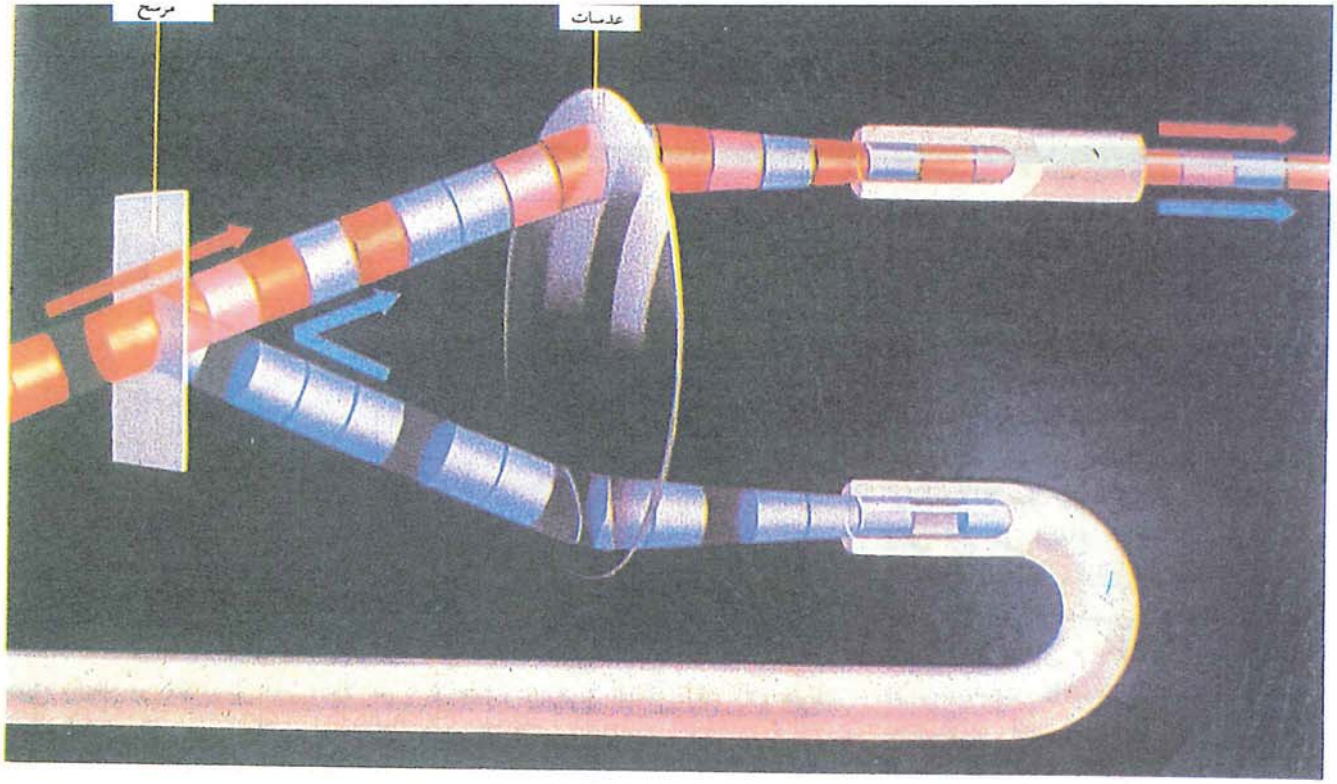


الاتصالات البصرية

د. محمد عبدالرحمن الحيدر
كلية الهندسة ـ جامعة الملك سعود

جرت محاولات كثيرة لاستخدام الاتصالات البصرية بمفهومها المعاصر ، وكان أول تلك المحاولات ماقام به **الكسندر جراهام بل** عام ١٨٨٠م من اكتشاف مايسمى بالهاتف المرئي . غير أن التفكير الحقيقي لاستخدام الضوء في مجال الاتصالات البصرية بدأ باكتشاف الليزر عام ١٩٦٠م ، وسنعرض في هذا المقال نوعين من الاتصالات البصرية . النوع الأول منهما يستخدم الجو أو الفضاء كواسط ناقل والنوع الآخر يستخدم ألياقاً بصرية صغيرة جداً ، ونظراً للمزايا الكبيرة التي يتمتع بها النوع الثاني من الاتصال فقد بدأت كثير من الدول باستبدال أنظمة اتصالاتها المستخدمة فيها بأنظمة اتصالات بصرية ، كما أنها فتحت مجالات وآفاقاً كثيرة لم تكن مألوفة إلا في أفلام الخيال العلمي .

نظرة تاريخية

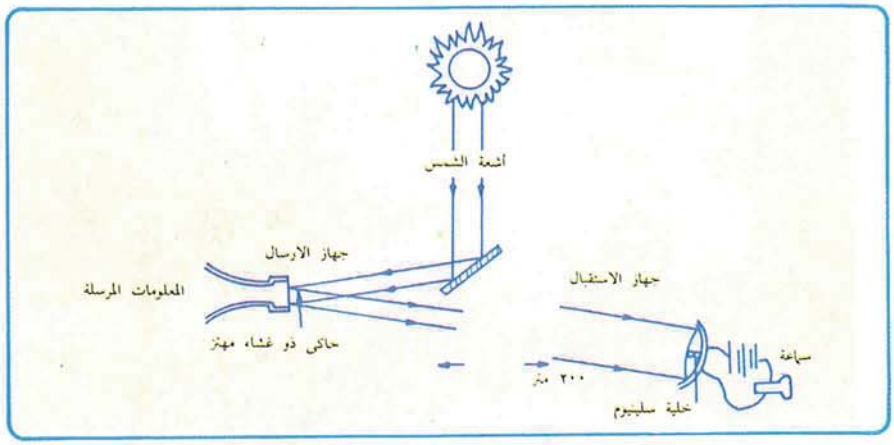
لقد وجد الضوء منذ أن خلق الله الأرض ومن عليها ، فعندما نتحرك أو نتخاطب بالإشارات ، فإننا نستخدم ضوء أشعة الشمس أثناء النهار والإنارة الإصطناعية أثناء الليل وإلا لما أمكن لأي منا أن يرى الآخر ، فعندما تؤشر لشخص ما بيدك فإن يدك تمثل جهاز الإرسال ، وعين المستقبل تمثل جهاز الإستقبال ، والواسط الفاصل بينكما يمثل قناة الإتصال ، وحركة اليد تعدل أو تضمن الضوء لتشير إلى المعلومات المراد نقلها . غير أن العيب في هذا النوع من الإتصال أن مسافته محدودة واحتمال الخطأ أو نقل المعلومات إلى جهات أخرى غير الجهة المستقبلة كبير جداً .

ومن الأمثلة على قدم استخدام الضوء للإتصال ما عرفته القبائل العربية في الصحراء ، عندما توقد النار لتدل على مكان وجودها ودعوة الضيوف للمجيء . كما أن الإشارات الضوئية في الشوارع والسيارات دليل على استخدام الإتصالات الضوئية ، ولا يخفى على القارىء الكريم الأمثلة الكثيرة الدالة على ذلك . غير أن مفهوم الإتصالات البصرية بمعناه المعاصر قد بدأ عام ١٨٨٠م عندما اكتشف الكسندر جراهام بل الهاتف المرئي ، الموضح بالشكل رقم (١) ، حيث تقوم مجموعة من العدسات والمرايا بإسقاط الضوء على مرآة مستوية ملصقة بحاك ذي غشاء مهتز ، وعند سقوط الصوت على الحاكي يهتز غشاؤه ، وبالتالي تهتز المرآة ، لذا فإن الشعاع الواصل للمستقبل يكون مهتزاً ، ويتكون جهاز الإستقبال من كاشف سلينيوم تتغير مقاومته مع كثافة الضوء الساقط عليه ، والذي يحتوي على الرسالة المرسلة ، وبالتالي فإن الإشارة الكهربائية في السماعة تكون هي نفسها الإشارة المرسلة .

غير أن الميلاد الحقيقي للإتصالات البصرية كان عام ١٩٦٠م ، عندما تم بنجاح تشغيل أول جهاز ليزر باستخدام مادة الياقوت ، وتلا ذلك إجراء تجارب كثيرة لاستغلال هذا المصدر الجديد ، وأهمها استخدام الألياف البصرية للإتصالات والتي سبق أن تم استعراض مزاياها في مقالة سابقة من هذه المجلة (العدد ٢) . وقبل التحدث عن أنواع الإتصالات البصرية لا بد من إلقاء الضوء على أسباب الإهتمام بهذا النوع من الإتصالات .

عصر المعلومات

يتصف عصرنا الحاضر بتدفق هائل من المعلومات والتي تحتاج إلى التجميع والتخزين



شكل (١) رسم توضيحي للهاتف المرئي

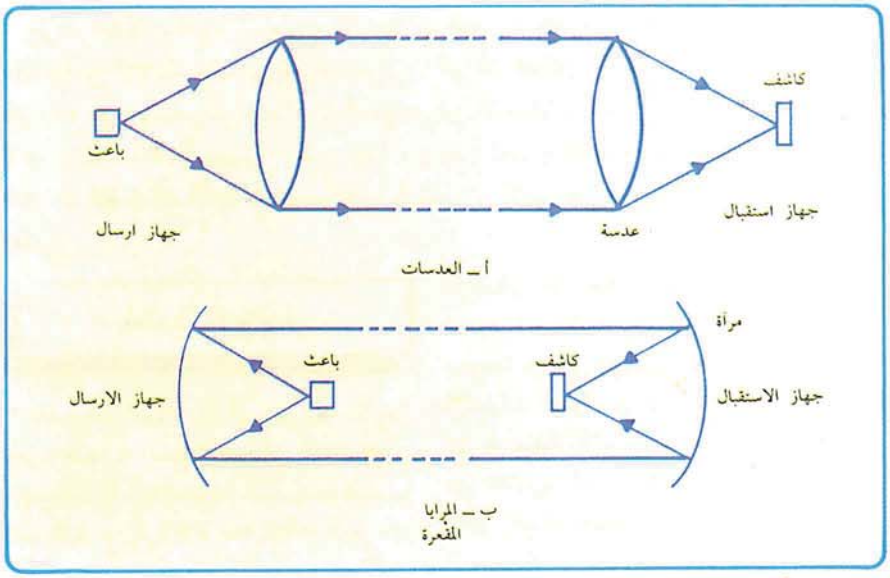
والتحليل والنقل من مكان إلى آخر ، ولا تتم هذه العمليات إلا من خلال استخدام الحاسبات والأجهزة الألكترونية ، وهنا يأتي دور الإتصالات في تبادل المعلومات ونقلها من مكان إلى آخر .

وكما نعلم فإن الذبذبات الإذاعية والتلفزيونية والإتصالات تشغل حيزاً كبيراً من مجال الطيف الكهرومغناطيسي المزدحم (أنظر مقال الطيف الترددي والإتصالات) ، مما يقتضي ضرورة البحث عن ذبذبات أعلا تمتاز بنطاق واسع ، ومن هنا يأتي دور الترددات البصرية للمساهمة في فك الخناق عن الذبذبات الدنيا ، ويبدأ النطاق الترددي البصري من ٣ × $١٠^{١٤}$ هيرتز وينتهي عند $١٠^{١٦}$ هيرتز . أي أن أطوال أمواجها تبدأ من ١ ميكرومتر وتنتهي عند ٣٠ نانومتر ، ويقع الطيف المرئي فيها مابين ٣٨٠ نانومتر إلى ٧٦٠ نانومتر .

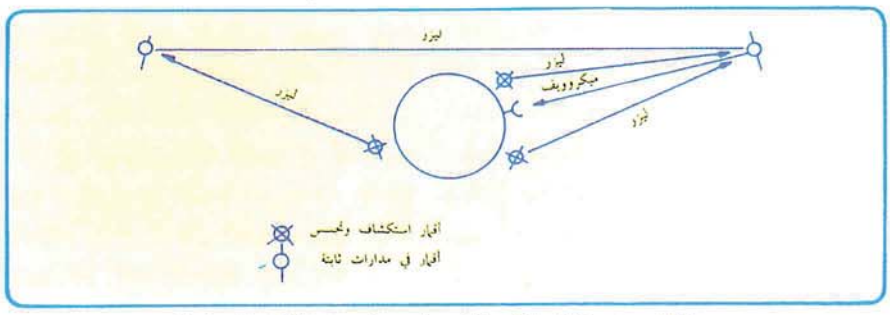
وينقسم مجال الإتصالات البصرية إلى جزئين ، أحدهما لاسلكي والآخر سلكي .

الاتصالات البصرية اللاسلكية

تأخذ أجهزة الإتصالات البصرية أشكالاً متعددة ، ويدخل بعضها ضمن الأجهزة المنزلية . فلو نظرنا مثلاً إلى أجهزة التحكم عن بعد ، المستخدمة لفتح أو إغلاق التلفزيون وتغيير القنوات ، نجدها تستخدم الأشعة تحت الحمراء . كما تستخدم هذه الأشعة في الهواتف المتنقلة ، وبين النهايات الطرفية والحاسبات . غير أن هذه الإستخدامات محصورة في أماكن متقاربة من بعضها البعض ، وتتطلب بعض الإستخدامات إرسال معلومات بين أماكن متباعدة ، ويوضح الشكل رقم (٢) طريقتين للإرسال البصري يستخدم الجو فيهما كواسط ناقل . ويتم توجيه الإشارات بين المرسل والمستقبل باستخدام الخواص التركيزية للعدسات البصرية ، الشكل رقم (٢ أ)، أو المرايا المقعرة ، الشكل رقم (٢ ب) . غير أن هذه الأنظمة لاقت صعوبات عديدة ، نتيجة للظروف الجوية كالمطر والضباب والغبار والثلوج ، كما أنها تحتاج إلى نظم توجيه معقدة ومكلفة، ولم يتم استخدامها إلا لمسافات قصيرة جداً.



شكل (٢) ارسال الموجات الضوئية عبر الجو باستخدام العدسات والمرايا المقعرة



شكل (٣) نظام الاتصالات البصرية بين الأقمار الصناعية

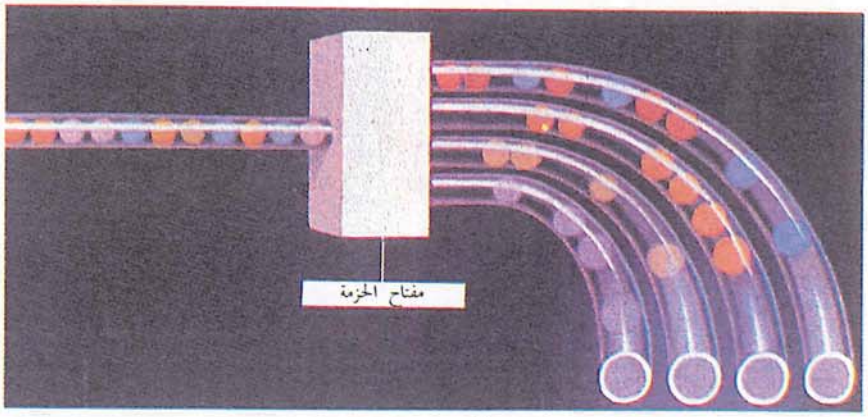
إن استخدام الإتصالات البصرية اللاسلكية يحتاج إلى أجواء خالية من المؤثرات الجوية السابقة ، ولا تتوفر هذه الأجواء إلا في الفضاء الخارجي ، ويوضح الشكل رقم (٣) رسماً توضيحياً للإتصال بين الأقمار الصناعية الثابتة ، والتي تقع على ارتفاع ٣٦٠٠٠ كم ، والأقمار الصناعية المتحركة ، والتي تستخدم لإكتشاف سطح الأرض والتجسس ويتراوح ارتفاعها مابين ٢٠٠ كم إلى ٢٠٠٠ كم . غير أن هذه الإستخدامات لا تستغل الطاقة الكاملة للإتصالات البصرية ، مما حدا بالباحثين للبحث عن وسائل أخرى لاستغلالها .

الاتصالات السلكية

ظن أكثر الناس أن إطلاق الأقمار الصناعية في منتصف الستينات كان بداية النهاية

للإتصالات السلكية عبر القارات والبحار والمحيطات ، وبدأ الإهتمام يتجه إلى الإتصالات الفضائية ، وحيث أن أسلوب الإتصالات السلكية بعيدة المدى والمغمورة كان حديث العهد نسبياً إذ كانت بدايته في عام ١٩٥٥م ، وهو المشروع المسمى تات ١ (TAT I) ، فقد استمرت كثير من الدول في تنفيذ خططها باستخدام الإتصالات المغمورة وبعيدة المدى باستخدام النظام السلكي ، والتي تستخدم الكابلات النحاسية سواء أكانت كابلات محورية أم أسلاكاً مجدولة . وعلى الرغم من تأثير الأقمار الصناعية على هذه الخطط ، فإن المتحمسين للإتصالات السلكية لم يتوقفوا عن إيجاد بدائل للكابلات النحاسية تستخدم المصدر الضوئي المكتشف حديثاً آنذاك ، وهو أشعة الليزر . وقد كانت الأبحاث منصبة على أسلاك تسمح بمرور الضوء فيها بدلاً من التيار الكهربائي .

وقد اقترح **الدكتور تشارلز كاو** عام ١٩٦٦م طريقة لتنقية الزجاج من الشوائب وتصنيع شعيرات زجاجية غاية في الدقة تسمح بمرور الضوء دون فقدان كثير منه . وقد تمكنت إحدى الشركات المصنعة للزجاج عام ١٩٧٠م من صنع ألياف زجاجية ذات أداء جيد ، وتوالت الأبحاث لتحسين هذه الألياف ، والمصادر الضوئية ، والكاشفات المناسبة ، لاستغلالها ضمن أنظمة الإتصالات السلكية ، وقد تم بالفعل استخدام أول نظام هاتفي على مستو تجاري عام ١٩٧٧م . توالت بعد ذلك النظم المركبة في أجزاء متفرقة من العالم وبلغت أطوالها مئات الآلاف من الكيلومترات ، لتحل محل الكابلات النحاسية . وقد سبق التحدث عن الألياف البصرية ومزاياها في العدد الثاني من هذه المجلة . وسيشهد العالم من الآن وحتى نهاية هذا القرن ان شاء الله تطوراً هائلاً في استخدام الألياف البصرية ، حيث ستمثل هذه الألياف شرايين الإتصالات عبر البحار والمحيطات والقارات والتي أصبحت منافساً شديداً للأقمار الصناعية .



الألياف البصرية

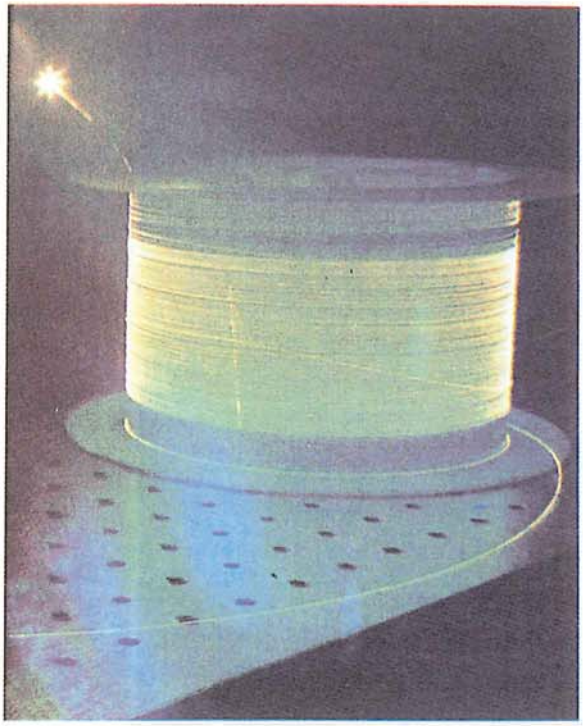
كيف تنقل المكالمات الهاتفية بالألياف البصرية ؟

هناك نوعان أساسيان لنقل المعلومات الصوتية ، أحدهما تمثيلي حيث يتم تحويل الأصوات المراد نقلها إلى إشارات كهربائية وموجات مشابهة تماماً لتلك الصادرة من حنجرة الإنسان أو أي أصوات أخرى ، والنوع الآخر والأكثر تطوراً يسمى بالنظام الرقمي وهو المستخدم في نقل الإشارات عبر الألياف البصرية ، فعندما يتحدث شخص ما بالهاتف ، تقوم أجهزة إلكترونية بتقطيع صوت المتكلم إلى نبضات إلكترونية قصيرة ، ثم تحولها أجهزة أخرى إلى ومضات ضوئية ترسل عبر الألياف البصرية ، وعلى الطرف الآخر تجري عملية عكسية لتحويل الومضات الضوئية إلى نبضات إلكترونية ومن ثم إلى موجات صوتية لها معظم صفات الصوت المرسل . والضوء المرسل عادة ما يكون صادراً من ثنائي ليزري . أما أجهزة الإستقبال فتستخدم ثنائيات شبه موصلة .

عرض نطاق الألياف البصرية

تستخدم أنواع عديدة من الألياف البصرية ، أهمها الألياف الزجاجية أحادية النمط والتي تتمتع بمزايا عديدة ، منها المقدرة على نقل معلومات هائلة من مكان إلى آخر بفقدان أقل ودون استخدام مكررات لتكبير الموجه . وعندما نتحدث عن عرض النطاق للألياف البصرية لا بد من ذكر مسافة النقل دون استخدام مكررات ، والمهم في هذه الحالة هو حاصل ضرب عرض النطاق في المسافة . ومن الناحية النظرية فإن واحدة من الألياف الزجاجية تستطيع أن تنقل ١٦٠ مليون مكالمة هاتفية أو ٨٠٠٠٠ قناة تلفزيونية في آن واحد مستخدمة لذلك النظام الرقمي ، ولمسافة ١٠٠ كم دون استخدام مكرر ، وقد أثبتت التجارب المعملية إمكانية نقل ١٢٥٠٠٠ مكالمة هاتفية في آن واحد لمسافة ٦٨ كم دون إستخدام مكرر ، وإذا أردنا مضاعفة هذا العدد من المكالمات ، فما علينا إلا إضافة ألياف زجاجية أخرى في نفس الكابل .

وقد استخدمت هذه الأنظمة في المملكة لنقل المكالمات بين المقسمات الرئيسة في الرياض . كما



كابل الألياف البصرية

تم استخدامها للتحكم والسيطرة بخطوط الضغط العالي في شبكة الشركة الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى ، ويجري حالياً تصنيع الألياف الزجاجية داخل المملكة العربية السعودية . وسنرى في المستقبل القريب إن شاء الله استخدامات كثيرة لهذه الألياف كالهواتف المرئية والمحادثات التلفزيونية على غرار الهاتف المرئي وربط الحاسبات مع بعضها وما إلى ذلك .