديف كاربنتر، ديف لويس، أ. سوهروفيروزاني، رون تايلور وتاو زن، كما أود أن أشكر الأساتذة رونالد س. هوتس وس. ل. كواترا ومراجعين آخرين للعديد من الملاحظات والتعليقات المفيدة والأستاذ يوزو يانو للمعاونة في إعداد الإيضاحات. وكذلك فإنني ممتن للعون الذي قدمه الأستاذان ل. هـ. جبريل و س. ج. نلسون في إعداد المخطوطة، كما أنني مدين بالشكر للسكرتيرات اللاتي قمن بطباعة المسودات عدة مرات في مراحلها المختلفة، وخصوصا كارما كول، بينولي بارنز، مورين ريد و وفيلما بافاناتي والتي تعدى مجهودها حدود الواجب.

وأخيرا فإنني مدين بالعرفان لأسرتي: لزوجتي راجاني، ولأولادي أنجالي وباندیت لصبرهم وتفهمهم، حيث لا تكفي كلمة "شكرا" لتعويضهم عن المعاناة التي سببها لهم هذا الكتاب.

ب. ب. لاثـــــــــي

مقدمة

المترجمين

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله وعلى آله وصحبه ومن والاه.

مع التقدم العلمي والتقني الذي يشهده العالم في هذا القرن، والذي فاق ما شهدته البشرية على مدى تاريخها الطويل، تزداد حاجة الإنسان إلى اكتساب المعرفة وتسهيل سبل الحصول عليها. ومع التزايد السريع في تراكم المعرفة البشرية، كان لابد أن يواكب ذلك تزايد مماثل في قدرة الدول والشركات على زيادة كفاءة أنظمة الاتصال وطرق تخزين وتبادل المعلومات مهما بعدت أو اختلفت لغاتها وتباينت أنظمتها.

ولقد كان لانتشار الكتب والمراجع العلمية بأعداد كبيرة وكلفة معقولة دور كبير في تسهيل سبل اكتساب المعرفة ومن ثم تطويرها. ولكن نظرا لأن المصدر الرئيس لمثل هذه الكتب والمراجع العلمية هو تلك المجتمعات التي تقود ركب التقدم الحالي وتساهم بالجزء الأكبر من التطور العلمي والتقني فيه فإن معظم هذه الكتب والمراجع قد كتبت بغير اللغة العربية، الأمر الذي يجعل من الصعب على أبناء الأمة العربية اكتساب هذه العلوم والمعارف. ومن هنا تأتي أهمية تعريب العلوم، وأهم وسائلها هي الترجمة من لغات مصادرها إلى اللغة العربية. ولا يعيب أمة من الأمم أن تنقل المعرفة عن غيرها، لأن العلم والمعرفة تراث إنساني تمتلكه البشرية كلها، و "الحكمة ضالة المؤمن، أنى وجدها فهو أحق لها". لقد تم تناقل المعرفة الإنسانية عبر العصور من أمة إلى أخرى.

فأوروبا مثلا نقلت جزءا كبيرا من الحضارة الإسلامية عن طريق الترجمة من اللغة العربية إلى لغاتها المختلفة. ولم يحدث في أي زمن أن احتكرت أمة واحدة قيادة ركب الحضارة كل الوقت، بل لقد انتقلت مراكز التقدم العلمي من مكان إلى آخر باستمرار. وكانت الترجمة ومازالت إحدى الوسائل المهمة في تدعيم الحركة المستمرة للعلم والمعرفة بين الأمم. ويصدق هذا الوصف بشكل خاص على العصر الحديث الذي نرى فيه صراعا مستمرا وحثيثا بين أمم مختلفة لتصدر قافلة التقدم، ونرى وعيا متزايدا بين الأمم الأخرى إلى ضرورة التسلح بالعلم والمعرفة والسعي المتواصل للحاق بقطار العلم السريع الذي لا يتوقف.

ويسرنا أن نقدم هذا الكتاب، كإسهام بسيط في نقل المعرفة في فرع مهم من فروع المعرفة إلى القارىء العربي. فالاتصالات الحديثة هي عصب التقدم الصناعي والاقتصادي والعلمي للأمم في هذا العصر. وكما أشرنا سابقا فإن هناك تزايدا مضطردا في حاجة الإنسان والأمم إلى الاتصال والتواصل عبر الأزمان والمسافات واللغات. ويمثل هذا الكتاب محاولة في التواصل العلمي عبر عوائق اللغات (الترجمة) في موضوع الاتصالات الكهربائية الحديثة التي تعزز قدرة الأمم على نقل المعلومات وتداولها عبر عوائق الأزمان والمسافات.

تعرف الاتصالات بصورة عامة بأنها سبل نقل المعلومات. وقد اعتمد الإنسان منذ فجر الحضارة على وسائل وسبل مختلفة لنقل المعلومات والرسائل عبر المسافات والأزمنة، فكانت إشارات الدخان، والحمام الزاجل، والرسل البشرية، ثم البريد. أما في القرن العشرين فإننا نجد أن كل وسائل الاتصالات القديمة قد اختفت (فيما عدا البريد)، وحلت محلها الاتصالات الكهربائية لما تمتلكه من مميزات هائلة تتمثل باختصار في قدرتها العظيمة على نقل كميات كبيرة من المعلومات بكفاءة عالية وسرعة كبيرة (سرعة الضوء) وبدأنا الآن بفضل الاتصالات الحديثة وبالذات التطور الهائل في

الاتصالات الرقمية والإلكترونيات، نشهد إرهاصات ثورة المعلومات التي سيكون أثرها أعظم من الثورة الصناعية والثورة الزراعية.

إن الكتاب الذي بين يديك هو ترجمة علمية لكتاب "الأنظمة الحديثة للاتصالات الرقمية و التماثلية" لمؤلفه ب. لاثي. وقد تم اختيار هذا الكتاب لعدة أسباب منها كونه كتابا حديثا يغطي جوانب كبيرة من مبادىء الاتصالات بأسلوب جيد متسلسل. كما أنه قد تم تدريس أجزاء من الكتاب لطلبة الهندسة الكهربائية بجامعة الملك سعود في المرحلة الجامعية والدراسات العليا خلال عدة سنوات وذلك من قبل المترجمين. ومن هذه الخبرة التدريسية وجد الكتاب مناسبا لطلاب الجامعة ويطرح الموضوعات المختلفة بطريقة شمولية عامة، وفي الوقت نفسه بتسلسل مرتب للموضوعات الأمر الذي يجعل من السهل على المدرس والطالب تتبع أجزاء الموضوع دون المساس بالدقة العلمية للموضوعات المتشعبة في الاتصالات الكهربائية. ورغم أن الكتاب يعطي مناقشة مفصلة في موضوعات الاتصالات التماثلية "التقليدية" السائدة في الأنظمة العملية اليوم، إلا أنه يخصص جزءا كبيرا للحديث عن نظريات وتقنيات الاتصالات الرقمية التي ستكون وسيلة الاتصالات السائدة في القرن الحادي والعشرين. كما يخصص المؤلف فصلين كاملين لموضوعات متقدمة في نظرية المعلومات وشفرات تصحيح الأخطاء.

ولا شك أن هناك صعوبات كبيرة تواجه من يقوم على مهمة الترجمة خصوصا في الموضوعات العلمية الحديثة والدائمة التطور. فمنها على سبيل المثال اختيار الموضوع المعين، ومستوى الكتاب، وتحديد الكتاب ذاته. ولكن يبدو أن مهمتنا هنا لم تكن صعبة جدا. فهذا الكتاب هو كما سبق أن ذكرنا كتاب منهجي متخصص في موضوع مهم وحيوي جدير بأن ينقل إلى لغة الضاد لتعريف القراء به، ومساعدة الطلاب والمهندسين والمهتمين على الإلمام بأساسيات الاتصالات الكهربائية الحديثة. ويزيد من أهمية هذا الأمر ندرة الكتب المشابهة له والمترجمة إلى اللغة العربية أو المؤلفة بها ابتداء.

ومن هذه الصعوبات كذلك، قضية المصطلحات والرموز العلمية وما يقابلها في اللغة العربية. ونظرا للندرة الشديدة في الكتب المترجمة (أو المؤلفة) في موضوع الاتصالات الكهربائية، ولكون الاتصالات من الموضوعات السريعة التطور، فليس هناك ترجمات محددة لكثير من المصطلحات خصوصا وأن هناك الكثير منها الذي يظهر كل يوم* فقد اجتهدنا في البحث عن ترجمات مناسبة للمصطلحات التي قابلتنا في القواميس والمعاجم العلمية والكتب في المجال نفسه أو المجالات القريبة، وعدد من المصادر المختلفة الأخرى (انظر قائمة المراجع في نهاية الكتاب). كما استعنا ببعض الزملاء المختصين في هذا المجال، وقد حاولنا دائما في ترجمة المصطلحات اختيار أقرب الكلمات العربية (أو المعربة) التي تعبر عن المعنى المقصود وتقربه إلى القارىء. ولتسهيل الرجوع إلى كتب عربية أو أخرى أجنبية دون التعرض إلى أي لبس أو غموض في تحديد المصطلحات، فقد قمنا بوضع جميع العناوين بما في ذلك عناوين الأبواب والفصول والفصول الفرعية باللغتين العربية والإنجليزية. كما قمنا بوضع قائمتين بالمصطلحات(إنجليزية-عربي) والعكس (عربي-إنجليزي)، وكذلك كشاف (فهرس) ألفبائي باللغة العربية، وآخر باللغة الإنجليزية. أما بالنسبة للرموز والمعادلات فقد قررنا إبقاءها كما هي في الكتاب الأصلي، لعدة اعتبارات منها أن لغة الرموز والمعادلات الرياضية والأرقام تعد لغة واحدة مشتركة يسهل على من يقرأ هذا الكتاب وغيره من الكتب العلمية تتبعها، وكذلك لتسهيل الرجوع إلى كتب أخرى في المجال نفسه، ولأن وضع المعادلات والأرقام والرموز بطريقة واحدة هو تقليد شائع في كتب علمية كثيرة في مختلف المجالات. كما أن الهدف من ترجمة الكتاب هو تسهيل فهم الشرح فيه

* بعد فراغنا من ترجمة الكتاب، صدرت ترجمة شاملة لعدد كبير (حوالي ٣٠٠٠) من مصطلحات الاتصالات التي يستخدمها الاتحاد الدولي للاتصالات. وقد تم ذلك عن طريق مشروع كان من المشرفين عليه من الاتحاد الدولي للاتصالات والاتحاد العربي للمواصلات السلكية واللاسلكية ومكتب تنسيق التعريب والمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم وجامعة الدول العربية.

للطلاب والقراء، وكل من حاول أن يقرأ بلغة أجنبية يعرف أن المشكلة تكمن في فهم الشرح والتفسير في متن الكتاب، وليس في متابعة الرموز والمعادلات. ومن ناحية أخرى فإن من الصعوبة بمكان ترجمة المعادلات والرموز، إذ ينبغي البحث عن رموز كثيرة للدلالة عن أشياء متعددة دون أن يكون هناك تداخل أو غموض بينها، والقضية الأهم هي مدى إمكانية تعود القارىء العربي على هذه الرموز العربية الجديدة (لو وضعت) واستخدامها بالمعنى نفسه والدلالة من قبل كتب أخرى.

وتنطبق الاعتبارات نفسها على اختيار الأرقام كما وردت في الكتاب الأصلي (1، 2، 3..... إلخ). بالإضافة إلى أن هناك رأيا شائعا بأن أصل هذه الأرقام عربي ولهذا تسمى مثلا في اللغة الإنجليزية بالأرقام العربية، كما أن هذه الأرقام هي الشائعة في المغرب العربي أما الأرقام المألوفة في المشرق العربي، فهناك من يقول إنها أرقام هندية. ولهذا فقد رأينا إبقاء الأرقام بصورتها التي وردت في الكتاب الأصلي (1، 2، 3.... إلخ) حيث إنها هي التي استعملت في المعادلات، كما أن المعادلات قد تركت برموزها الأصلية بدون تغيير.

وقد حرصنا كمترجمين غاية الحرص على نقل الكتاب كما هو في لغته الأصلية لا من حيث الهيكل والترتيب ولا من حيث النص والمعنى، واعتمدنا وحدة الجملة في الترجمة، مع إبقاء ترتيب الجمل داخل الفقرات، وترتيب الفقرات داخل الفصول، والفصول ضمن الكتاب بكامله. وإيفاء لحق الأمانة العلمية، فلم نضف أي شيء من ملاحظاتنا أو مما اعتقدنا أنه يزيد المعنى المقصود وضوحا إلى متن الكتاب. وفي حالات نادرة لا تتعدى مرات معدودة، فقد ذكرنا ملاحظاتنا الخاصة في الهامش، وذكرنا أنها "ملاحظة المترجم" لكي يكون الأمر واضحا جليا.

هذا وإن كنا قد بذلنا في ترجمة هذا الكتاب الجهد والساعات الطوال، إلا أن جهدنا يهون ويرخص إذا تحقق أملنا في أن يكون في هذا الكتاب نفع لطلاب الهندسة الكهربائية والإلكترونية وطلاب المجالات المرتبطة بها في الحاسبات والعلوم الرياضية

والفيزيائية وبقية التخصصات الهندسية، وكذلك للمهندسين الممارسين خصوصا في مجال الاتصالات والحاسب الآلي. ولابد أن تشوب محاولة أولى في الترجمة في مثل هذا المجال الجديد والمتقدم أخطاء وعيوب. فلربما يجد القارىء أخطاء لغوية أو أخطاء في الترتيب والتنظيم نكون قد سهونا عنها. ونحن لهذا نرحب بكل نقد يختص بترجمتنا لهذا الكتاب من أي ناحية كانت سواء في ترجمة النص أو المصطلحات أو أسلوب الترجمة. وسنحاول جاهدين الاستفادة من مثل هذا النقد لتلافي الأخطاء والتجاوزات في طبعات قادمة لهذا الكتاب، أو في محاولاتنا الأخرى لترجمة أو تأليف كتب أخرى.

وفي النهاية فإن كان هذا هو جهدنا وإن كنا المسؤولين الوحيدين عن مجال القصور فيه، فإن هناك من يستحق الشكر والعرفان لمساعدته إيانا في هذا المجال. ولابد من قبيل الاعتراف بالفضل لأهله أن نشيد ببعض من كان له يد في مساعدتنا على إكمال هذا العمل. ونحب أن نبدأ بشكر مركز البحوث في كلية الهندسة بجامعة الملك سعود على دعمه وتشجيعه لمشروعنا في ترجمة الكتاب. كما نحب أن نشكر زملاءنا المتخصصين في مجال الاتصالات بقسم الهندسة الكهربائية. والشكر كذلك للمجلس العلمي بجامعة الملك سعود لتحكيمه لترجمة الكتاب وإقرار نشره عن طريق الجامعة واعتماده مرجعا علميا، ولمركز الترجمة بالجامعة على مراجعة الكتاب. كما نود التعبير عن شكرنا وتقديرنا لمطابع الجامعة وإدارة النشر العلمي وعلى رأسها الأستاذ الدكتور إبراهيم بن سعد المهيزع مدير عام المطابع والنشر بالجامعة، ونخص فيها بالشكر الأستاذ محمد الأمين بن إبراهيم على حماسه وجهوده المخلصة وحرصه على إتقان العمل وإجادته ومتابعة تجارب الطباعة المختلفة للكتاب. ولاشك أن معظم عبء هذا العمل قد وقع على كاهل أسرنا الذين ضحوا بأوقاتنا الخاصة معهم، وقبلوا أن نقضي ساعات طويلة بعيدا عنهم بغية إكمال هذا الكتاب، فلهم منا الشكر والتقدير والدعاء.

والله ولي التوفيق، ، ،

المترجمـــــــون

ملحـوظـة

للمعلمـين

يمكن استخدام هذا الكتاب لعدد من مقررات نظرية وأنظمة الاتصالات على مستوى البكالوريوس والدراسات العليا، إذ يمكن استعماله على مدار فصلين دراسيين أو ثلاثة أرباع فصلية لتدريس مقررات في تخصص الاتصالات بعد اختيار حكيم للموضوعات.

ويحتوي الكتاب على مادة كافية تسمح بمرونة معقولة في تكييف الكتاب لعدد من المقررات ويقترح فيما يلي بعض هذه الخيارات.

أولا: مقررات على مستوى البكالوريوس لا تتطلب خلفية في نظرية الاحتمالات

١) المدخل إلى أنظمة الاتصالات

ويغطى هذا المقرر بالفصول، الأول والثاني والثالث والرابع. على اعتبار ٣ إلى ٤ ساعات حسب نظام الفصلين الدراسيين أو ٤ إلى ٦ ساعات حسب نظام الأربعة فصول دراسية في السنة، ويمكن الاستغناء عن فقرات الكتاب المتعلقة بالضوضاء (وهي ٢.١، ٤.٧، و ٤.١٦، إذا استحسن ذلك دون ضرر على استمرارية عرض المادة).

٢) نظرية التضمين وحسابات الضوضاء

ويغطى هذا المقرر بالفصول الأول والثاني و الرابع (على اعتبار ٣ ساعات في فصلين دراسيين ١ و٤ فصول دراسية في السنة).

٣) الاتصالات الرقمية

ويغطى هذا المقرر بالفصول الأول والثاني و الثالث، مع إمكانية إضافة الفصل التاسع (على اعتبار ٣ ساعات حسب نظام الفصلين دراسيين أو ٣ إلى ٤ ساعات حسب نظام الأربعة فصول دراسية).

ثانيا. مقررات متقدمة على مستوى البكالوريوس أو مقررات دراسات عليا

١) النظرية الإحصائية للاتصالات

ويخدم هذا المقرر الفصلان الخامس والسادس أو الفصول الخامس والسادس والسابع.

٢) الاتصالات التماثلية في الضوضاء

ويخدم هذا المقرر الفصول الأول والثاني والرابع (مراجعة) والخامس والجزء الأول من الفصل السادس.

٣) الاتصالات الرقمية

ويخدم هذا المقرر الفصول الأول والثاني والثالث (مراجعة) والخامس، والجزء الثاني من الفصل السادس والفصل السابع.

٤) نظرية المعلومات والترميز

ويخدم هذا المقرر الفصلان الثامن والتاسع.

المحتويـات

المجلد الأول

صفحة

مقدمة المؤلف..... هـ

مقدمة المترجمين ..... كـ

ملحوظة للمعلمين ..... ف

الفصل الأول: مقدمـــــة

(١,١) نظم الاتصالات..... ٢

(١,٢) الرسائل التماثلية والرقمية ٦

(١,٣) نسبة الإشارة إلى الضوضاء، وعرض النطاق الترددي، ومعدل الاتصال ١٤

(١,٤) التضمين..... ١٩

(١,٥) العشوائية والتكرارية والتشفير..... ٢٢

الفصل الثاني: تحليل الإشارات ونقلها

أولا: تحليل الإشارات

(٢,١) تمثيل الإشارات الدورية باستعمال متسلسلة فورير ٢٦

(٢,٢) التمثيل الأسي للإشارات غير الدورية: تحويل فورير..... ٤١

(٢,٣) بعض خواص تحويل فورير ٥٩

(٢,٤) نظرية العينات..... ٨٧

ثانيا: نقل الإشارات

(٢,٥) النقل بدون تشويه عبر الأنظمة الخطية..... ١٠١
(٢,٦) تشويه الإشارة عبر القناة..... ١١٦
(٢,٧) عرض النطاق ومعدل نقل النبضات..... ١٢٤
(٢,٨) الكثافة الطيفية للطاقة..... ١٣٣
(٢,٩) الكثافة الطيفية للقدرة..... ١٤١
(٢,١٠) الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء..... ١٥٢
المـراجـع..... ١٥٦
مسـائـل..... ١٥٧

الفصل الثالث: أنظمة الاتصالات الرقمية

(٣,١) الإكثار أو التعدد الرقمي..... ١٨٢
(٣,٢) تشفير الخط..... ١٩٠
(٣,٣) تشكيل النبضات..... ٢١٢
(٣,٤) الخلط..... ٢٣٣
(٣,٥) المكرر معيد التوليد..... ٢٣٦
(٣,٦) احتمال خطأ الكشف..... ٢٤٧
(٣,٧) الاتصالات المتعددة المستوى (الميمية)..... ٢٥١
(٣,٨) أنظمة الحوامل الرقمية..... ٢٥٦
(٣,٩) الإرسال الرقمي للمعلومات التماثلية..... ٢٦٠
ملحق (٣,١). حساب قيم نقط التفرع في المعادلة..... ٢٩٤
المراجع..... ٢٩٦
مسائل..... ٢٩٧

الفصل الرابع: التضمين

أولا: تضمين الاتساع (التضمين الخطي)

(٤,١) اتصالات النطاق الأساسي واتصالات الموجات الحاملة..... ٣٠٩
(٤,٢) تضمين الاتساع: النطاق الجانبي المزدوج..... ٣١١

(٤,٣) تضمين الاتساع (ت ا) ٣٢٧
(٤,٤) تضمين الاتساع : النطاق الجانبي المفرد ٣٤٠
(٤,٥) آثار أخطاء التردد والطور في استخلاص التضمين المتزامن..... ٣٥٦
(٤,٦) تضمين الاتساع : النطاق الجانبي الجزئي..... ٣٦٩
(٤,٧) أنظمة الموجات الحاملة الرقمية..... ٣٧٨
(٤,٨) التداخل والضوضاء في أنظمة التضمين الاتساعي ٣٨٢
(٤,٩) جهاز استقبال تضمين الاتساع بالفعل المتغاير الفوقي
(سوبر هيتروداين) ٣٩٢
(٤,١٠) التلفزيون ٣٩٦
(٤,١١) الإكثار (التعدد) بتقسيم التردد ٤١٥
ثانيا: التضمين الزاوي (الإكثار (التعدد) الأسي)
(٤,١٢) مفهوم الزاوية العامة والتضمين الزاوي ٤٢٠
(٤,١٣) عرض نطاق التردد في التضمين الزاوي ٤٣١
(٤,١٤) توليد موجات التضمين الترددي..... ٤٥١
(٤,١٥) كشف التضمين الترددي..... ٤٥٩
(٤,١٦) التداخل والضوضاء في أنظمة التضمين الزاوي ٤٧٢
(٤,١٧) جهاز استقبال تضمين التردد ٤٩٣
(٤,١٨) وسائط النقل ٤٩٦
(٤,١٩) اتصالات الألياف البصرية ٥٠٣
ملحق (٤,١) تحليل حلقة تقييد الطور ٥٠٨
المراجع..... ٥١٥
مسائل ٥١٧