

الفصل الخامس

الإشارات الرقمية والإذاعة الرقمية

بالرغم من أن التكنولوجيا الرقمية مستخدمة من عشرات السنين، لم تكتمل حلقات السلسلة من الإنتاج إلى الاستقبال بشكل رقمي سوى بانطلاق الإرسال العام للراديو الرقمي عام ١٩٩٥ والتليفزيون الرقمي عام ١٩٩٨، وبالرغم من الاحتفاء بالإرسال الرقمي في معظم الأحوال، فإن تضمين وصلة الإرسال لم يكن سوى مزيد من التطور في عملية تحويل تكنولوجيا الاتصال إلى النظام الرقمي، فقد كانت هناك أصول نظرية لعملية تقديم الأنالوج من خلال شفرة رقمية في الثلاثينات، وتحقق عملياً في الاتصالات منذ الستينيات، وإذا كان من الممكن تحميل إشارات الأنالوج الكهربائية من المحول إلى جهاز الاستقبال سواء من خلال القنوات الأرضية أو القمر الصناعي أو الكابل فمن الممكن كذلك تحميل المعلومات في صورة رقمية بنفس الطرق، ولذلك كانت بدايات الإذاعة الرقمية على الساحات الثلاثة على حد سواء والذي انضم إليهم لاحقاً ساحة أخرى بحيث يتوفر التليفزيون الرقمي من خلال وصلة إنترنت النطاق العريض broadband اعتماداً على الارتباط الرقمي المشترك غير المتناظر ADSL بالرغم من أن نصيبه من السوق قليل.

وكما هو الحال مع كبرى التطورات التكنولوجية تم استقبال الإذاعة الرقمية بطريقة مبالغ فيها؛ فقد تم تصنيف الراديو الرقمي على كونه أكبر تغيير حدث منذ استخدام الـ FM على سبيل المثال، بينما تم وصف التغيير الذي طرأ على التليفزيون بالثورة التي أدت إلى الطريق السريع لمعلومات الوسائط المتعددة (Hood and Tabary-Peterssen 1997: 85)، في حين أن كثيراً من هذا الكلام بالتأكيد على أساس ملائم تقنياً (كما بدا في بعض الأحيان)، مثل هذه الآراء فشلت في اكتشاف العواقب الفورية والواقعية للنظام الرقمي بالنسبة لكل من المستمعين والمشاهدين، والتي كانت تمثل زيادة في عدد القنوات المتاحة على مختلف الساحات واحتمال

حدوث زيادة في جودة الصوت والصورة على حد سواء، وبشكل جوهري، هذه الميزات تتبع من القدرة على أداء العمليات الحسائية المعقدة من خلال البيانات الرقمية باستخدام الكمبيوتر، وذلك ليس ممكنا مع الأنالوج، كما أن التكنولوجيا الرقمية تتكيف مع الضجيج والتداخل الذي يمكن أن يؤثر على الإشارات الإلكترونية، هاتان السمتان وحدهما وراء الكثير من التغيرات في التلفزيون والراديو، والتي كانت متوقعة، ولذا فمن المفيد - لإزالة الغموض عن هذه التكنولوجيا - أن نفهم تماما كيف حدثت تلك التغيرات.

الأنالوج والإشارات الرقمية:

والإشارات الإلكترونية المستخدمة في أنظمة الأنالوج تتفاوت في حجمها أو كثافتها؛ لتعكس بدقة الحالة المتفاوتة للظاهرة المادية التي يتم تقديمها، لذا ينبغي تغيير الإخراج الكهربائي من الميكروفون (الذي يقاس بالفولت أو بقوة التيار كما هو مصمم) الطريقة التي يعبر بها عن اختلافات الضغط على غشاء الميكروفون الناتجة عن تغيير الصوت، وبالمثل، فإن الإشارات الإلكترونية التي تنتجها كاميرا فيديو يجب أن تذهب صعودا وهبوطا وفقا للمستويات المتغيرة للإضاءة على هدف ال CCD ومجال الصورة المسوحة ضوئيا، وتنتج الأصوات الصاخبة إشارات كبيرة من الميكروفون، وتنتج الأصوات الهادئة إشارات صغيرة، وفي جهاز الأنالوج، إذا كان من الممكن قياس الإشارات الكهربائية في أي جزء من النظام، فسيكون من الممكن أن نستنتج شيئا عن مستوى الصوت أو الإضاءة التي ينتجها.

وفي النظام الرقمي، في المقابل، ليس هناك علاقة مباشرة بين حجم الإشارات الإلكترونية والكمية المادية التي تنتجها، والإشارة الرقمية الإلكترونية لا يمكن إلا أن تكون في واحدة من حالتين: قيمة عالية أو منخفضة، وعادة ما توصف بواحد وصفر، وبشكل عملي في الأجهزة الإلكترونية قد تشير القيمتان إلى المستوى الفولتي voltage levels؛ بحيث تشير 3 V إلى 1 أ و 0 V إلى 0 أ، ولذلك فإن حالة الإشارة الكهربائية في تغير مستمر كما في نظام الأنالوج، ولكن في هذه الحالة فقط بين هاتين الحالتين.

ففي حين أن الإشارة الإلكترونية لنظام الأنالوج يمكنها استخدام أي قيمة (في حدود تشغيل المعدات) التي تمثل الطبيعة المتغيرة باستمرار الصوت أو الضوء، على النظام الرقمي أن يقدم الظواهر المادية المتغيرة بشكل مختلف، باستخدام نظام تشفير يعرف بنبض قانون التحوير (PCM) pulse code modulation، والذي تم تطويره بشكل نظري في الثلاثينيات، وفي تقنية الـ PCM تستخدم سلسلة من الإشارات الرقمية في تركيبة لتقديم مستويات من الصوت أو الضوء، وسلسلة الإشارات الرقمية - على الرغم من أن كل إشارة فيها بمفردها - لا يمكن إلا أن تكون ١ أو ٠، ويمكنها جمع عدد من قيم مختلفة في تركيبة، وفي بعض الأحيان تكون مجموعة القيم محدودة للغاية، على سبيل المثال: إذا كان هناك اثنان فقط من الإشارات الرقمية في تركيبة، فهناك أربعة فقط من الطرق المختلفة التي يمكن أن تجمع بينهما (٠٠، ٠١، ١٠ أو ١١)، وهذه الإشارات الرقمية الفردية يشار إليها بالبت bits، مكونة من أرقام ثنائية، والمثال هنا للنظام الرقمي مكون من "اثنين" ، والذي لا يمكن إلا أن يمثل أربعة مستويات مختلفة من الضوء أو الصوت، أي أنه على الأرجح لن يكون ذا فائدة عملية كبيرة؛ نظرا للاختلافات القريبة في هاتين الكميتين اللتين تتعرض لهما الحواس الإنسانية. ولكن كلما زاد عدد البت في التركيبة يزيد ذلك أضعافا مضاعفة عن عدد من القيم التي يمكن تقديمها.

الأضواء (أضواء السقف، مصباح طاولة، وزوجين من الأضواء الجدارية وغيرها) كل ضوء على حدة لا يمكن إلا أن يكون في وضع التشغيل أو الغلق، فلا يمكن إلا أن يكون على مستويين من الإضاءة، ومع ذلك، يمكن الجمع بينها، وعدد من المصابيح تضيء الغرفة في نطاق واسع من الاختيارات؛ من بين كون جميع الأضواء مغلقة (الظلام التام) أو كونها مفتوحة، مع عدد من الاختلافات، فمع وجود أربعة مصابيح، يوجد ١٦ توليفة مختلفة من شأنها أن تكون ١٦ مستوى من الإنارة، ومع ذلك، يمكن لكل ضوء على حدة أن يكون مفتوحاً أو مغلقاً - ٠ أو ١ - ومزيد من الأضواء في الغرفة من شأنه زيادة عدد أشكال الإضاءة المتاحة؛ فكل ضوء يؤدي إلى مضاعفة العدد.

وإذا حصلنا في مرة على عدد كاف من أضواء، ومع اختلافات دقيقة في المستوى

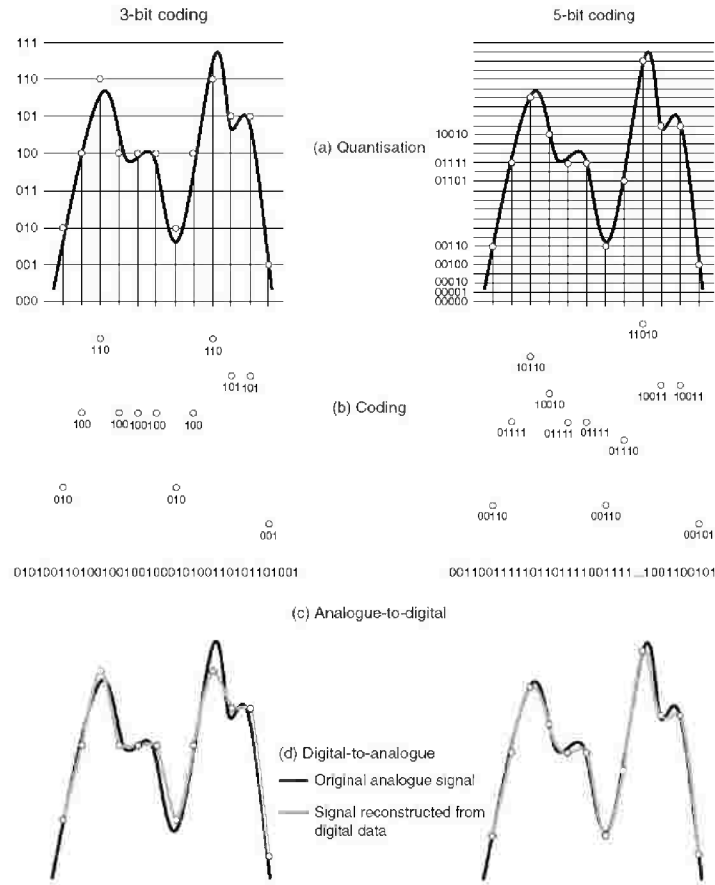
العام للإضاءة ؛ فسيكون من الممكن إنارة أحد المصابيح أو غلقها، في النهاية ، فإن هذا التباين في الإضاءة سيصل بنا إلى نطاق من مستويات الإضاءة يقدمها مفتاح الإغلاق أو جهاز الأنالوج.

الانتقال من نظام الأنالوج المؤقت إلى النظام الرقمي الحقيقي :

في أنظمة الاتصالات، الجمع بين أعداد أكبر من البتات معاً يسمح لمثل هذه الفروق الدقيقة في مستويات الصوت أو الضوء في أن تكون ممثلة أمام حواسنا، ولا يمكن التمييز بين هذه الاختلافات الرقمية والتي في نظام الأنالوج، وبالتأكيد، مثل أربعة مفاتيح إضاءة، إذا استخدمت أربعة بتات للحصول على الرموز، وهذا يعني توفر ١٦ مستوى صوت في النظام الرقمي، وهذا لن ينتج نوعية جيدة من الصوت، فعلى النظام الرقمي تخصيص كل الأصوات الممكنة في واحدة أو أخرى من تلك المستويات الستة عشر، وعملية تخصيص الأصوات المسجلة في واحدة من مجموعة محدودة من المستويات الممكنة تعرف بالكمية quantization. (نموذج ٥-١).

وترجع كل إشارات الصوت التي التقطت بواسطة الميكروفون إلى فقط ١٦ مستوى كمي مختلف، مما يعني في الواقع تغيير إشارات الأنالوج قليلاً من القيمة المقاسة لتناسب مع المستوى الكمي، وفي حالة إنتاج الصوت عند جهاز الاستقبال، يكون مشوهاً، ويعرف هذا بالتشوه الكمي . quantisation distortion

وللحصول على جودة الصوت الرقمي بشكل مناسب، يجب أن تستخدم أعداداً أكبر من البتات في عملية الترميز للسماح بكثير من المستويات الكمية، على سبيل المثال، يستخدم في ترميز الصوت الرقمي لتسجيلات القرص المدمج مزيجاً من ١٦ بت بدلاً من اثنين أو أربعة في الأمثلة المذكورة أعلاه، وهذا يسمح لما مجموعه ٥٣٦، ٦٥ من المستويات الكمية المختلفة بإصدار الصوت في وقت واحد، وإن كان هذا لا يزال عدد محدود مع هذه المجموعة من مستويات الصوت المتوفرة في أي وقت في جهاز CD رقمي، وينتج أصواتاً تتميز عن المجموعة الموجودة في جهاز الأنالوج (كما نعرف من خبرتنا في استخدام ما لدينا من أقراص مدمجة).



3-bit coding نظام الترميز الثلاثي

5-bit coding نظام الترميز الخماسي

(a) Quantisation الكمية

(b) Coding الترميز

(c) Analogue-to-digital من الأنالوج إلى النظام الرقمي

(d) Digital-to-analogue من النظام الرقمي إلى الأنالوج

Original analogue signal - إشارة أنالوج أصلية

Signal reconstructed from digital data - إشارة تم إعادة تركيبها من بيان رقمي

نموذج (١-٥)

الكمية والأخطاء :

(أ) تقاس إشارة الأنالوج على فترات منتظمة وتقرب إلى أقرب مستوى كمي، ويسمح مستوى الترميز الثلاثي البت بثماني مستويات كمية، بينما يسمح الخماسي باثنين وثلاثين مستوى.

(ب) لكل مستوى كمي الشفرة الثنائية الخاصة به.

(ج) الكود الرقمي لإشارة الأنالوج ما هي إلا سلسلة من الأصفار والآحاد، ويصدر النظام الخماسي بيانات رقمية أكثر من الثلاثي لنفس الإشارة الرقمية.

(د) وعند التحويل من النظام الرقمي للأنالوج يعطي النظام الخماسي إنتاجاً أدق، بمعنى أن تكون هناك كمية أخطاء أقل نظراً لتوفر المستويات الكمية بشكل أكبر، بالرغم من أنه كلما زادت (البتس bits) أعطت نتائج أدق.

قياس اختلافات الأنالوج : أخذ العينات

ويقدم القرص المدمج الجانب الثاني من تحويل كمية من نظام الأنالوج مثل الصوت إلى تمثيله بشكل كهربائي رقمي، ومرة أخرى، فإن تقديم أداة أنالوج مثل الميكروفون قد تبدو مباشرة، فلا يمكن لمخرجاتها الكهربائية أن تعلو وتنخفض مع مستوى الصوت، أو الاختلاف في ضغط الهواء، وإنما كذلك تعمل في الوقت الحقيقي، فالمخرجات (الكهربائية) تتلاءم مع المدخلات (ضغط الهواء)، ومع تغير أحدهما يتبعه الآخر بشكل فوري ومتصل، وتلك البساطة ليست ممكنة في النظام الرقمي، وهنا، بدلاً من الرصد المتواصل للصوت في الوقت الحقيقي، يكون التركيز على إنتاج تسلسل سريع لتركيبات ترميز (البتس bits) لكي تمثل القيمة المتغيرة للصوت في شكل رقمي، ويقاس الصوت مراراً وتكراراً على فترات سريعة، كل قيمة تقاس بشكل كمي، ويتم ترميزها لتكون تركيبة مناسبة من الآحاد والأصفار.

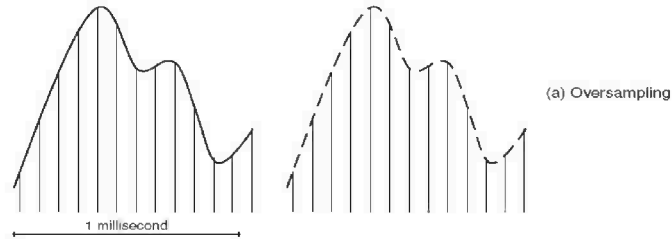
هذا القياس المتكرر لإشارة الصوت يعرف بأخذ العينات sampling، ومرة أخرى، قد يبدو أن هذا هو ممارسة أقل مقارنة بالأنالوج، ولكن شريطة أن يكون معدل أخذ العينات مرتفع بما يكفي، بحيث يقاس الصوت بما يكفي، فلا نلاحظ

أي ثغرات، على سبيل المثال، في الأقراص المدمجة الصوتية: هنا أخذت عينات الصوت ٤٤,١٠٠ مرة في الثانية الواحدة، وحتى مع أولئك الذين لديهم أفضل مستويات سمعية ؛ لا نستطيع أن نقول : إن هذا ليس صوتاً مستمراً.

فمن الممكن أن نشق بشكل رياضي الحد الأدنى لقيمة هذا التردد للعينات في أي نظام، فمعظم التغيرات السريعة في ضغط الهواء (في مثال الصوت مرة أخرى) تحدث في أعلى الترددات، وعزف نوتة عالية على آلة الكمان، على سبيل المثال، على بعد حوالي ٢٠ كيلوهرتز (والتي في الواقع تتجاوز بداية الاستماع بالنسبة لمعظم الناس، حيث لا يمكن أن يستمعوا إلا إلى ما يصل إلى حوالي ١٥ كيلوهرتز، وهو الحد الذي تقل معه القيمة مع التقادم)، ، ينبغي أخذ ترددات العينات بحيث تكون أعلى بدرجة مضاعفة، فمعدل أخذ العينات للقرص المدمج الصوتي 44.1 كيلوهرتز، وهو فوق الحد الأدنى الذي وضعه نايكست، ويتم اختياره لضمان سماع جميع الترددات من خلال عملية أخذ العينات، بمعنى أن إعطاء أي معدل عينات لاستخدامه في عملية التحويل الرقمي سوف تحد من الوصول لأقصى تردد يمكن تحويله إلى نصف ترددات أخذ العينات. (نموذج ٥ - ٢)

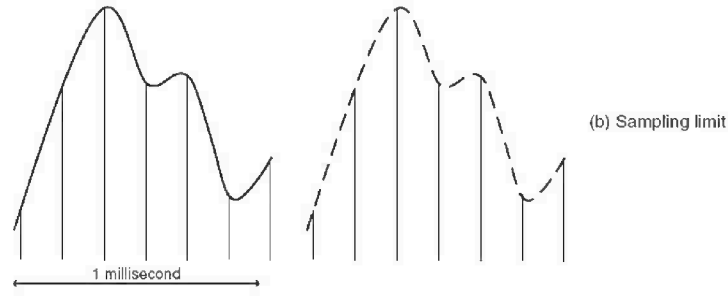
من الأنالوج إلى التحويل الرقمي :

هل هذا التعقيد ضروري؟ واثنان من تقنيات أخذ العينات والكمية معا تشكلان عملية التحويل من الأنالوج إلى النظام الرقمي analogue to digital conversion (ADC) ، وتعتبر مدخلات نظام ADC إشارات كهربية.



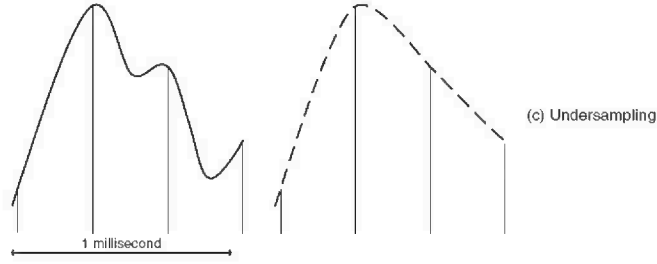
(a) Oversampling أخذ العينة بشكل زائد

1 millisecond 1 ميلي ثانية واحد



(b) Sampling limit حد أخذ العينة

1 millisecond



(c) Undersampling أقل من حد أخذ العينة

النموذج (٥-٢)

معدل أخذ العينة :

معدل أخذ العينات يجب أن يكون مرتفعاً بما يكفي لاستيعاب التغيرات في الإشارة.

(أ) هنا، يتم أخذ ١٢ عينة لكل ميلي ثانية؛ ليكون من السهل التقاط كل التغيرات في الإشارة.

(ب) ست عينات لكل ميلي ثانية كافية لاستيعاب هذه الاختلافات.

(ج) ثلاثة نماذج لكل ميلي ثانية بمثابة معدل منخفض جداً لأخذ العينات لالتقاط التغيرات السريعة في الإشارة، وأعلى الترددات، أو أسرع التغيرات لن يتم التقاطها على هذا المعدل أو أبطأ منه، وأكثر الترددات انخفاضاً وبطئاً يمكن

التقاطه بشتى اختلافاته العامة، ولكن التفاصيل على أعلى الترددات يفقدها الميكروفون أو الكاميرا، وهو متفاوت وفقا لارتفاع الصوت، والإضاءة، أو غير ذلك، وما ينتج عن مرحلة ADC هو التسلسل السريع في نبضات البيانات التي تمثل مجموعات من الأحاد والأصفار.

في حالة أقراص الصوت المدججة، تلك السلسلة من الأحاد والأصفار تتكون من مجموعات مكونة من ١٦ رقم لكل عينة، لتقديم شفرة ١٦ بت في حالة إشارة الصوت، وبما أن هناك ٤٠ ألف عينة ماثلة لكل ثانية للصوت (معدل أخذ العينة ٤٤.١ كيلوهرتز) وتسلسل البيانات المعروف باسم تيار البت stream bit ينتج 16×44 ، أي ١٠٠ بت كل ثانية، وحوالي ٧٠٠ ألف بت في الثانية (٧٠٠ كيلوبايت)، وخلافا للإشارة في نظام الأنالوج ؛ لا توجد علاقة واضحة بين إشارة تيار البت الناشئة وحالة الصوت، وما يسمعه المستمع هو الصوت المستمر المكون من سلسلة من الأصوات أكثر من ٤٠ ألف صوت في الثانية، كل واحد يقابل واحدا من ٦٥ ألف مستوى صوت مختلف متاح لنظام الترميز الرقمي، ومزايا تحويل إشارات الأنالوج الأصلية إلى إشارة رقمية هي في جوهرها ذات شقين : في هذا الشكل الرقمي، وحيث يتفق مع معالجات الكمبيوتر مما يسمح له بالتحكم بطرق مختلفة، وبالإضافة إلى طبيعة الإشارة من حيث الفتح والغلق (١ و صفر) مما يعني أنه لا يتأثر بالضوضاء والتداخل كما هو الحال في إشارة الأنالوج.

ملاحظة على التحول مرة أخرى للأنالوج DAC:

تلك المزايا للإشارات الرقمية تعني أنه بقدر الإمكان، المعلومات التي يتم توصيلها من خلال نظام ينبغي أن تظل ممثلة في شكل رقمي، ومع ذلك، فإن الإشارة الإلكترونية يجب أن يتم إعادة تحويلها إلى الكمية الفعلية التي كانت في الأصل رقمية، أي الصوت أو المعلومات البصرية، والتحول من النظام الرقمي إلى الأنالوج، بطبيعة الحال، عكس مسار عملية Analogue To Digital Conversion التي في كل مجموعة من البتس يمثل عينة ترميز هي في الواقع

فك الشفرة رياضيا لإنتاج إشارة مستوى معين (وهذا هو على وجه الخصوص الفولت الإلكتروني أو التيار) ثم يتم إنتاج الصوت أو الضوء من خلال مكبر الصوت أو الشاشة، ومرة أخرى، يتم فك شفرة كل عينة في تسلسل معين، في حالة قرص الصوت المدمج على سبيل المثال، يتم توليد تيار بقيمة ٤٤.١ إشارة في الثانية منتجًا المستويات متفاوتة للإشارة مطابقًا مصدر معلومات الأنالوج، وفي النهاية، كما يبين النموذج (٣-٥)، لا يختلف المفهوم عن نموذج الإدخال والإخراج، ويتم توظيف عمليتي DAC و ADC.

التحويل من التماثلي إلى (ADC) Analogue To Digital Conversion

الرقمي (DAC) Digital to Analogue : التحويل من الرقمي إلى التماثلي.

لضمان أن تكون جميع الإشارات الإلكترونية في منظومة رقمية، وتبقى في شكل رقمي بقدر الإمكان، من أجل الاستفادة من مزايا الصفات المذكورة أعلاه، وستذكر بمزيد من التفصيل في الفقرات التالية.



Figure 5.3 Input-output sequence: analogue and digital

نموذج (٣-٥)

تسلسل الإدخال والإخراج : نظام الأنالوج والنظام الرقمي

شرح مزايا الإشارات الرقمية:

تم وضع متطلبات معيار نظام الاتصالات لدينا لنقل المعلومات من المصدر إلى الوجهة بأمانة وكفاءة، وهي وسائل صادقة دون تدهور غير مقبول في نوعية المعلومات المستقبلية، في حين تتعلق بكفاءة كمية عرض النطاق الترددي اللازم للاتصالات لكي تتم. وقد شهدنا كيف أنه غالباً ما يكون هناك توتر بين اثنين :

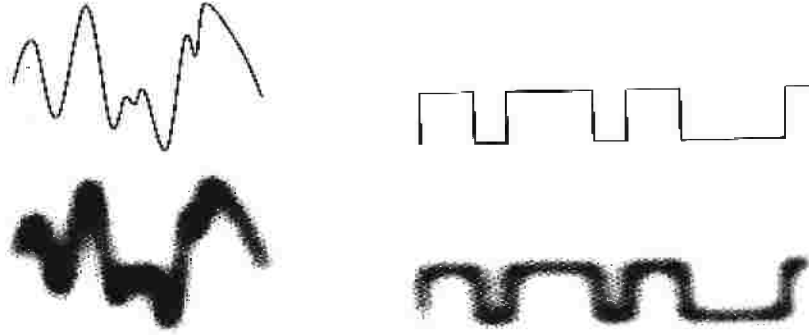
صباحا الإذاعة تنتج جودة صوت أقل من FM ، ولكن هي أكثر كفاءة من حيث إنه يتطلب نطاقا عرضياً ترددياً أقل، ويتم التعامل مع هذا التوتر باستخدام الإشارات الرقمية ؛ لما لها من قدرة على زيادة كل من نوعية وكفاءة الاتصالات، على الرغم من أنه لا يزال هناك مفاضلة بينهما.

قلة التأثير من الضوضاء:

وهناك ميزة واضحة في الإشارات الرقمية ؛ وهي أنها لا تتأثر بالضوضاء والتداخل مثل إشارة الأنالوج، والضجيج سمة دائمة من سمات أي نظام إلكتروني، ففي نظام الأنالوج يتجلى الصوت غير المرغوب فيه في إشارة الضوضاء مثل الهمس أو الشوشرة في النظام الصوتي، أو الغموض أو البقع على صورة التلفزيون، وعادة ما يكون التداخل هو المشكلة أحيانا، وربما سمعت على الراديو عند بث المحطات الأخرى زيادة في الحجم النسبي (مثل بث AM ليلا) أو من مصادر خارجية كهربائية أثناء العواصف الرعدية، والتشويش على صورة التلفزيون غالبا ما يكون سببه إشارات منعكسة ، وتظهر على شكل التظليل أو ظلال للصورة، وفي أنظمة الأنالوج تلك تضاف الإشارة الغير مرغوب فيها إلى الإشارة المطلوبة، وينتج عن ذلك آثار مسموعة أو مرئية في أجهزة الاستقبال، وذلك لأن أجهزة الأنالوج مصممة لقبول كل الإشارات الإلكترونية ، وبالتالي فإنه ليس من السهل على نظام الأنالوج الإلكتروني التمييز بين إشارة المعلومات الأصلية من الضجيج.

أما الجهاز الرقمي فقد صمم للعمل مع إشارات من القيم المحددة، هنا، في إشارة تتأرجح بين مستويين مختلفين، ربما 3 V و 0 V، على سبيل المثال، لـ 1 و 0 من النظام الرقمي، في هذا الترتيب، يجب على الدوائر الإلكترونية في جهاز الاستقبال التعرف على الإشارات القادمة بوصفها مجرد 1 أو 0، ويمكن أن يكون لها بعض

الحرية في صنع هذا التمييز، وبالتالي حتى لو كانت الضوضاء - أو التداخل - تشوه مستوى الإشارة إلى حد ما، فإنه لا يزال من الممكن التعرف عليه بدقة ؛ إما لكونه ١ أو ٠ ، وبالتالي يمكننا الحصول على المعلومات المقصودة بالضبط، نموذج (٥-٤).



نموذج (٥-٤) آثار الضوضاء الكهربائية

الضجيج موجود في كل الإشارات : الأنالوج والرقمية على حد سواء، وإذا كانت الخطوط التي تمثل نوعي الإشارات غير واضحة ؛ فإننا ذلك لتمثيل الضوضاء الإلكترونية، لذا نرى أن التفاصيل تفقد بسرعة في إشارة الأنالوج ؛ أما الإشارة الرقمية فلا تزال تقرأ بسهولة على أنها ٠ أو ١ بالرغم من وجود نفس الكمية من الضوضاء.

فقط عندما يصبح الضجيج كبيراً جداً بالنسبة لإشارة المعلومات، بحيث يصبح من المستحيل التمييز بين ١ من ٠ ، ولكن هذه المستويات من الضوضاء ستكون بالفعل قد تحولت تماماً إلى نظام الأنالوج؛ لذا فبالرغم من حدوث الضوضاء في النظم الرقمية مثلما تحدث في الأنالوج، فإنه يتم الحفاظ على سلامة إشارة المعلومات والجودة التي يشار إليها أحيانا بالحصانة من الضوضاء.

وتلك الطبيعة المتميزة للإشارات الإلكترونية في النظام الرقمي أيضا تجعل من الممكن تنقية الإشارات في مراحل مختلفة من نظام الاتصالات عن طريق توليد نبضات جديدة ١ / ٠ بدلا من تحميلها على النظام، ففي نظام الأنالوج يتم معالجة الضجيج عن طريق تضخيم الإشارات ككل، من إشارات المعلومات المطلوبة والضوضاء غير المرغوب فيها (حيث لا يمكن تمييزها)، في مراحل تكرارية مختلفة في سلسلة الاتصالات، في حين أن هذا من شأنه أن يساعد على فصل إشارات

المعلومات والضوضاء عن طريق زيادة المعلومات لأقصى حد، ويزداد الضجيج كلما مر عبر النظام، أما في النظام الرقمي؛ فإن القيمة المقصودة لإشارة المعلومات معروفة على وجه التحديد (يجب أن تكون ١ أو ٠) حتى في وجود ضوضاء، في هذه الحالة، بدلا من دعم كل من المعلومات وإشارات الضوضاء في مرحلة تكرارية جديدة تماما، يتم توليد إشارات نبض دقيقة لتحل محل إشارات الضوضاء، وهذه يمكن أن تنتقل عن طريق النظام حتى لا تصبح الضوضاء مصدر قلق كبير مرة أخرى، وهكذا، تصل الإشارة الرقمية إلى نهاية سلسلة الإرسال نقية كما كانت في الأصل؛ لأن الضوضاء التي التقطت في الطريق قد تم إزالتها، وبذلك نحافظ على سلامة الإشارة، كما أن مستويات قوتها المستخدمة من الممكن تقليلها، في حين أنه في جهاز الأنالوج نحتاج لزيادة الطاقة بشكل مستمر للحفاظ على إشارة المعلومات فوق مستوى الضجيج.

وتوضح النتائج العملية أن الضوضاء الإلكترونية والتداخل، وعلى الغم من كونها لا يزالان موجودان في الأجهزة الرقمية، إلا أنه لا تنتج عنها آثار محسوسة (إلا إذا كان الضجيج إلى حد كبير)، فقرص الصوت المدمج سيعرض الصوت بجودة عالية حتى لو كان سطحه متسخ، في حين أن علامات الأصابع أو الغبار على شريط الأنالوج أو مسجل الفينيل؛ فإن ذلك يمكن أن ينتج تشوهات مسموعة، وفي الإذاعة، يتم استقبال نوعيات جيدة من الصوت والصور أيضا من البث الرقمي في ظروف الاستقبال الضعيفة، مما يسبب تشويها غير مقبول بالنسبة لبث الأنالوج، وكذلك، لأن تجديد النظم الرقمية يعمل على إعادة توليد البيانات الجديدة والنقية بدلا من مجرد تضخيم جميع الإشارات، أي نسخاً مصنوعة من الإشارات الرقمية (على سبيل المثال: من القرص المضغوط إلى جهاز الكمبيوتر، أو العكس صحيح) فإنها ستكون جيدة كما هي في النسخة الأصلية.

وبالمقارنة، فإن نسخ شريط الأنالوج إلى شريط آخر ينتج تدهورا ملحوظا (وهو ما يعرف باسم فقدان التوليد generation loss)، والضوضاء الموجودة يتم نسخها مع الإشارة المنشودة، وتضاف ضوضاء جديدة في عملية النسخ، والنسخ

الرقمي يعرف أحيانا باسم 'الاستنساخ' (لأنه نسخة طبق الأصل تم إنشاؤها حديثا من النص الأصلي)، وإمكانية إنشاء نسخ من المعلومات الرقمية عالية الجودة كما هي في النسخة الأصلية قد سببت مشاكلات في صناعات الموسيقى والفيديو اللذين يواجهان الآن مشكلة القرصنة بدرجات كبيرة، أكثر صعوبة مما كان عليه الأمر في أيام قرصنة الأناطلوج، عندما كانت النسخ من أشرطة الفيديو والأشرطة السمعية دائما من نوعية قليلة الجودة نسبيا.

اكتشاف الأخطاء وتصحيحها

ولا يمكن ضمان نوعية الإشارة الرقمية، ولكن كما رأينا ؛ فإن قيمة الإشارة الرقمية تبقى مميزة في وجود كميات كبيرة جداً من الضجيج والتداخل، ولكن بمجرد أن تصل إلى مستوى الضوضاء، بحيث يمكن أن تفسد الإشارة، يمكن على الفور أن تصبح البيانات الرقمية عديمة الفائدة، وفي أي نظام ترميز، فإن فساد قطعة واحدة من البيانات في تيار البتات يغير معناها تماما، مثلاً عيتتان بترميز ١١٠١٠ و ٠١٠١٠ فهذا يعني أشياء مختلفة تماماً حتى ولو تغير مجرد رقم واحد، وبالتالي يتغير البت الرقمي أيضاً، في حين أن الإشارات الرقمية من الممكن أن ترفع الجودة في حالة سوء الاستقبال، ويمكن أن تضع الإشارات بسهولة جداً عندما يكون الاستقبال هامشي، حيث يعني فقدان كمية صغيرة نسبيا من البيانات صمت جهاز الاستقبال أو ظلام الشاشة، وبالنظر إلى أن انتقال الإرسال الأرضي والفضائي على حد سواء يتأثر بالعوامل الجوية مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة، وفي ظروف معينة عندما يكون الاستقبال هامشياً ؛ فإن المتلقي يكون عرضة للتشويه، (وإن كان من نوع مختلف) كجهاز الأناطلوج، على الرغم من بعض الخرافات حول الجودة الرقمية.

وإلى حد كبير، تحسنت حساسية البيانات الرقمية للتشويش من خلال تطبيق تقنيات المعالجة بالكمبيوتر ؛ فأساليب تصحيح الخطأ متوفرة، مما يتيح الفرصة

لجهاز الاستقبال لفحص ما إذا كانت العينات الرقمية فاسدة أو سليمة، ومثلما تم استخدام الإشارات الرقمية كأساس للكمبيوتر منذ الحرب العالمية الثانية - عندما تم تحويل إشارات الاتصالات، بما في ذلك الإذاعة والتلفزيون، إلى شكل رقمي - فكذا يمكن معالجتها حسابياً باستخدام تقنيات الكمبيوتر.

وتنطوي أساليب كشف الخطأ على إضافة بيانات إلى تيار البتس التي يمكن أن يستخدمها المتلقي لضمان أنه لم يكن هناك تشوه في البيانات بين المرسل والمستقبل، ويعرف ذلك بإضافة التكرار adding redundancy ، حيث لا يتضمن البيان الإضافي الزائد أي معلومات حول الإشارة المطلوبة ؛ ولكنها فقط لتحقيق دقة الإرسال، وهناك مثال مباشر لتوضيح ذلك، ويعرف بتعادل كشف الخطأ parity error detection ، وهنا، يضاف رقم واحد إلى رمز ثنائي لكل عينة قبل الإرسال، ويتم اختيار قيمتها لضمان التعادل الفردي، أو الزوجي، بمعنى أن يكون مجموع الأرقام إما فردياً أو زوجياً، ويتأكد المتلقي أن جميع العينات الواردة تحتوي على التعادل الصحيح قبل طرح البت المتعادل واستعادة الرمز الأصلي، فلو تم استقبال عينة مع تعادل غير صحيح، فإنها تشير إلى أن الرمز قد فسد بين الإرسال والاستقبال، وهذا النموذج بالذات سيرفضه المتلقي (الجدول ٥-١).

* * *

الإجراء المتخذ عند الاستقبال	فحص التعادل عند المتلقي (مجموع كل الأرقام)	تعادل البتس المضافة عند الإرسال		
تقبل باعتبارها صحيحة	زوجي	١	١١٠١٠	العينة (أ) الإرسال
		١	١١٠١٠	الاستقبال
تقبل باعتبارها صحيحة	زوجي	١	١٠١١٠	العينة (ب) الإرسال
		١	١٠١١٠	الاستقبال
ترفض (لتلف الرمز بين الإرسال والاستقبال)	فردى	٠	٠١١٠٠	العينة (ج) الإرسال
		٠	٠١١٠١	الاستقبال
تقبل باعتبارها صحيحة	زوجي	٠	١٠١١١	العينة (د) الإرسال
		٠	١٠١١١	الاستقبال

جدول (٥-١) تعادل كشف الخطأ يتعرف على الرمز

التالف المتلقي في العينة (ج) (التعرض لنظام التعادل الزوجي).

هذا المثال له قيمة محدودة، فلو فسد اثنين بت أمكن استعادة التعادل ، وسيقبل المتلقي العينة التالفة، وفي الممارسة العملية، فإن هذا لا يقدم سوى الحد الأدنى من كشف الخطأ، والمزيد من التقنيات المتقدمة التي تسمح بالكشف عن الأرقام المحددة في العينة التي تم إتلافها، وحتى يتم ذلك، فإن المتلقي لم يعد في حاجة

لرفض العينة التالية، ولكن لا يمكن في الواقع تصحيح الخطأ عن طريق عكس قيمة بت تالف (في النظام الثنائي، إذا كان البت غير صحيح، فمن المنطقي أن تكون قيمته الصحيحة معروفة)، وبالتالي فإن تلك المعالجة الأكثر تعقيدا تسمح بتصحيح الخطأ بدلا من الكشف عن الخطأ، وإن كان هذا عادة ما يعني إضافة مزيد من التكرار، وبصفة عامة، كلما كانت متطلبات الحماية من الخطأ أفضل، كلما زاد التكرار الذي يجب إضافته؛ فعلى سبيل المثال، كل البيانات الموجودة على القرص الصوتي المضغوط النموذجي أكثر من ثلثها زائد عن الحاجة، وهذا يعني أنه لا يحتوي على معلومات صوتية، ولكنه موجود فقط لكشف الأخطاء وتصحيحها، لذا فإن مرونة أقراص الصوت ليست فقط بسبب طبيعة الإشارات الرقمية المقاومة للضوضاء؛ ولكن أيضا ليستمر عملها عندما تحدث أخطاء لا يمكن تصحيحها، لدرجة أنه قد لوحظ أن أقراص الصوت تظل تعمل حتى بعد ظهور نقرات خلالها.

ويتضح أن مثل تقنيات الكشف عن الخطأ وتصحيحه تلك، والتي تقوم على معالجات الكمبيوتر، ليست متاحة لأنظمة الأنالوج، وهو ما يعني أحد أمرين؛ إما أن الأنظمة الرقمية يمكن الاعتماد عليها أكثر وأفضل في إنتاج الصوت والصورة، أو أنها بديل لإنتاج نفس جودة الصوت والصورة عبر نظام الأنالوج، ويمكن تصميم الأجهزة الرقمية لكي تكون أقل تطلبا للمواصفات مما يؤدي إلى سرعة معالجتها، ومن الناحية النظرية، أرخص في تصنيعها عملياً (وغالبا ما يطغى الأوفر في التكاليف على الوظائف الإضافية التي يتم تركيبها في الأجهزة الرقمية).

ظلت التكنولوجيا الرقمية قلعة المحترفين حتى أواخر السبعينيات؛ وذلك عندما تم تطوير أول جهاز رقمي للمستهلك استنادا إلى تقنية قراءة الليزر المماثلة التي طورتها فيليبس Philips لقرص الليزر الفيديو، والقرص الصوتي المضغوط – أو القرص المضغوط – يختلف في ذلك عن البيانات التي تم تخزينها وقراءتها بشكل رقمي. وظهرت هذه التقنية للعامة في أوائل الثمانينيات، وكان المقصود بها الاستعاضة عن مسجل الفينيل ذي القطر ١٢ بوصة (أو ٣٠ سم)، والاستفادة بما

تتمتع به من مقاومة التآكل والتمزق، والقدرة على تخطي المقطوعات وصغر الحجم.

وهي مثل الفينيل، تحفظ محتويات القرص في مسار حلزوني يحتوي على تموجات مجهرية - المنخفضات، أو الحفر - مفصولة بمناطق مسطحة معروفة باسم الأراضي، هذه الطبيعة المادية لوسط التخزين تعني أن الأقراص المدججة يمكن إنتاجها بكميات كبيرة وبسرعة في عملية مماثلة للفينيل، ولكن الطبقة المعدنية التي تحتوي على البيانات في شكل سلسلة من المنخفضات أو الحفر مغلفة بالبلاستيك الشفاف لحمايتها، ويتم قراءة البيانات بواسطة الليزر الضوئي ؛ وهو جهاز إلكتروني حديث، كان في السبعينيات ينتج شعاعاً جيداً من الضوء المركز، والذي ينعكس بشكل مختلف لدى مروره فوق الحفر من القرص الدوار، حيث إن الليزر يمر فوق حفرة الضوء المنعكس ليكشف عن سلسلة من الأصفار، اعتماداً على طول حفرة، في حين أنه فوق الأرض فإنه يسجل آحاد، واستخدام ليزر يعني عدم وجود اتصال مادي بين القرص ورأس القراءة، وبالتالي لا يوجد احتكاك ؛ ومن الناحية النظرية، فإن القرص المضغوط ينبغي أن يستمر لعقود عديدة، ومع أخذ العينات بمعدل ٤٤.١ كيلوهرتز و١٦ بت للترميز - كما ذكر سابقاً - فإن في كل ثانية من الصوت يولد أكثر من ٧٠٠ كيلو بت من البيانات، أو الضعف لمسارين في تسجيل الإستريو .

أن هذا هو ما يصل إلى ثلث البيانات في شكل جديد من أشكال التكرار، وعلى الرغم من الطبيعة الجيدة للمقطوعات على القرص (حوالي ١ ميكرومتر، أو ١ / ١٠٠٠ من المليمتر واسعة) على قرص قطره ١٢٠ mm يمكن أن يحمل أكثر من ساعة واحدة من الصوت فقط .

وقد ضربت الأقراص المدججة صناعة الموسيقى المسجلة ضربة قوية ؛ حيث انخفضت مبيعات أقراص الفينيل حتى تلاشت في السبعينات، ويرجع ذلك جزئياً إلى أشرطة الكاسيت المسجلة مسبقاً التي يتم شراؤها بأعداد متزايدة، ولكن صناعة الموسيقى شكت في أن تسجيل أقراص الفينيل والكاسيت على شريط كاسيت

فارغ، هو بمثابة قرصنة، كما أنه يجد من المبيعات، على الرغم من الأدلة مقنعة إلا أن من الصعب إيجادها، وحقيقة أن القرص المضغوط ومعدات التشغيل لا يمكنها التسجيل طمأنت هذه الصناعة، ولكن المبيعات الأولية لأجهزة تشغيل الأقراص المدججة كانت بطيئة. (Winston 1998: 135)

بدأت الشعبية المتزايدة التي حظيت بها أجهزة الكاسيت التي أمكنها التسجيل، وكذلك التسجيلات المحمولة بفضل الأجهزة السمعية الشخصية الجديدة مثل سوني ووكرمان Sony Walkman، عام ١٩٧٩؛ وفي الوقت نفسه، بالنسبة لأولئك الذين كان لديهم الفينيل وأجهزة التسجيل كانت مزايا مشغلات الأقراص المضغوطة هامة، في حين أثرت تساؤلات حول طول عمر الأقراص المضغوطة (Horstmann and MacDonald 2003: 320)

وعلى الرغم من التفوق التقني للتكنولوجيات الرقمية، وعوامل أخرى أثرت على استخدام المستهلك للشكل الجديد، وعلى كل حال، فمع حرص صناعة الموسيقى على سرعة الانتقال من الفينيل إلى القرص المضغوط، أنتج المزيد والمزيد من الأقراص المدججة مع تراجع الفينيل، وعلى نحو متزايد؛ بدأ يشعر الناس الذين لم يروا حاجة لشراء مشغل الأقراص المدججة بأنهم لم يعد لديهم خيار، وهكذا، وبينما تم بيع ٨٠٠ ألف قرص مضغوط في عام ١٩٨٤ في الولايات المتحدة بالمقارنة بـ ٢٠٠ مليون قرص فينيل، وبحلول عام ١٩٨٧ وصلت المبيعات لحوالي ١٠٢ – ١٠٧ مليون دولار، على التوالي، وبحلول عام ١٩٩٥ كان الانتقال قد اكتمل؛ فقد تم طبع ٢.٢ مليون قرص فينيل فقط، في حين تم بيع أكثر من 700 مليون قرص مضغوط.

وقد وصف ونستون هذه العملية بأنها التاريخ المثير للجدل الذي يبدو في ظاهره أنه تحكم فعال في السوق من خلال بعض تكتلات الاتصالات الدولية (Winston 1998: 135-6) وبالتالي، ومع منتصف التسعينيات، كان أكثر من نصف الأسر في المملكة المتحدة (٥٩٪ في عام ١٩٩٦) قد اكتسبت بنداً

للاستهلاك الرقمي، وبالنسبة للكثير كان ذلك بداية عملية تدريجية في نقل معظم السلع الاستهلاكية من المعدات السمعية والبصرية من بث الأنالوج إلى التشغيل الرقمي.

معدلات البث وتناقص البيانات:

حتى إذا كان القرص المضغوط يعني بداية البيئات الرقمية المحلية، ظل لسنوات قبل ظهور نظيره الفيديو، الذي في دي ('قرص رقمي متعدد الاستعمالات' ولكن الشائع 'قرص الفيديو الرقمي') الذي ظهر في عام ١٩٩٥، في الوقت نفسه، فإن القرص المضغوط قد طرح فكرة الصوت الرقمي في الحياة اليومية، وظل البث الإذاعي (والتلفزيون) وسيلة أنالوج سمعية، وتوضح هذا التأثير المحدود يظهر على التكنولوجيا المحلية تقنيا وسياسيًا، ويوضح مثال القرص المضغوط الكمية الضخمة من البيانات التي تنتجها عملية ADC كل ثانية، حيث يتم إنتاج ١.٤ مليون بت من البيانات من مصدر صوت إستريو رقمي، قبل إضافة التكرار لتصحيح الخطأ، بمعدل بت ١.٤ ميجابت في الثانية.

ولنقل هذه الكمية من البيانات عبر موجات الهواء عادة ما تتطلب أن يكون عرض نطاق قناة الإرسال ١ ميجاهيرتز أو أكثر (اعتمادا على تقنية التضمين) بالمقارنة مع الـ ٢٥٠ كيلوهرتز اللازمة للبث إستريو لراديو FM، وهذا غير فعال، كما أنه من الناحية العملية لا يمكن الانطلاق منه نظرًا للقيود القائمة على النطاق الترددي، أما في التلفزيون، فعملية حسابية مماثلة تقوم على التحويل الرقمي للتعريف الموحد لعدد من الخطوط باستخدام ١٠ بت لأخذ العينات؛ يتم إنتاج معدل بت نظري للفيديو يقدر بـ ٢٧٠ ميجابايت في الثانية، مما يتطلب عرض نطاق الموجة بشكل كبير فيما هو متاح حاليا من ٨ ميجاهيرتز (نظام بال) أو ٦ ميجاهيرتز (NTSC) المخصص لتلفزيون الأنالوج.

إن الكم الهائل من البيانات التي ينتجها التحول للنظام الرقمي جعله غير قابل لتطبيق وضع الفيديو على الأقراص المدججة، والبث على موجات الهواء يعني فرض قيود شديدة على عدد من القنوات، ومع الوضع في الاعتبار أن واحدا من مزايا المزعومة للبث الرقمي وهو زيادة عدد القنوات، يجب أن يحدث شيئا آخر.

هناك بعض الطرق الواضحة التي يمكن من خلالها تخفيض حجم البيانات التي تنتج عن التحول من الأنالوج للنظام الرقمي، وكمية البيانات هي نتاج عاملين اثنين ؛ معدل أخذ العينات وعدد البتس المستخدمة في الترميز.

خفض معدل أخذ العينات من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض في إنتاج البيانات، ولكن اتباع قانون نايكست على حساب الحد من نطاق الترددات التي يمكن تحويلها ، أما في الصوت، يعني هذا أن النوتات العالية سوف تضيع ، بينما يتدهور وضوح الصورة في التلفزيون، وبدل تقليل عدد البتس المستخدمة في عملية الترميز ينتج عنها التضحية بالجودة الغير متناسبة مع كمية البيانات المحفوظة، على سبيل المثال: إذا كان الصوت بعينات الترميز ٨ بت بدلا من ١٦، ذلك من شأنه أن يقلل من كمية البيانات التي تنتجها إلى النصف، ولكن على عدد من المستويات الكمية المتاحة من شأنه أن يقلل من ٦٥.٥٣٦ إلى ٢٥٦ فقط، وهو انخفاض كبير في جودة الصوت، وثمة خيار آخر في التلفزيون ؛ ألا وهو خفض معدل الإطار، بمعنى خفض معدلات الإطار من مستوى ٣٠ أو ٢٥ إلى ١٥ أو ١٢.٥، وذلك من شأنه أن يقلل البيانات بمقدار النصف، ولكن بعد ذلك دون بداية التقديم المقبول للحركة. وبالطبع، فإن الآثار المترتبة على جودة الصوت والصورة، والتي تعني تلك الطرق البدائية للوصول إلى تقليل البيانات غير مقبولة (من أجل المحافظة على جودة البث)، وقد تم وضع المزيد من التقنيات المتطورة والتي يشار إليها بـ : ضغط البيانات (أو ببساطة : 'ضغط'، وإن كان هذا المصطلح يعني أيضا معنى آخر في الصوت) والهدف من تقنيات تقليل البيانات التي تنتج من خلال التحول إلى النظام الرقمي عدم التسبب في خسائر غير مقبولة في جودة الصورة أو الصوت، ووافق الاتحاد الدولي للاتصالات على العديد من المعايير الدولية من قبل، وتم تطوير البث من قبل خبراء الصور المتحركة Motion Pictures Experts (مجموعة MPEG)، وهي هيئة من المهندسين مؤلفة من المؤسسات الأكاديمية والصناعية، في حين أن هذه التقنيات لا بد وأن تكون معقدة حسابيا، ومبدأ العمليات مباشر نسبيا ويستند إلى النموذج الحسابي، والاختبار الفردي لحدود الإدراك البشري، والذاتية الموجودة

هنا تفسر السبب في أن القصد من ذلك هو تجنب خسائر غير مقبولة في الجودة، وكان هناك بعض النقاش حول : ما هو شكل الجودة المقبولة ؟ وفهم مبادئ الحد من البيانات يساعد في إلقاء الضوء على هذا النقاش إلى حد ما.

أولاً، يجب الوضع في الاعتبار أن هناك بعض الأساليب التي يمكن أن تخفض البيانات من خلالها دون أي إخلال بالجودة، وهو ما يسمى بالضغط دون الفقد lossless compression، وهذا ينطوي على البحث عن أنماط من قبيل التكرار داخل تيار البت التي تنتجها من خلال التحويل للنظام الرقمي، والقضاء على البيانات عن طريق إرسال نمط يتكرر مرة واحدة فقط، مع تقديم معلومات إضافية عن عدد مرات التكرار، على سبيل المثال، في صورة فيها ثلث المشهد يتكون من السماء الزرقاء، وكلها من نفس اللون، عملية مسح صورة الأنالوج من شأنها أن ترسل إشارات من كل ٢٠٠ أو حتى أكثر من خطوط سلسلة (٦٢٥ نظام السطر)، وكل ما يغطي السماء الزرقاء سوف يحتوي على نفس المعلومات، وهناك نسخة رقمية لنفس الخطوط من شأنها أن تحتوي على ١٠ بت رموز لعينات من أول بكسل pixel، والرموز نفسها للبكسل المقبل، وذلك على الآلاف غيرها. (ملاحظة: عند تغيير الصورة من الأنالوج إلى الرقمية، يعمل أخذ العينات على نحو فعال في عملية تحويل الخطوط المستمرة من إشارات الأنالوج إلى سلسلة منفصلة من البكسل، ومن ثم الإشارة إلى 'خطوط' في الأنالوج و'بكسل' في التكنولوجيا الرقمية).

وبشكل منطقي، فإن إرسال رموز البكسل الأولى وحدها، جنباً إلى جنب مع بيانات مشفرة إضافية تحدد عدد البكسل التالية التي يجب أن تحتوي على نفس البيانات (أي في نفس اللون) من شأنه أن يوفر كمية هائلة من البيانات، ثم بعد ذلك يستقبل المتلقي العينات المشفرة من أول بكسل، وسوف يقوم بإعادة تكوين بضعة آلاف تالية استناداً إلى المعلومات ذاتها، وفقاً للتعليمات المرسلة مع بيانات البكسل، شريطة أن يكون المتلقي قادراً على القيام بعمليات شفرات الإرشادات،

ولا يفقد أي معلومات مرئية، والصورة الناتجة سوف تظهر بنفس الشكل إذا ما كانت البيانات قد تم إرسالها بشكل منفصل لكل بكسل على حدة.

هذا الأسلوب ملائم أكثر لأنواع معينة من المشاهد، خاصة تلك التي توجد فيها كتل واسعة من نفس اللون (مثل الرسوم المتحركة) ولكن في كل الصور هناك درجة من المعلومات التي تتكرر من بكسل إلى بكسل، ولذلك فإن هذا الأسلوب - المعروف باسم ترميز طول التشغيل run length encoding - يتم استخدامه إلى أقصى حد ممكن، ويحتمل أن تكون له نتيجة كاملة دون تنازل، وتقنيات دون الفقد تلك ، على كل حال، لا يمكن إلا أن تنتج كثيرا في تناقص البيانات، حيث إن معظم المشاهد سوف تشمل اختلافات دقيقة وحقيقية من حيث الأسلوب والإضاءة، وبالتالي كمية محدودة من التكرار، ولذلك فإن قدرات طرق عدم الفقد سيتم استفادها.

في هذه المرحلة تستخدم المزيد من التقنيات التي تعتمد على القيود المفروضة على تصورنا، ويعني تجاهل أو القضاء على تغيرات طفيفة في الإضاءة أو اللون أو الصوت - تناقص البيانات الصوتية، وبالتالي، إذا لم يكن هناك سوى اختلافات صغيرة في تدرج ألوان السماء الزرقاء في المثال السابق، والذي قد يشير إلى إمكانية القيام بالمزيد من تناقص البيانات على أساس تقنية ترميز طول التشغيل ؛ فهذا يعد ضغطا مفقودا في الصورة الأصلية التي لا يمكن أبدا أن تتعافى كليا، أو يتم إعادة تكونها عند المتلقي، وبعض المعلومات يتم فقدانها بشكل نهائي (كلمة إهمالها في الواقع أفضل لكونها متعمدة وليست بشكل عرضي) والصورة الناتجة أو الصوت سيكونان مختلفان عن الأصل. هذه هي الفكرة، ورغم ذلك، فإن هذا الاختلاف إما أن يكون غير قابل للكشف، باعتباره أقل من أن يدرك، أو لأنه على الأقل مقبول، والمشاهدون والمستمعون لا يلحظون أي نقص في الجودة.

وتشمل الاختلافات المماثلة التي تعتمد على حدود الإدراك حساسية محدودة لتغيرات اللون، واستغلالها في تليفزيون ملون (انظر: الإطار ٣-١)، وهو ما يعني أن عددا أقل من المستويات الكمية (بتس) تحتاج أن تخصص لأنواع معينة من

تباين اللون أكثر من غيرها. ويتم استخلاص تلك البدايات من دراسات تجريبية موضوعية (وهذا يعني أن ردود الأفعال من المستمعين والمشاهدين على الاختبارات تحت إشراف المعامل) ويمكن تعريفها رياضياً، وادماجها بشكل مركب، خوارزميات الحد من ضياع البيانات lossy data reduction algorithms.

هذه الخوارزميات، أو مجموعة القواعد المنطقية، ويتم تنفيذها باستخدام الكمبيوتر على مجموعة من البيانات التي خرجت من الإشارة الرقمية المستمدة من الصوت أو الصورة؛ وتلك الخوارزميات، والتي طورها مجموعة خبراء التصوير The Joint Photographers Experts Group (JPEG) للصور الثابتة في البداية، وتستخدم على نطاق واسع للتصوير الإلكتروني.

مرة أخرى، القدرة على معالجة البيانات والصوت والفيديو الرقمية من خلال الكمبيوتر يجعل الرؤية سليمة وقابلة لتقنيات تناقص البيانات، ولكن في حين أن بعض من الأساليب الأساسية معروفة منذ الخمسينيات، إلا أنه في العقد أو العقدين الأخيرين أصبحت أجهزة الكمبيوتر قوية بدرجة كافية لتدفع تطوير تقنيات أكثر تطوراً من أي وقت مضى. وبيانات JPEG لديها خاصية داخلها لاختيار مستوى الضغط، مع أدنى مستويات ضغط لتقديم أعلى مستويات الجودة في الإنتاج، بمعنى تقديم حد من البيانات إلى نحو عشر أو حتى واحد على عشرين من الكمية الأصلية، واختيار مستويات أعلى من الضغط يقلل من كمية البيانات التي لا تزال هناك، ولكن جودة الصورة يمكن أن تبدأ في التناقص، والمصنوعات اليدوية مثل التحول للبكسل pixilation أو ضعف اللون يصبح ملحوظاً.

مرة أخرى، فإننا نلاحظ أنه لا يزال هناك توتر بين نوعية وكمية البيانات في العالم الرقمي تماماً كما في الأنالوج.

ضغط الفيديو:

ونفس طريقة تناقص البيانات للصور الثابتة JPEG يمكن تطبيقها على كل إطار في تسلسل فيديو، ولكن المزيد من التناقص يمكن الحصول عليه من خلال رؤية الاختلاف بين الأطر المتتالية، وهو ما يعرف بضغط تداخل الأطر interframe

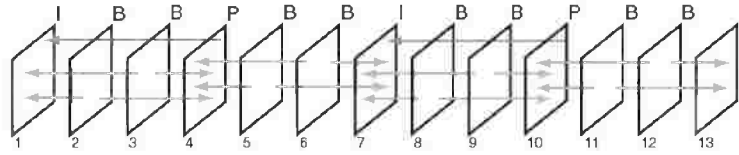
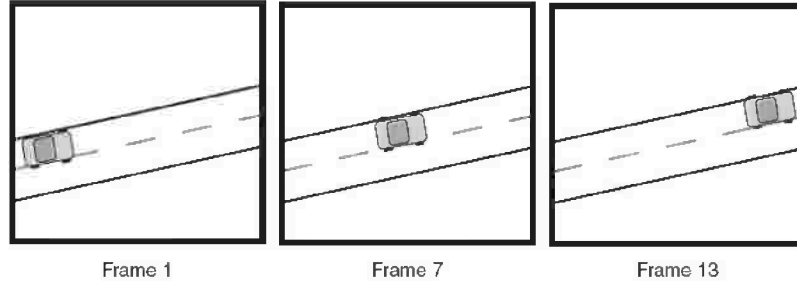
compression، و بما أن ضغط تداخل الأطر مثلما تم وصفه سابقا يمكنه توفير البيانات بقصد التكرار من بكسل إلى آخر خلال الإطار، وإذا لم تتغير البكسل خلال عدد من الأطر، فلا داعي لإرسال بيانات هذا البكسل خلال عدد من الأطر المتتالية، وعند المزج بينهم من خلال ضغط ويمكن لضغط تداخل الأطر أو الضغط المؤقت temporal compression أن ينتج معدلات تناقص للبيانات الحركية، ويتم توحيدها قياسياً باعتبارها مجموعة من أشكال الـ MPEG .

ولذا فإن ضغط تداخل الأطر يمتد بتقنيات ضغط داخل الإطار لسلسلة من الأطر، وحينها يكون هناك تكرار بين الأطر فإن الضغط دون الفقد يكون ممكناً، ولكن حتى مع الاختلافات الدقيقة بين الأطر - والتي لا يمكن للمشاهد أن يلاحظها - يمكن استخدام الضغط الفاقد بفاعلية بغض النظر عن تلك الاختلافات، وفي معظم الأحوال سوف تتغير سلسلة الأطر من قطاع الفيديو في جزء معين من الإطار، فمثلاً، يتضمن طيران طائر عبر السماء لثانية عشرين إطاراً مع نفس الخلفية مع تغير البكسل الذي يمثل الطائر من إطار إلى آخر، والتغيرات بين إطارين متتالين ستكون صغيرة بالفعل، ومع إرسال بيانات أول سبع أو ثلاثة عشر إطاراً، ويمكن استخدام التوليد الخطي لتكوين الأطر العشرة الناقصة في عملية تعرف باسم تعويض الحركة motion compensation (نموذج ٥-٥).

ومن الآثار الناجمة عن الضغط المؤقت : أن معالجة الأطر المتوقعة تعمل على تأخر سلسلة الإرسال والاستقبال، وبغض النظر عن فك رموز البيانات المضغوطة، إذا لم يكن من الممكن إعادة تكوين الإطار الثاني أو الثالث في المتوالية حتى استقبال الإطار التالي، ويمكن عرض الصورة كاملة بعد انقضاء ثانية أو اثنتين بعد الإرسال، وهذا التأخر يتضح بمقارنة إرسال التلفزيون باستقبال الأنالوج والاستقبال الرقمي.

ومع ضغط تداخل الأطر، بعض أنواع متواليات الفيديو تكون أكثر قابلية لضغط تداخل الأطر أكثر من غيرها، والأطر خلال المتواليات مع العديد من

الحركات أو الأفعال مثل الرياضة، ويمكن توقعها بشكل أسهل من الصور الأبطأ مثل الأخبار أو البرامج الطبيعية، بحيث يكون الاختلاف بين الأطر أقل.



نموذج (٥-٥)

تعويض الحركة (انظر: Benoit 1997)

من خلال الهوائي نرى سيارة عبر المشهد من اليسار إلى اليمين، في حوالي نصف ثانية، أو ١٣ إطار بدلا من إرسال كل الأطر، ويسمح تعويض الحركة بتكوين عشرة لدى المتلقي من خلال التنبؤ بهم من الثلاثة الآخرين. وبعض الأطر ترسل في مجملها الأطر الداخلية I-frames، والمتبقي من هذه الأطر يتم إعادة تكوينه منها، والأطر التنبؤية P-frames يتم مقاطعتها بالأطر الداخلية، لمقاطعة موقع البكسل الذي يمثل السيارة (وأية تغييرات أخرى) من الإطار الداخلي السابق، في حين أن الأطر التنبؤية ثنائية التأشير 'bidirectionally-predictive' أو B-frames يستخدم كل من الأطر التنبؤية السابقة والقادمة لتحديد مكان السيارة، ولذلك فإن الأطر تتولد عند المتلقي دون تسلسل (فالإطار ٢ في هذا المثال لا يمكن إعادة تكوينه حتى يتم التنبؤ بالإطار ٤ من الإطار ١)، ويجب إعادة ترتيبهم قبل تطبيق

المذيعين لتناقص العرض في أوقات مختلفة اعتمادا على البرمجة، وبصفة عامة، باستخدام السعة الكاملة لضغط الإطار المتداخل والداخلي لـ MPEG .

ومن الممكن إنقاص كمية البيانات في تيار بت التلفزيون الرقمي من النموذج الذي يتجاوز نطاق الأنالوج الحالي بكثير لدرجة أن يتم تحميل إشارات ٦ تلفزيونات رقمية على قناة ٨ ميجاهيرتز، وبذلك نحصل على الميزة العددية للإشارة الرقمية - تزايد عدد القنوات.

ضغط الصوت :

وإذا أمعنا النظر لاكتشفنا أنه لا يوجد في الصوت ما يعادل تقنية تقليل البيانات الموجودة في الفيديو على أساس تكرار وحدات البكسل، ويتكون الصوت من تغيرات متتالية (استنادا إلى اهتزاز جزيئات الهواء) وبدون ذلك لن يكون هناك صوت، لكن هناك ثمة نهج مختلف لتقليل البيانات في الصوت، أولا، يجب أن نعلم أن الوضع هنا لا يشبه الوضع كما في التكنولوجيا التماثلية، من حيث إن ترقيم الصوت ينتج بيانات تقل كثيرا عن الفيديو كما هو الحال عند تقليل بيانات الإشارات التلفزيونية، حيث إن معظم الجهد يذهب إلى عنصر الصورة على حساب عنصر الصوت، وكما يوضح المثال السابق، فإن كمية البيانات التي يحتوي عليها قرص الصوت المدمج audio CD تزيد كثيرا عن تلك التي يمكن أن تنتقل على الهواء عبر الموجة الإذاعية إف إم FM، وبذلك يتضح أنه من المؤكد أننا بحاجة إلى تقنيات الحد من البيانات من أجل البث الإذاعي، وتعتمد التقنيات المستخدمة على ما يطلق عليه psychoacoustic modelling أو نموذج ذاتية الأصوات، من حيث تحليل عناصر الأصوات وكيف نسمعها، وتتلخص الفكرة في أن بعض مكونات الصوت يمكن إزالتها دون أن نلاحظ ذلك، فعلى سبيل المثال، هناك تغيرات طفيفة في الصوت قد تكون تحت الحد الأدنى من مستوى الصوت الذي تستطيع الأذن البشرية سماعه، وبالمثل فهناك بعض الأصوات ذات التردد العالي والتي قد تكون عند مستوى السمع، ولكن إذا اندمجت ببعض الترددات الأخرى فإنه يمكن التخلص منها. وهناك ظاهرة أخرى تقوم على أساس اختبار ذاتي

للمستمعين عن طريق إخفاء الصوت، بحيث إنه إذا كان هناك صوتا عاليا أتبعه صوت منخفض، فإنه يمكن إزالة الصوت المنخفض ولن نلاحظ الفرق، وربما هناك ما هو أكثر من التضاد الحدسي، بحيث إذا وجد صوت منخفض يسبق صوتا أعلى، فإنه مرة أخرى يمكن إزالة الصوت المنخفض، وبالتالي فإننا نلاحظ أنه لا توجد خسارة فعلية في ضغط الصوت عند استخدام تقنية الحد من البيانات.

ويؤدي تطبيق هذه التقنيات إلى حدوث تخفيض في عامل البيانات الصوتية الذي عادة ما يتراوح بين خمسة وعشرة درجات؛ من دون تغيير ملحوظ في إنتاج جودة الصوت، ويستند هذا الأسلوب إلى معيار الطبقة الثانية المعروف باسم MPEG، والمستخدم في الأصوات المصاحبة للبث الرقمي الإذاعي والتلفزيوني.

وقد تنشأ بعض المشكلات أحيانا إذا استخدمنا تقنيات الضغط تباعا، فعلى سبيل المثال، قد يتم ضغط قطعة من الفيديو أو الصوت بغرض الحفظ أو التخزين، ومن ثم يمكن توسيع البيانات أو فك الضغط في وقت لاحق، بمعنى أنه يمكن فتح الملف لإجراء بعض التعديلات الأخرى قبل أن يتم ضغطها مرة أخرى للحفظ، وبملاحظة أنه في كل مرحلة يتم تجاهل بعض البيانات، فإن تأثير عملية compression-expansion أو الضغط والتوسيع على التوالي قد يصل إلى النقطة التي تصبح فيها البيانات المفقودة ملحوظة، ويمكن ملاحظة هذه 'المصنوعات اليدوية' أو ما يطلق عليه Digital artefacts في الفيديو من حيث وحدات البكسل pixilation والكتلة blockiness، أو الومضات المتباعدة أو صوت خريز في الصوت الرقمي، وبوجه عام، يفضل استخدام تقنيات الضغط أثناء عملية الإنتاج ومرحلة ما بعد الإنتاج، بحيث يتم تطبيقه فقط أثناء مرحلة التخزين النهائي أو مرحلة الإرسال، ولكن هذا لا ينفع مع الفيديو بحجمه الهائل من البيانات غير المضغوطة، بل وحتى في الكاميرا؛ فإنه قد يمكن ضغط الصورة بحيث تجد مكانا للتخزين على الكاميرا، وهناك أيضا مسجلات الصوت الرقمية التي تفسح مجالا للتسجيل غير المضغوط، ولكن هذا بالطبع يحذر من مدة التسجيل المتاحة على الجهاز، وبالتالي، فإنه على الرغم من مزايا الإشارات الرقمية إلا أن

الزيادة في عدد البيانات التي نرغب في تسجيلها أو بثها تأتي على حساب جودة الإنتاج؛ لذلك فإن القرار الذي يجب اتخاذه للتغلب على مشكلة الكم والكيف في مستويات التماثل المبكرة ستكون ضرورية في تكوين الأنماط الرقمية.

مقدمة البث الرقمي:

شكلت مرحلة الانتقال من البث التماثلي إلى البث الرقمي تحديا كبيرا، وكما رأينا في الفصل الرابع، فإن نجاح البث الإذاعي والتلفزيوني التماثلي قد خلق بعض الصعوبات التي لم تكن لتنشأ في السوق دون هذا التغيير، فعلى سبيل المثال، عندما نجد في أغلب البيوت بالمملكة المتحدة جهازا تلفزيونيا على الأقل وأكثر من جهاز راديو، إذن سيأخذ أصحاب القرار حذرهم قبل أن يعلنوا نهاية البث التماثلي، لكن هذا هو الهدف؛ أن يتم استبدال أو إعادة ضبط أجهزة الاستقبال تلك لتتواءم مع الأجهزة الرقمية.

ويتمثل التحدي الأكبر في البث الأرضي، حيث إنه في كثير من الحكومات، كما في المملكة المتحدة، قد يتسبب إلغاء بعض القوانين المنظمة لمقدمي خدمات كابلات التلفزيون والأقمار الصناعية في حدوث خلل بسيط في هذه القطاعات؛ في الوقت الذي تم فيه ترك مرحلة الانتقال لمشغلي الخدمة أنفسهم، وعلاوة على ذلك، فإنه في معظم الدول الأوروبية يصل الإرسال الأرضي كل السكان تقريبا، لكن التحدي الذي تواجهه شركات الكابلات والأقمار الصناعية هو تحدياً أقل على مستوى العميل الفردي، وعلى النقيض وفي الولايات المتحدة، حيث تستقبل معظم البيوت خدمات التلفزيون عن طريق الكابل، إلا أن منظور تأمين الإرسال الرقمي في التلفزيون الأرضي مازال يواجه تحديا بسبب مدي عدم أهميته النسبية. ومع ذلك، فإن التلفزيون الأرضي سيستفيد من التحويل إلى البث الرقمي والزيادة في عدد القنوات من صور أحادية ومتوسطة ومزدوجة معقدة، في بداية لتطبيق مفهوم عروض القنوات المتعددة في خدمات الكابل والأقمار الصناعية، ففي الراديو، يستطيع المستمعون الاختيار بين عشرات المحطات الإذاعية، ومن بين كل هذه

المحطات يختار المستمع محطة أو اثنتين ؛ لذلك فإن ميزة زيادة عدد المحطات التي تتيحها تقنية البث الرقمي لم تثبت فاعليتها على المستوى الإذاعي .

ويتضمن التصميم التكنولوجي لنظام البث الرقمي هيكلًا مختلفًا للإرسال الأرضي؛ ففي الإرسال التماثلي، يتم بث القنوات الأرضية والتلفزيونية على تردد معين في منطقة معينة، ثم يتم نقل المحتوى حول الدولة في تغطية محلية باستخدام ترددات مختلفة في المناطق المجاورة لتجنب التداخل، ثم يقوم المرسل بتحديد عدد من الترددات لتغطية الإرسال باستخدام جهاز منظم مثل جهاز Ofkom في المملكة المتحدة وجهاز FCC بالولايات المتحدة، ويتم تقديم القنوات الإضافية بعد عمل تخطيط ودراسة للتأكد من وجود ترددات متاحة بالمنطقة، بمعنى أن للمرسل علاقة مباشرة بعملية البث، وملكية لتلك الترددات، وخاصة في المحطات الإذاعية؛ حيث يصبح التردد بمثابة الهوية للمحطة الإذاعية، أما المرسل التماثلي فيحمل البث، بما في ذلك شبكة الإرسال (رغم أنه يتم منح هذا لشركة إرسال)، ويكون مسئولًا عن صيانة الخدمة على الهواء وجودة الإرسال .

أما في النظام الرقمي فالوضع مختلف ؛ فبدلاً من تحديد تردد لكل محطة، تقوم أجهزة البث الرقمي بنشر مجموعة من الأرقام لتردد كل قناة، ولكن في نظام البث الرقمي للفيديو Digital Video Broadcasting (DVB) المنتشر في أوروبا، يتم بث تلك الباقة من القنوات التلفزيونية على قناة تردد (تعرف باسم المتعددة) على تردد ٨ ميغاهيرتز MHz يساوي التردد المستخدم في نظام البث التماثلي، أما في نظام الإرسال الرقمي الصوتي Digital Audio Broadcasting (DAB) المستخدم في معظم دول العالم ؛ تساوي الموجة ١.٥ ميغاهيرتز، وهي ست مرات أكبر من قناة التردد المخصصة لمحطة الـ إف إم FM في النظام التماثلي، وقد تبنت بعض الدول مثل الولايات المتحدة بعض الأنظمة المختلفة عن الإرسال الرقمي للفيديو في التلفزيون، بالإضافة إلى نظام يختلف عن الإرسال الرقمي الصوتي للراديو (وسيتم تغطية هذه الاختلافات لاحقاً في هذا الفصل)، ونتيجة لعملية تقليل البيانات المستخدمة في الإرسال، فإن نظام البث الرقمي المتعدد للفيديو

يستطيع أن يحمل ستة محطات تليفزيونية وعدداً من المحطات الإذاعية، وبعض بيانات البرمجة (لما يكتب على الشاشة وغيره)، بينما يستطيع البث الرقمي المتعدد للصوت أن يحمل عشر محطات إذاعية بدرجات متفاوتة للجودة الصوتية. وبالتالي فإنه من غير المعقول تخصيص تردد تعددي كامل للمرسل واحد حيث تحتاج الموجة المتعددة إلى أن يتم تحميلها بعدة محطات تليفزيونية وإذاعية، ويصبح النظام الرقمي فعالاً في دور التوأم الذي يلعبه المرسل لخلق محتوى وبثاً منفصلاً بتقديم طرف ثالث يكون مسئولاً عن عملية البث، وهو مشغل التعددية.

وبجانب هذا التغير في نظم الإرسال، فقد قدمت نظم البث الرقمية الجديدة هي الأخرى بعض التغيرات، وكما هو الحال في البث التماثلي، يتم بث الإشارات الرقمية من نظم البث الموجودة حول الدولة، معتمدة في كثير من الأحيان على مواقع البث التماثلي القائمة. وتستخدم الترددات التليفزيونية الترددات المتاحة غير المستخدمة المخصصة للبث التماثلي، بينما يتم تخصيص ترددات جديدة للبث الرقمي الصوتي في المجال المسمى بالجيل الثالث من تردد VHF الذي تم استخدامه من قبل في الخط التليفزيوني ٤٠٥ (فقد خصصت المملكة المتحدة الموجة ١٢.٥ ميغاهيرتز بين ٢١٧.٥ و ٢٣٠ ميغاهيرتز، ثم زادت إلى ١٩.٥ ميغاهيرتز بعد المعاهدة الدولية في المؤتمر الإقليمي للاتصالات اللاسلكية عام ٢٠٠٦) فهناك لا تتغير نظم البث، وباختيار مواقع البث والإنتاج يمكن تفريق نظم التغطية إلى محلية وإقليمية كما يحدث في البث التماثلي، فبالنسبة لشبكة التغطية المحلية على مستوى المناطق الأوسع نطاقاً، فإن إحدى ميزات البث الرقمي أنه لا يوجد داع إلى الترددات المختلفة للإرسال في المناطق المجاورة، في حين يتم استخدام نفس الترددات على شبكة التردد الأحادي دون حدوث تداخل كما يحدث في البث التماثلي، مما قد يؤدي إلى نتيجة سلبية في استخدام الترددات، أما بالنسبة للتغطية المحلية، فإنه من الضروري استخدام الترددات المختلفة في المناطق المجاورة لتحميل البرامج المختلفة، ولذلك تصبح شبكة التردد الأحادية بلا جدوى حيث تقل مناطق الإرسال.

وهكذا، فإن تقنيات البث الرقمي تصبح ذات فائدة للترددات، بالإضافة إلى تقنيات تقليل البيانات التي توفر مساحة أكبر، وبالتالي محطات أكثر للإذاعة والتلفزيون، فتكوين مساحة التعدد يمكن تغييره بواسطة مشغل الخدمة حتى يمكن إضافة محطات أخرى بشكل مؤقت دون الحاجة إلى إجراء تغيير في أجهزة الاستقبال. فعلى سبيل المثال، تقدم شبكة BBC قناة رياضية أساسية وخمسة قنوات إضافية في بعض الأوقات لتغطية بعض الأحداث الرياضية بجانب القنوات الأساسية، حيث يضيف جهاز الاستقبال هذه المحطة لقائمه دون تدخل المستمع، لذلك فإن عملية البث الرقمي المتعدد تحدث تغييراً هيكلياً في الإذاعة، حيث تفصل بين إنشاء المحتوى والإرسال، والحاجة إلى الاشتراك في المساحة التعددية مع الإذاعات المنافسة، مما يكون له عواقب سياسية واقتصادية.

لماذا البث الرقمي؟

أصبح على الحكومات التي تسعى للاتجاه إلى الإرسال الرقمي الأرضي أن تتدبر في كيفية تقديم هذا النظام الجديد، فبالإضافة إلى ترتيبات التنظيم والرخصة، فإن الانتقال إلى البث الرقمي يتطلب أن تستعد أجهزة الإرسال لبدء البث الرقمي، وللمصنعين لبناء وبيع الأجهزة الرقمية، وللمستهلكين ليقوموا بشراء الأجهزة بكميات معقولة، ولذلك يجب اتخاذ مجموعة من القرارات، وقد طرح العديد من الأسئلة، منها: هل يتم ترك التنسيق بين جهات الإرسال ومشغلي الخدمة والمصنعين إلى السوق أم يجب أن تتدخل الحكومة لبدء العملية؟ هل يتم منح رخص القنوات الجديدة إلى جهات الإرسال الحالية أم جهات جديدة؟ هل يجب أن تعطى لمن يدفع أكثر أم يجب إعطاؤها مع فرض الالتزام؟ من يجب أن يقوم بتشغيل الإرسال المتعدد؟ من الذي يجب أن يدفع للمستهلكين ليقوموا بتغيير الأجهزة؟ (جاليرين ٢٠٠٤: ١٦). وحتى الآن لا توجد إجابة واضحة لأي من هذه الأسئلة، رغم أن معظم الحكومات تعلم أنها بحاجة إلى نوع من التدخل لتنظيم الموقف؛ فجهات الإرسال - وخاصة التجارية منها - تتردد في بدء البث الرقمي طالما لا يوجد جمهور، والمصنعون ليس لديهم الرغبة في صناعة أجهزة جديدة إذا كان البائعون

والمستهلكون ليس لديهم الرغبة في الشراء؛ وفي الوقت ذاته ليس لدى المستهلكين الرغبة في الشراء، وبالتالي لن يقوم البائعون بتوفيرها، في حين أنه يوجد ثمة استقبال لبرامج رقمية قليلة أو لا يوجد على الإطلاق .

وبالرغم من كل هذه الصعوبات، فقد نظرت الحكومات المختلفة حول العالم بعين الأهمية إلى البث الرقمي والإستراتيجيات المنظمة مع بداية التحويل، ووضعة في الاعتبار أنه حينما بدأ تطوير البث الرقمي في الثمانينيات والتسعينيات، كانت العواقب السياسية (على المستوى النظري على الأقل) ضد التدخل في السوق؛ وكان السؤال حينذاك ما هو دافع الاستثناء، فبالأكيد لم تكن جهات الإرسال هي الموجه الرائد لتطبيق النظام الرقمي بغض النظر عن أية فائدة تكنولوجية قد تأتي من ورائها (فليس هناك سبب واضح يجعل جهات الإرسال ترحب بإضافة قنوات منافسة جديدة). ويقترح جالبرين ثلاثة محفزات للحكومات لتطوير البث الرقمي وهي: زيادة صناعة الإلكترونيات للمستهلك المحلي، ترسيخ الاعتقاد في الفكرة الوشبكة " لمجتمع المعلومات"، وزيادة الطلب على الإذاعة (جالبرين ٢٠٠٤)، وقد انعكست تلك البدايات في الفترة ما بين ١٩٧٠ و ١٩٨٠؛ حيث فقد مصنعو الإلكترونيات الأوروبيون حصتهم في التصدير لليابان والدول الصناعية الجديدة newly industrialization countries (NICs) بجنوب شرق آسيا، وتم الاعتقاد في تطوير البث الرقمي كمشروع أوروبي، وبالتالي فإن إحلال المستهلكين لكل أجهزة الاستقبال التماثلية سيحدث زيادة في القطاع الأوروبي الاستهلاكي CE مما يفتح المجال إلى السوق العالمية، وقد تم الإعلان عن هذا بوضوح في العرض المقدم إلى الاتحاد الأوروبي ليورिका ١٤٧ مشروعا حيث تم عرض تطور البث الرقمي الصوتي (يورिका ١٩٨٦).

وبعد اعتماد هذا الاتفاق، سيتم فتح الطريق أمام الصناعات الترفيهية الإلكترونية الأوروبية لتخلق سوقا للمنتجات الجديدة من سيارات ووحدات البث الصوتي المحلي. وبالتالي سيشجع هذا مصنع الميكرو-إلكترونيات الأوروبي على الابتكار. وسيتيح الشكل الجديد للبث الصوتي الرقمي توازنا طويل الأمد من أجل

زيادة هيمنة دول الشرق الأقصى في قطاع إلكترونيات المستهلك، وكوسيلة جديدة لتنظيم الإذاعة، سيفتح نظام البث الصوتي الرقمي أسواقا جديدة للبث في مجالي التغطية والخدمات (تشغيل خدمات الاتصال المشروط)، والأهم من ذلك هو خلق أسواق جديدة للمنتجات المهنية والاستهلاكية، فهناك فرصة جيدة من أجل تبني عالمي لتلك الأنظمة المبتكرة. ونتيجة لعدم التوافق مع الأجهزة الحالية (AM, FM)، يجب على المستهلكين الحصول على أجهزة استقبال جديدة، وعلى جهات الإرسال أيضا إحلال شبكات إرسال جديدة أيضا .

ولكن هذا التحفيز للإرسال الرقمي لم يكن ذا تأثير في الولايات المتحدة ؛ حيث لم يكن هناك دورا كبيرا لصناعات الأجهزة الاستهلاكية، وأصبح هناك عجزا كبيرا، على سبيل المثال، في تلك البضائع بلغ أكثر من ١٠ مليار دولار في عام ١٩٨٨ (جاليرين ٢٠٠٤: ٣٠)، أما بالنسبة للعامل الثاني، وهو تدعيم فكرة "مجتمع المعلومات" ؛ فقد كان المحرك لجانبي الأطلنطي، حيث كانت هناك آمالا في خلق مجتمع غني بالمعلومات والفرص التي تأتي بها تكنولوجيا الاتصالات، والتوسع في أنظمة الكابلات التليفزيونية، وخاصة في الولايات المتحدة كما في المملكة المتحدة (انظر الفصل السابق). وبنهاية عام ١٩٨٠، كان من الواضح أن الكابلات التليفزيونية لم تقدم الخدمات الوفيرة التي كانت متوقعة، ففي المملكة المتحدة، ظلت نسبة الكابلات التليفزيونية قليلة، وتعد الإشارات الرقمية المستخدمة في البث الرقمي للفيديو بطبيعتها متوافقة مع خدمات البيانات الأخرى، ولذلك قدم التليفزيون الرقمي الأرضي فرصا جديدة لاستكشاف بعض الوعود التي فشلت الكابلات في تحقيقها، وبنسبة إحلال بلغت ٩٩ بالمائة للتليفزيون التماثلي، أكد التحويل للنظام الرقمي الرؤية العالمية. وبحلول عام ١٩٩٠، أصدر جورج جيلدر كتابا بعنوان "الحياة بعد التلفاز"، بينما ردد هامفريز ولانج مشاعر الكثيرين في أنه "يعد التليفزيون الرقمي أحد أركان مجتمع المعلومات" (١٠: ١٩٩٨). فقد أصبح التليفزيون الرقمي جزءا من "طريق المعلومات السريع"، والرائد لعجلة التطور التي نشأت في الولايات المتحدة وأوروبا. حيث أعدت إدارة كليتون خطة عمل

البنية التحتية للمعلومات بالولايات المتحدة في عام ١٩٩٣، في حين كون الاتحاد الأوروبي ورشة عمل بقيادة المفوض مارتين نيامين، والتي أصدرت تقريرها في العام التالي، ويتم شرح فكرة مجتمع المعلومات بالتفصيل في الفصل الثامن.

وكان الحافز الثالث هو الضغط على أجهزة الراديو الحالية، بهدف إلغاء البث التماثلي تماما عند الانتهاء من التحويل إلى البث الرقمي، ففي المملكة المتحدة على سبيل المثال، يتوقع أنه عند الانتهاء من البث التماثلي سوف تتاح مساحة ١١٢ ميغاهيرتز للاستخدامات الأخرى، ومنها استخدامات المحمول (Ofcom). (18: 2006a وعلى سبيل المقارنة، فإنه بعد تحرير موجة الـ VHF من خلال إطفاء الإذاعة التماثلية لصالح البث الرقمي الصوتي، فإن الموجة لن تكون ذات قيمة تذكر لأنها أقل قيمة بسبب خصائص الانتشار المحدودة وقلة المساحة. وبالنظر إلى المناقصة التي عقدت في مارس ٢٠٠٩ لخمسة من شركات الهاتف المحمول والمزايدة التي تمت بمبلغ ٢٢.٥ مليار جنيه إسترليني من أجل الحصول على ترخيص تقديم خدمات الجيل الثالث للهاتف المحمول بالمملكة المتحدة، جاءت المناقصة بقيمة أكبر خمس مرات مما كانت تتوقعه الحكومة.

وبشكل عام، حتى وإن لم تكن جهات الإرسال هي المبادرة بالدفع إلى البث الرقمي، فإن الحكومات (وصناعة الإلكترونيات) لديها أسباب كافية للمضي قدما في تطويرها.

البث الرقمي الأرضي في المملكة المتحدة:

في السنوات الأولى من البث الرقمي، جاءت المملكة المتحدة على رأس قائمة التليفزيونات الرقمية بين دول أوروبا، وكان هذا على أساس الانتقال المبكر من مشاهدي القنوات الفضائية التماثلية، ومن بعده النمو الملحوظ في التليفزيون الرقمي الأرضي Digital Terrestrial Television (DTT). ثم جاءت بعد ذلك الولايات المتحدة بمستوى أقل قليلا، بينما كان للمشاهدة الرقمية الأرضية نسبة ضئيلة لوجود معظم التليفزيونات الرقمية التي تنتقل عبر الكابل والأقمار الصناعية، ولذا تعتبر المملكة المتحدة رائدة النجاح في الخدمات الرقمية الأرضية،

وكانت الإذاعة أقل نجاحا من التلفزيون في كل مكان، ولكن مرة أخرى كانت المملكة المتحدة جنبا إلى جنب مع الدنمارك، تحترف إذاعة البث الرقمي الصوتي.

ولكن ماذا يكمن وراء هذه الدفعة السريعة نسبيا ؟ في أغسطس ١٩٩٥، قامت الحكومة بنشر ورقة بيضاء تحدد فيها خطة البث الرقمي الأرضي (DNH 1995).

وكانت ثمة اختلافات طفيفة بين مقترحات التلفزيون والإذاعة ؛ ففي التلفزيون، كان تخصيص ست قنوات تردد لحمل الموجات المتعددة، وكان التقدير في حينه بأن كل موجة متعددة سوف تستوعب ثلاث قنوات تلفزيونية، أما بالنسبة لترتيب شبكات التردد الأحادية فقد كانت تعني إتاحة ١٨ قناة تلفزيونية بدلا من أربع (أو خمس في بعض المناطق) لخدمات التماثلية، رغم أنه لن تستطيع كل الموجات المتعددة تغطية البلاد بالتساوي بسبب بعض الترددات التي تشغلها التلفزيونات التماثلية، وقد تم إتاحة آليات الاتصال المشروطة حتى يتم تشغيل خدمات الاشتراك للتلفزيونات الأرضية للمرة الأولى، ورغم أنها كانت تعمل بالفعل على الأقمار الصناعية والكابلات. وجاء التغيير الأكبر بتنظيم تشغيل الموجة المتعددة، وتشغيل شبكات البث الرقمي. وكما ذكر آنفا، فإن الموجات المتعددة لنظام البث الرقمي يجب تشغيلها بواسطة طرف ثالث، غير أن الورقة البيضاء اقترحت أنه سوف يتم منح رخصة تلك الموجة - بواسطة مركز التجارة الدولية ITC - للمنظمات التجارية التي سوف ترغب في تشغيلها بغرض الربح، وبتحميل جهات الإرسال تكاليف نقل المحتوى، وبعيدا عن التنظيم المحدود لشروط اللياقة والتحيز السياسي، وبدلا من قيام المنظم أو جهة الإرسال بتشغيل الموجة المتعددة، فسوف يقوم مشغلو الموجات المتعددة الجديدة بتخصيص مكان مناسب لمقدمي القنوات الفضائية مثل B Sky B، وشركات الكابل التلفزيوني التي لم تنشئ برامج البرمجة الخاصة بها، ولكن تعاقدت مع مقدمي خدمات النقل.

وبرغم وجود بعض الأحكام في المقترح الذي تضمن حمل القنوات الأرضية الحالية على الموجات المتعددة، فإن جهات الإرسال العاملة مازالت بحاجة إلى دفع رسوم تجارية عن هذا التحميل، وكونها مثقلة بالتزامات الخدمة العامة قد سمح

لمشغلي الموجات المتعددة بحمل أية برمجة إضافية دون قيد بنفس الطريقة التي تم بها عدم تنظيم خدمات الكابل والأقمار الصناعية. وقد أدى هذا إلى رضاء السوق الحرة بقيادة حكومة تاتشر، حيث إنه تم تشغيل المحاور الثلاثة: الأرضي والفضائي والكابل على الأساس نفسه، كما انتهى الارتباط التاريخي بين التليفزيون الأرضي وموفر الخدمة العامة، فقد أصبح لجهات الإرسال العامة الحرية في الاتفاق مع مشغلي الموجات المتعددة على حمل أية قنوات إضافية قد يرغبون في إطلاقها دون الحاجة إلى التنافس مع أي مقدم خدمة آخر، وفي سياق ملحوظ وللمفارقة في مبدأ خدمة البث العام، فقد تحدد لإذاعة الـ BBC مكانها المضمون على الموجة المتعددة التي تتمتع بأكبر تغطية جغرافية، بينما جاءت ITV و Channel 4 في ثاني أكبر موجة متعددة واسعة التغطية، ولكن حدث رفض قاطع من جهات الإرسال الأصلية التي تم الاتفاق معها على إتاحة موجة تردد متعددة لكل منهم، ولكن بإتاحة ست موجات متعددة فقط بتخصيص موجة لكل مرسل، فإن هذا يعني أن الإرسال الرقمي الأرضي سيكون بين يدي ست جهات إرسال فقط، وسيكون لكل جهة ثلاث قنوات تليفزيونية فقط، ولكن لم يكن هذا ليذهب بعيدا بالحكومة في بداية البث الرقمي التليفزيوني مع السماح بالتنافس وزيادة عدد المنافسين من الوافدين الجدد، ولذلك كان النموذج المتبع هو نفسه الذي كان في تليفزيون الكابل والأقمار الصناعية، ولذلك كان من الواضح أن تقديم خدمة البث الرقمي التليفزيوني DDT سوف تمثل تعديلا جذريا لصناعة البث في المملكة المتحدة، نظرا لأنه في ذلك الوقت كان التليفزيون الأرضي هو المنبر (ما بين ٢٤ مليون بيتس بالمملكة المتحدة في عام ١٩٩٥، مليون يستخدمون الكابل وأكثر من ثلاثة ملايين مستخدم لشبكة B Sky B).

واختلفت الأمور بالنسبة للراديو؛ حيث كان لازال بحاجة إلى نظام جديد، بالإضافة إلى صاحب الرخصة التجارية للموجة المتعددة، والذي سيكون بالأغلب حرا في التعاقد مع أية محطة إذاعية يرغب بها، ولكن هذه المرة، تم منح شبكة الـ BBC التحكم بموجتها المتعددة، التي كانت تتوقع أن تصبح أكبر تغطية

جغرافية، وكجهة إرسال محلية تحمل خمس محطات إذاعية، فقد كان من الطبيعي أن تكون لمحطة الـ BBC السيطرة على التردد الخاص بها (بواسطة خمس محطات تملأ الموجة المتعددة بغض النظر عن إضافة بعض المحطات الأخرى لاحقاً)، وقد بدأت الـ BBC البث التجريبي الإذاعي، وقد لاحظت الحكومة أن الخدمة العامة التي تقدمها الـ BBC تتمتع بدرجة عالية من التميز، وخاصة في مجال البرمجة الفنية والصوتية، والإذاعة التجارية التي كانت تسيطر عليها موسيقى البوب والروك، وهكذا أصبحت المكانة الإذاعية للـ BBC مؤمنة بين بقية الإذاعات، مع بعض التركيز على إطلاق الإذاعة التجارية أيضاً، وكان من المفترض أيضاً وجود شبكة متعددة محلية مخصصة من أجل الإذاعة التجارية، بينما تبقى أربع شبكات ذات تردد متعدد من أجل الإذاعة المحلية التي تأخذ الطابع الشعبي وترتبط في شكلها بالإرسال التماثلي القديم (وبقي تردد متعدد لم يتم تخصيصه لجهة معينة في ذلك الوقت)، وبالموضع في الاعتبار الحاجة إلى تشغيل الموجات المتعددة المتجاورة على ترددات مختلفة، فقد عنى هذا التنظيم إلى استقبال المستمع للمحطات على موجتين محليتين وأخرتين إقليميتين (رغم استقبال أحد المستمعين لموجة محلية وآخر لثلاث موجات)، وقد كان يتوقع أن معظم المستمعين الذين سيحولون إلى البث الرقمي سوف يستقبلون ما يقرب من نصف المحطات التي كانوا يستقبلونها على النظام التماثلي مع حمل كل موجة لخمس أو ست محطات إذاعية (بحيث تحمل الموجة المتعددة حالياً من ثمان إلى عشر محطات وهو ضعف العدد المتاح لمعظم المستمعين). وباستثناء موجة الـ BBC، فقد تم تشغيل كل الموجات بواسطة شركات تجارية كما حدث في التلفزيون الرقمي، مع تخصيص مساحة على الموجات التجارية المحلية لثلاثة من أكبر المحطات التجارية بالمملكة المتحدة، بينما حجزت الـ BBC مساحة من أجل الإرسال الإذاعي المحلي، وهكذا كان التنظيم ضئيلاً، وكانت المحطات الإذاعية بحاجة إلى الاندماج في عقود تجارية مع المشغل أو مقدم الخدمة المحلي.

ومع الوقت تحولت مقترحات الورقة البيضاء إلى تشريع في عام ١٩٩٦، تحت قانون الإذاعة مع تغيير بسيط، وبالرغم من المظاهرات التي قامت بها الجهات

الإذاعية القائمة، لم يتغير الطابع التجاري لنظام الترخيص بالرغم من إعطاء الـ BBC حق التحكم بموجاتها، وأيضا ITV و Channel 4 إدارة مشتركة للموجة الثانية، أما القناة الخامسة التي كانت على وشك الانطلاق كخدمة جديدة للتلفزيون الأرضي التماثلي، فقد تم منحها نصف مساحة الموجة الثالثة، وبقي ثلاثة ونصف موجة غير محددة قام المركز التجاري الدولية بالإعلان عنها في مزاييدة علنية. وجاء التقدير النهائي بأن كل موجة ستحمل ست قنوات تلفزيونية بدلا من ثلاث بمجموع ٣٦ قناة بالمملكة المتحدة، وبالتالي، وبعد تطبيق مرحلة النظام الرقمي، فستزيد مساحة التلفزيون الأرضي بمعدل أكثر من سبع قنوات، ومن المؤكد أنه يمكن استخدام نفس تقنيات ضغط البيانات في البث الرقمي التلفزيوني مع منصات الأقمار الصناعية والكابل بمعدلات مماثلة للتوسع، وقد أعلنت شبكة بي سكاي بقيادة ديفيد إلستين في مؤتمر الصناعة - مارس ١٩٩٥ عن نية جهات البث في توفير ١٠٠ قناة على موقعها المقترح للخدمة الفضائية الرقمية في عام ١٩٩٦، تزيد إلى ٢٠٠ في غضون عام. لذلك لن يتنافس البث التلفزيوني الرقمي مع الأقمار الصناعية الرقمية على قناة واحدة؛ بل سيأخذ الإرسال الرقمي منصة القنوات المتعددة، لكن تتمثل المشكلة في أن مشغلي الخدمة الجدد والقائمين على إدارة الموجات المتعددة للبث التلفزيوني الرقمي وخدمة التلفزيون المدفوع من شأنهم أن يقدموا بديلا منافسا لشبكة بي سكاي، التي كانت لها الهيمنة على سوق التلفزيون المدفوع في ذلك الوقت، مما مثل مصدر قلق للحكومة.

ولم يكن الانتقال إلى التلفزيون الرقمي سلسا؛ فقد أعلنت شبكة بي سكاي عن إطلاق وشيك لخدمات الأقمار الصناعية الرقمية، مسببة قلقا لجهات الإرسال الأرضي، وقد منح مركز التجارة الدولية ITC التراخيص لثلاثة من الشركات البريطانية للبث التلفزيوني الرقمي هي: BDB (British Digital Broadcasting) المملوكة لاثنتين من شركات ITV، وشركتي كارلتون وغرناطة، مع البرمجة التي يتعين تقديمها بموجب عقد مع شبكة بي سكاي، أما النصف المتبقي فقد مُنح لـ S4C، وهي شركة تابعة للشركة التي أدارت الإرسال التماثلي

للقناة الأرضية باللغة الويلزية)، وكان من المفترض منح التراخيص الثلاثة لشركة واحدة، وبالتالي الوصول إلى أرشيف لأصول البرمجة، ليصبح إرسال ال DTT في أيد أمينة، وحتى يمكن للحكومة أن تبدأ التفكير في التحول الكامل إلى التلفزيون الرقمي في المملكة المتحدة، في عام ١٩٩٩، أعلنت وزيرة الثقافة كريس سميث المعايير اللازمة لإطفاء النظام التلفزيوني التماثلي الأرضية بالمملكة المتحدة، وهي كالتالي :

(١) يجب أن تطابق الخدمات الأرضية الرقمية التغطية التماثلية، أي ٩٩.٤ في المائة من السكان.

(٢) أن ٩٥ في المائة من الأسر ينبغي أن تكون معدة لاستقبال إرسال (وإن كان ذلك مع ٧٥ في المائة من الأسر التي تمتلك اثنين أو أكثر من أجهزة التلفزيون).

وتشير التقديرات الأولية إلى أن هذه الظروف قد تحدث بين عامي ٢٠٠٦ و ٢٠١٠. وقد بدأ نظام الإرسال DBD أو On Digital في ١٥ نوفمبر ١٩٩٨، بعد ستة أسابيع من إطلاق شبكة بي سكاى للبث في ١ أكتوبر، في حين أن محطات البث الأرضية القائمة أيضا بدأت بحلول نهاية ذلك العام.

أما المعركة التي دارت حول منح التراخيص في عام ١٩٩٧، فلم تكن سوى جزء من الجدل حول DTT أو ما يسمى بالوصول المشروط لوسائل تشفير إشارات التلفزيون الرقمية، حتى أن بعض القنوات لا يمكن مشاهدتها إلا من خلال الاشتراك، وكانت شبكة بي سكاى هي الرائدة في مجال الاشتراك التلفزيوني، حيث سيطرت على استخدام نظم ال CA في المملكة المتحدة، وقد توقعت الحكومة أن جميع نظم ال CA ستكون قابلة للتشغيل المتبادل، حتى أن العميل يمكنه استخدام التلفزيون الرقمي وجهاز استقبال، وكانت ال BBC وبعض محطات البث الأرضية الأخرى المعنية ترى أن شبكة بي سكاى ستكون الأولى في إطلاق الخدمة الرقمية، وأن نظامها CA سيصبح المعيار الواقعي، وأن هذا قد يساعد القنوات الخاصة على حساب الآخرين، حتى أنهم حثوا الحكومة على الموافقة بحلول عام ١٩٩٨، ومع ذلك فقد غيرت حكومة توني بلير الجديدة خطة الحكومة

(بعد أن تم انتخابه في مايو ١٩٩٧) في شبكة بي سكاي والأخبار الدولية؛ لتعود ملكيتهما للصحيفتين البريطانيتين اليوميّتين اللتين كانتا يدعمان حزب العمال الجديد في الانتخابات)، حيث سمح لها بإطلاق خدمتها مع النظام الخاص CA إلى جانب نظام On Digital، وكان من المفترض أنه على الأرجح أن يختار المشاهد الحصول على خدمة واحدة فقط كإستراتيجية للتسويق، وفي أوائل عام ١٩٩٩، بدأت شبكة بي سكاي في توفير معدات حرة (صحن وجهاز فك الشفرة) للعملاء لمدة ١٢ شهرا، شريطة أن يكون متصلا بخط هاتفي (للسماح لعدد محدود، ولكن أيضا يحتمل أن تكون نقطة اتصال). أما نظام On Digital فقد اضطر إلى متابعة تقديم عروض مقابل الحصول على اشتراك جديد، كانت هناك تقارير دقيقة عن حالات استقبال DTT ضعيف وتجميد للشاشات، ولذلك، فإن زيادة التردد إلى الإشارات الرقمية تساعد على التغلب على عيوب الإرسال، ويطلق مصطلح الترخص على وصف معدل المشتركين الجدد الذين يرغبون في إلغاء الخدمة بعد بضعة أشهر، وبصفة خاصة في نظام On Digital، والذي يعكس عدم الرضا عن الخدمة. وفي أبريل ٢٠٠٢، خسرت المنظومة بسبب دفع مبالغ كثيرة من أجل حقوق إذاعة لمباريات كرة القدم وأفلست القناة، وبحلول هذا الوقت، وصل عدد المشتركين إلى ١.٢٥ مليون مشترك (باستخدام القمر الصناعي ٥.٨ متر) في نظام الـ ITV الرقمي. وبينما لم يعد المشاهدون يستطيعون مشاهدة القنوات الرقمية؛ إلا أنهم كانوا يستمرون في استخدام باقاتهم لمشاهدة الخطوط الجوية مثلا بما في ذلك القنوات الرقمية التي تقدمها BBC، ففي الواقع، إن هذه الباقات لا تنتمي إلى الأعضاء، ولكن تم إضافتها على سبيل الإعارة منهم من قبل القناة الرقمية، وقد طلب من الأعضاء السابقين أن يعيدوا أجهزة فك الشفرة. وغني عن القول أن عددًا قليلا جدًا هو من فعل ذلك، هذا التفكك في خطط الانتقال إلى التلفزيون الرقمي يلزمه إجراءات علاجية عاجلة، وكانت بريطانيا لتصبح رائدة العالم في مجال التلفزيون الرقمي والاتصالات الرقمية بشكل أعم (فريدمان ٢٠٠٣)، وقد تم سؤال ITC أو مركز التجارة الدولية عن إعادة الإعلان عن تراخيص الموجات المتعددة، وتم منحها في غضون ستة أسابيع (Galperin 2004 : 224). كان هناك تنافس بين

جهتين : كارلتون من ناحية، وهيئة الإذاعة البريطانية، وشبكة بي سكاي اللتان انتقلتتا تحت مظلة شركة كراون القلعة من ناحية أخرى، وقد تم تقديم ذلك إلى جانب الخدمة الجوية، أما مركز التجارة الدولي ITC، والذي كان قد اتهم بالإفراط في الحذر في منح تراخيص الـ DBD الأصلي في عام ١٩٩٧، يمكن أن يغفر له الآن لكونه فائق الحذر (بالإضافة إلى زوال القناة الرقمية، وانحياز التناظرية)، وعندما قدمت الجائزة إلى ما أصبح يعرف باسم إكسس، فوجئ عدد كبير من المشاهدين في جلسة أكتوبر ٢٠٠٢ بالمفاجأة، وذلك بفضل ترك مئات الآلاف من أجهزة الاستقبال في بيوت الناس، (خدمات الكابل في مثل هذا الوقت لم تعد منذ زمن طويل لتوسيع تغطيتها، ولذا فإن أرقام الاشتراك قد وصلت إلى أعلى مستوياتها) وفي وقت مبكر من عام ٢٠٠٣، نمت الخدمة بمعدل أسرع من الأقمار الصناعية على حد سواء، بينما تلاشت خدمات الكابل، وبنهاية ٢٠٠٧، كانت نسبة ٩.٦ من المنازل في المملكة المتحدة قد استعدت لاستقبال المعدات (التلفزيون الرقمي أو جهاز فك الشفرة)، وحوالي ٩.٤ من الأسر قامت بشراء الأقمار، في حين تم إضافة ٥.٧ كانوا يستخدمون أجهزة الاستقبال مع التلفزيونات الثانوية بالبيت في حين أن لديهم بالفعل الكابل أو خدمة القمر الصناعي في التلفزيون الرئيس. (Ofcom 2008) ففي وقت قصير بلغ عدد المنازل التي كانت مجهزة للبث التلفزيوني الرقمي في المملكة المتحدة حوالي ٢٢.٢ مليون، أو ٨٧ في المائة من المجموع، بينما ظلت الحكومة في جدل حول الجدول الزمني لإنهاء البث التماثلي وبداية التحول التدريجي إلى البث الرقمي ما بين عامي ٢٠٠٨ و ٢٠١٢.

الإذاعة الرقمية:

لقد تحدثنا كثيرا عن البث التلفزيوني الرقمي، ولكن ماذا عن الإذاعة الرقمية؟ كما لوحظ في المملكة المتحدة، يعتبر البث الإذاعي في حد ذاته قصة نجاح كما هو الحال بالنسبة للبث التلفزيوني الرقمي، على الرغم من أن القصة مختلفة قليلا، وقد تم التخطيط للبث الإذاعي الأرضي الرقمي استنادا إلى نظام البث التلفزيوني الأرضي، حيث تحمل الموجات المتعددة عدداً من محطات الراديو كل على حدة، على

أن يتم تشغيل واحدة على هيئة الإذاعة البريطانية، بينما يتم تشغيل الآخرين بترخيص للشركات التجارية لعمل عقود مع محطات إذاعية لتنفيذ خدماتهم، ويرجع السبب الرئيس في أن بعض الموجات قد تم تكوينها لتغطية المناطق المحلية فقط، أي لحمل المحطات الإذاعية المحلية، مما يعكس وجود فوارق جغرافية بين التليفزيون والإذاعة، وتجدر الإشارة إلى أن نوعية إرسال ال DTT يمكن أن تحمل بالطبع برمجيات الإرسال التليفزيوني المحلي من خلال بث محتوى مختلفا من أجهزة الإرسال، وحتى البرامج الإخبارية الإقليمية، أما التليفزيون، فقد كان مخطط على أساس تغطية وطنية، في حين أن الإذاعة التماثلية في المملكة المتحدة تتألف من مزيج من التغطية الوطنية والمحلية لهيئة الإذاعة البريطانية المسيطرة الإذاعة الوطنية، بينما الإذاعة التجارية تغطي خدمة المناطق المحلية.

وقد بدأت إذاعة ال BBC بث الموجة DAB في سبتمبر ١٩٩٥ جنبا إلى جنب مع جهات الإرسال الأخرى في عدد من البلدان الأوروبية بعد أيام من نشر الحكومة للورقة البيضاء، ومع ذلك، لم يتم بالتشغيل سوى عدد قليل من جهات الإرسال دون جهات استقبال تجارية، وبالطبع لم يكن هناك مستمعون، على الرغم من التقارير الصحفية التي ظلت تبشر بعصر جديد للتكنولوجيا الإذاعية، وكما هو الحال غالبا في تاريخ التكنولوجيا، فقد ظل الراديو متفوقا على التليفزيون في إدخال الابتكار، ولكن البدايات الحقيقية لإرسال ال DAB جاء في المملكة المتحدة، عندما قدمت آليات الترخيص لقانون البث التي أدخلت في عام ١٩٩٦، وتم وضعها موضع التنفيذ في أول إرسال DAB متعدد، وتم الإعلان عن تغطية محلية لمقدمي العطاءات المرشحين هذه المرة، والذين كانوا على استعداد لدفع أي مبلغ نقدي للحصول على الترخيص، فضلا عن التحكم في المعايير التي تضمن تعزيز الإذاعة الرقمية وإدخال خدمات مبتكرة عليها، ولم يكن هناك سوى عرض واحد للحصول على الترخيص، وهو المقدم من الشركة GWR والمعروف باسم Digital One، وهي المسيطرة والتي كانت شريكا في مجموعة غينيس، فهي واحدة

من أكبر شركات الإذاعة التجارية التناظرية في المملكة المتحدة، كما تمتلك عددا من المحطات في جميع أنحاء البلدة، بما في ذلك المحطة المحلية والكلاسيكية وال-FM.

وقد منحت الرخصة في أكتوبر ١٩٩٨، وبدأت البث في وقت لاحق من العام، فهي تحمل جهات الإرسال الخدمية التجارية (كلاسيكية و FM، وحديث الراديو وفيرجن)، مع اثنين من المحطات الجديدة، وقد أضيفت أربعة محطات أخرى على مدى الأسابيع القليلة التي تلت ذلك، غير أنه أشارت التقديرات إلى أن عدد أجهزة الاستقبال التي تم بيعها كانت أقل من ٣٠٠٠ جهاز، وذلك بالمقارنة مع ما يقدر بنحو ١٠٠ مليوناً من مستقبلات الإشارات التماثلية بنهاية عام ١٩٩٠.

وقد تم منح المزيد من التراخيص المحلية، وبحلول نهاية عام ٢٠٠٣ وبعد انتهاء المرحلة الأولى من عملية الترخيص، وصل المجموع إلى ٤٨ موجة متعددة، ما بين موجتين وطنيتين و ٤٦ موجة محلية، ويعني هذا أن حوالي ٨٥ في المائة من سكان المملكة المتحدة كانوا قادرين على استقبال إشارات البث الإذاعي الرقمي في معظم الأوقات، كما كان متوقعا في الكتاب الأبيض لعام ١٩٩٥، أما الموجات المتعددة الوطنية والمحلية، فقد تم تقديم ما مجموعه بين ٣٠ و ٤٠ محطة. ومع ذلك، فشلت مبيعات أجهزة الاستقبال في مواكبة هذا النمو في التغطية والبث الإذاعي الرقمي، وأصبح هناك شكوكا حول نجاح الموجة المتعددة، وقد أعرب المدير السابق لإذاعة BBC عن شكوكه قائلا: إن تجربة الإذاعة الرقمية على مدى السنوات الخمس أو الست الماضية كانت عسل الغد وعصيدة اليوم، إلا أن التفاؤل المبدئي قد تحول إلى سخرية نتيجة عدم الدقة في الماضي. (بانستر ٢٠٠١)

وكانت واحدة من أكبر الصعوبات التي كان ينظر إليها هي التكلفة العالية لأجهزة الاستقبال بالمقارنة مع نظرائها من الأجهزة التماثلية، وقد تم إنتاج أجهزة استقبال البث الإذاعي الرقمي بواسطة مصنعي الإلكترونيات الرائدة، في مشروع مشترك بين شركة Digital One وشركة Imagination Technologies لإنتاج أجهزة الاستقبال والتي بلغ سعر الواحد منها ٩٩ جنيه إسترليني في يوليو ٢٠٠٢، لتكون أقل من نصف سعر أجهزة الاستقبال الموجودة، وفي الوقت نفسه، تم إضافة

خمس محطات للشبكات الخمس المتعددة المتاحة لهيئة الإذاعة البريطانية، بما في ذلك BBC7 لتتكون أساساً من أرشيف التسجيلات، الكوميديا، والدراما، بالإضافة إلى بعض المواد الجديدة، وقد أثبتت BBC7 شعبية مع مجموعة سكانية معينة، وهي على الأرجح الطبقة المتوسطة، وبدأت مبيعات أجهزة استقبال البث الإذاعي الرقمي في الزيادة. وثمة عامل آخر، يتمثل في مدى توافر هذه المحطات الجديدة على منصات التلفزيون الرقمي مثل : شبكة بي سكاي، وشركات الكابل، وفري فيو، بالإضافة إلى القنوات التلفزيونية والتي شملت BBC7 الرقمية وغيرها من محطات البث الإذاعي الرقمي فقط، وقد أظهرت الأبحاث أنه في عام ٢٠٠٦، استمع ٣٩ في المائة من السكان إلى المحطات الإذاعية الرقمية من خلال التلفزيون الرقمي، مما دفع البعض إلى الذهاب وشراء جهاز استقبال البث الإذاعي الرقمي من أجل أن يكون قادراً على الاستماع لهم في أماكن أخرى، وأخيراً، بدأت جهات الإرسال ومشغلو الخدمة في استعادة الثقة بشأن مستقبلهم، على الرغم من اهتزاز الثقة في أوائل عام ٢٠٠٨ بقرار من المملكة المتحدة- أكبر مشغل للإذاعات التجارية الانسحاب من جميع التزاماتها الرقمية، وقد أبطأ نمو التلفزيون الرقمي في نهاية عام ٢٠٠٧، حيث إن ٢٢ في المائة من البالغين في المملكة المتحدة كان لديهم أجهزة استقبال الـ DAB في المنزل، مقارنة بـ ٨٧ في المائة من المنازل مع التلفزيون الرقمي، وبالرغم من ذلك، كانت هناك زيادة كبيرة تمثل ١٦ في المائة في العام السابق (Rajar 2008)، وهو يمثل أعلى مستوى للملكية الإذاعية الرقمية في العالم، وإذا كان مزايا الحصول على الراديو من خلال التلفزيون الرقمي لا تحصى، فإن هذا ما يجعل المملكة المتحدة تصل إلى هذه المستويات المرتفعة نسبياً للملكية بالمقارنة مع بلدان أخرى، نتيجة وجود عوامل معينة، ولكن هناك بعض الخلافات الواضحة التأثير (Lax et al. 2008) وكان ترتيب الترخيص في المملكة المتحدة يعتمد على السابقة في أعمال التلفزيون وفي اعتماد نهج الحد الأدنى من التنظيم، وقد اختيرت الإذاعة التجارية المحلية لتتخصص في للبث الإذاعي التجاري ؛ حيث لم تعد للـ BBC السيطرة على الإذاعة المحلية وحدها (وقد منحت جائزة المرحلة الثانية من الترخيص في عام ٢٠٠٧). في حين أن الزيادة في الخدمات الإذاعية

المحلية قد تم تشييعها بالإذاعة التجارية، وقد بدأ التحرر من الإذاعة التماثلية بالفعل في عام ١٩٩٠، وبدأ تطبيق المجال الرقمي، وفي حين أنه في النظام التماثلي كان دور الإذاعة في تنظيم الترددات والمحتوى شبه منعدم، كما كان الحال مع الإذاعة الرقمية التي كانت محدودة أكثر مع منح الرخص بواسطة مركز التجارة الدولية ITC ، كان من الصعب تماما تنظيم المحتوى في التلفزيون بسبب القيود المفروضة على ملكية الرخص ؛ وقد تم تخفيف هذه القيود في أوائل عام ١٩٩٩، كما تم الإعلان عن عدد من تراخيص الموجات المتعددة، وكان ثلث الشركات بلا منافس حيث تلقت كل واحدة منهم عرضا واحدا. في جميع الحالات، تم منح تراخيص لأكثر خمس إذاعات تجارية في القطاع التماثلي. فقد كانت الشركات التجارية العاملة هم أنفسهم أصحاب جهات إرسال الـ DAB، وقد تم منح تراخيص البث الإذاعي للشركات المهيمنة على الإذاعة التجارية من أجل التوازن بين الخدمة العامة والمصالح التجارية التي تحولت بشكل ملحوظ في المجال الرقمي (Lax 2007 a)، وقد تم تقديم مزيد من الحوافز لشركات الإذاعة التجارية للاستثمار في مجال الـ DAB، وشملت عقد تمديد لمدة ١٢ عاما، وقد شجعت هذه الحوافز التجارية الإذاعات للاستثمار وتعزيز موجة الـ DAB جنبا إلى جنب مع هيئة الإذاعة البريطانية من أجل الالتزام، وهو ما يساعد في تفسير موقف المملكة المتحدة الرائد في مجال الإذاعة الرقمية.

البث الرقمي في أوروبا والولايات المتحدة:

التلفزيون:

كما لاحظنا فيما سبق، فإن الطريقة التي تم بها إطلاق البث الرقمي الإذاعي والتلفزيوني توضح لماذا أصبحت المملكة المتحدة تحتل الصدارة بين دول العالم فيما يتعلق بعدد الأسر التي تحولت إلى البث الرقمي، وكان هناك ثمة تباين واسع في مختلف البلدان العالم يوحى بأنه لا يوجد تفسير لعدم الانتقال إلى الإرسال الرقمي، ففي ألمانيا وهولندا، على سبيل المثال، كان الإرسال التلفزيوني يتم عن طريق الكابل بالنظام التماثلي، ومع عدد القنوات المتاحة (١٩ قناة في ألمانيا)، كانت بالتالي

ثمة أعداد محدودة من المنازل التي تدفع اشتراك التلفزيون، وهو ما يجعل من الصعب أن تتحول إلى الإرسال الرقمي، على عكس المملكة المتحدة؛ حيث يوجد عدد مرتفع نسبياً من مشتركى الخدمات التلفزيونية، مما يعني أن مشغلي الخدمة قد ضمنوا استرداد المعدات والتكاليف عن طريق الإيرادات. ولكن هذا لا يعني أن يتم إيقاف الإرسال التماثلي لصالح الإرسال الرقمي بسبب تضرر عدد قليل جداً من الأسر، وفي ألمانيا، حيث لا يوجد سوى ٢ في المائة من الأسر التي تعتمد على الإرسال الأرضي التماثلي؛ لذا سيتم استكمال عملية التحويل في عام ٢٠٠٩، أي قبل ثلاث سنوات من المملكة المتحدة (Ofcom 2006b: 102-3). وفي الولايات المتحدة، تعتمد ٥ في المائة من الأسر على الإرسال التلفزيوني التماثلي، ويخطط لإيقاف هذا في الأول من فبراير ٢٠٠٩، ولا يزال الإرسال التلفزيوني الأرضي التماثلي هو الوسيلة الرئيسة للاستقبال في فرنسا وإيطاليا وإسبانيا، بينما يؤدي تطبيق الإستراتيجيات الجديدة في المملكة المتحدة إلى تشجيع التحول إلى نظام الـ DTT. وكان انهيار نموذج إرسال الـ ITV الرقمي في المملكة المتحدة ليس حدثاً فريداً، حيث تكرّر في العام نفسه في إسبانيا مع شركة Quiero TV، حيث أفلسَت الشركة وتحولت الخدمة إلى مجانية، وفي الولايات المتحدة، ولسنوات عديدة كانت غالبية المنازل تعتمد على اشتراك الكابل أو الأقمار الصناعية، ثم تحولت جميع المحطات الفضائية إلى الإرسال الرقمي، مثل شبكتي: News Corporation's Direc TV و The Dish Network اللتان احتلتا ٢٥ في المائة من البيوت الأمريكية بينهما، إلى جانب شبكات الكابل التي انتشرت بسرعة في ١٩٨٠ قبل الأقمار الصناعية، وأصبحت قوة لا يستهان بها. والآن فإن حوالي ٨٠ في المائة من المنازل في الولايات المتحدة أصبح لديها اتصال عن طريق الكابل (Gomery 2006a: 24).

وقد شمل قانون الاتصالات عام ١٩٩٦ تشريعاً ينص على أن الكابل التلفزيوني لم يعد يعمل مع أجهزة فك الشفرة أو أنظمة الـ CA، وكان الهدف من ذلك هو فتح سوق أجهزة استقبال الكابل حتى تؤدي المنافسة إلى خفض الأسعار مما يصب في مصلحة المشاهدين الذين سيتمكنون حينئذ من استبدال أجهزة

الاستقبال التماثلية بالرقمية، وكان التقدم بطيئاً نسبياً، وبحلول نهاية عام ٢٠٠٥، أصبح أقل من ٤٠ في المائة من أجهزة الاستقبال رقمية (Ofcom 2006b: 130).

أما بالنسبة للإرسال الأرضي التلفزيوني، فإن التحدي كان أكبر؛ فقد كان أقل من واحد في كل عشرة أسري يعتمد على الاستقبال التلفزيوني الأرضي، لكن مهمة التحول إلى الإرسال الرقمي بدت مباشرة، ومع ذلك، فإن الشبكات الأرضية لا تزال تغطي بشعبية كبيرة، وقد استولت على شريحة أكبر من المشاهدين في أوقات الذروة، وفي الواقع، كانت أهمية الشبكات الأرضية أنها كانت سبباً في زيادة السعر الذي يدفعه المعلنون كما أشارت الإحصاءات عام ٢٠٠٤، وفي معظم الحالات، يمكن مشاهدة القنوات الأرضية بالطبع عبر الكابل التابع باستخدام الآريال، وبالتالي، فإن الانتقال من الإرسال التلفزيوني الأرضي والبث التماثلي إلى الرقمي هو عملية ذات أهمية مماثلة لتلك التي في البلدان الأخرى، ويصف جاليرين ٢٠٠٤ عملية الانتقال بسلسلة من المعارك بين صناعة المصالح المكتسبة، والمنظمين، والحكومة، فالترددات التي خصصت للإرسال التلفزيوني منذ ١٩٥٠ لا تزال غير مستخدمة منذ عقود حتى منتصف ١٩٨٠، حيث تم استخدامها للتوسع في صناعة الاتصالات، أو أجهزة الاستدعاء والهواتف.

ومن أجل الحفاظ على السيطرة على هذه الترددات والمحطات الأرضية القائمة، تم إقناع المنظمين بضرورة الحفاظ على تلك الترددات تحسباً لاستقبال الإرسال التلفزيوني عالي التقنية High – Definition Television HDTV، وقد تم تطوير نظام ياباني يعتمد على التكنولوجيا التماثلية، سمي Hi Vision، والذي قدمته شركة NHK، وفجأة تحمست جهات الإرسال بالولايات المتحدة لإقناع المنظمين بالاحتفاظ بالترددات التلفزيونية، وفجأة وجدت شركات الإرسال نفسها في وجه صناعة الإلكترونيات الأمريكية، والتي تفضل الاستثمار في نظام الـ HDTV عن النظام المهيمن في دول الشرق الأقصى، وقد وقفت أوروبا معترضة في وجه الشركات اليابانية في عام ١٩٨٦ (في نفس الوقت الذي تم فيه تبني نظام Eureka كمعادل لهيمنة قطاع الإلكترونيات الاستهلاكية في الشرق الأقصى)، وقد تم إجراء

تطورا طفيفا في نظام الـ HDTV في عام ١٩٩٠ لضغط الإشارات باستخدام التقنيات الرقمية بحيث تناسب مع الموجة ٦ ميغا هيرتز كما سبق أن حدث في الولايات المتحدة. ثم تم طرح ثلاثة أنظمة أخرى في الأشهر التالية (Orlik et al.2007:61). وبالنسبة للمنظم، فقد أعلنت لجنة الاتصالات الاتحادية FCC، أن مستقبل البث التلفزيوني الأرضي سيكون من خلال إدخال التكنولوجيا الرقمية، حيث طلبت الولايات المتحدة من شركات البث استخدام القنوات الرقمية بنظام HDTV، مع الإبقاء على الإرسال التقليدي SD لنقل الصورة باستخدام قنوات رقمية (وإذاعة تماثلية)، ولذلك، فإن التحول إلى التكنولوجيا الرقمية يمكن أن يكون بطيئا، وكان نتيجة هذا التطبيق أن قامت شركات البث بتحديد مساحة إضافية لهذا الغرض، وليس بالغريب أن ترى شركات البث في هذا طريقة مهمة لاستبعاد الوافدين الجدد من البث التلفزيوني الأرضي (الذين سيحتلون مكانا في السعة الرقمية الجديدة)، كما رأت الشركات أن التحول إلى البث الرقمي سيسمح لهم بإطلاق المزيد من القنوات SD عن ذي قبل، وبالتالي، فإن شركات البث الرقمي، محلية كانت أو شبكية، قد تتحول إلى شركات تشغيل متعدد القنوات، كما ستبدأ في التنافس مع شركات الكابل وخدمات الأقمار الصناعية المتطورة، ولذلك فقد رأوا أنه من الضروري مناقشة نموذج التلفزيونات عالية التقنية HDTV لكسب حقوق المزيد من الترددات، بل كان اهتمامهم الأكبر ينصب في الواقع على تأمين الانتقال لتكنولوجيا البث التلفزيوني الرقمي DTT، الذي يعتمد على نظام SDTV لإتاحة المزيد من القنوات، وفي عام ١٩٩٢، تم انتخاب بيل كلينتون / إدارة آل غور للبيت الأبيض، وأصبح "المستقبل الرقمي" على رأس أجندة مجتمع المعلومات لدور التلفزيون الرقمي كمقدم لخدمات الاتصالات الرقمية والبث التلفزيوني؛ لذلك، قامت شركات الإرسال مرة أخرى بتجاهل تكنولوجيا الـ HDTV أو التلفزيون عالي التقنية لصالح الـ DTT أو البث التلفزيوني الرقمي، لتقديم المزيد من قنوات SD والخدمات الرقمية التي لم يعرف بعد طبيعتها.

في نهاية عام ١٩٩٦، وعقب الكثير من الجدل بين شركات الإرسال والقائمين على صناعة الكمبيوتر حول أفضل وسيلة لترقيم ونقل الصورة، قررت لجنة الاتصالات الفدرالية الاعتماد على شكل معين للبث التلفزيوني الرقمي DTT، وتحررت شركات البث من التزامها بتقديم خدمة التلفزيون عالي الجودة HDTV، بينما أصبح المطلوب منها أن تبدأ في إطلاق البث التلفزيوني الرقمي DTT منذ نوفمبر ١٩٩٨، وكانت أهداف لجنة الاتصالات الفدرالية تتلخص في أن جميع شركات البث الأرضي يجب أن تبدأ في استخدام البث التلفزيوني الرقمي DTT منذ الأول من مايو ٢٠٠٢، لتنتهي منه بنهاية عام ٢٠٠٦، ومع الوضع في الاعتبار أن أكثر من ثلثي الأسر كانت تستخدم الكابل كوسيلة الاستقبال التلفزيوني، فإن بداية مرحلة الانتقال من الخدمات الأرضية إلى الرقمية كانت تمثل جزءا واحدا فقط ويستطيع الكابل التلفزيوني أن يحمل الإشارات التماثلية مثلها مثل الرقمية، وكانت جهات البث على استعداد لإذاعة هذين النموذجين من الإشارة، بالإضافة إلى نموذج آخر للقنوات الرقمية فقط. وقد طلبت لجنة الاتصالات الفيدرالية من مشغلي الكابلات أن يتحملوا الإرسال الأرضي للقنوات التماثلية، لكن ماذا ستكون الجدوى الآن من إطلاق البث الرقمي؟ هل يجب أن تحمل شركات الكابل جميع القنوات الرقمية الجديدة؟ ومرة أخرى بدأت الصراعات بين شركات البث ومقدمي الخدمات ولجنة الاتصالات الفيدرالية والمنظمين، ثم تقرر أن تحمل شركات الكابل شكلا واحدا من إشارات البث الأرضي، إما تماثلية أو رقمية، رغم أن شركة البث تستطيع أن تتفاوض مع شركة الكابل لحمل المزيد من القنوات، ولكن الأهم من ذلك هو أنه لو قامت شركة الكابل بحمل إشارة رقمية أو إرسال تماثلي لقناة رقمية؛ فسيحسب هذا لصالح شركة البث التي قامت بإطلاق أول خدمة رقمية، وكما ذكر آنفا، فإن البطء في عملية إحلال أجهزة الكابل الرقمي قد جعل تطور التلفزيون الرقمي أكثر بطئا مما كان متوقعا له، ليتماشى مع الإحلال البطيء لأجهزة الاستقبال الرقمية للتلفزيون الأرضي.

وفي عام ٢٠٠٠ تم بيع ٣٣ مليون جهاز استقبال، ولكن كان عدد ٤٠.٠٠٠ جهاز فقط مناسباً للاستقبال التلفزيوني الرقمي، وكما قال جالبيرين: "مع كل جهاز تلفزيون تماثلي جديد يتم بيعه، هناك خطوة تؤخذ باتجاه إنهاء المحطات التماثلية بحلول ٣١ ديسمبر ٢٠٠٦ (١١٨:٢٠٠٤). وحينما أصبح من الواضح أن معظم شركات البث الأرضي لن تستطيع اللحاق بموعد إطلاق خدمات الإرسال التلفزيوني الرقمي (حيث لحقت ثلث شركات البث فقط في عام ٢٠٠٢)، فقد تم تأجيل تاريخ إنهاء الإرسال التماثلي إلى عام ٢٠٠٩، وبنهاية عام ٢٠٠٥، كان ٩٪ فقط من الأسر بأمريكا تعتمد على الاستقبال التلفزيوني الأرضي، وأقل من نصفهم كانوا يستقبلونه عن طريق الإشارات الرقمية.

الإذاعة :

تعتمد الإذاعة الرقمية الأرضية - مثلها مثل التلفزيون - على عدد من المعايير المختلفة، باستخدام نظام يوريكا للبث الصوتي الرقمي الذي تم الاعتماد عليه على نطاق واسع، ففي الولايات المتحدة كان هناك اتجاه لاستخدام هذا النظام في البداية، ولكنه تغير في النهاية إلى النظام المعروف باسم نطاق القناة (IBOC) In Band On Channel بعد الضغط المكثف من جانب شركات الإذاعة التجارية، ممثلة في الرابطة الوطنية للمذيعين (يستخدم مصطلح DAB في الولايات المتحدة عند الإشارة إلى الإذاعة الرقمية عموماً؛ وفي هذا الكتاب - كما في معظم البلدان - تم اعتماد نظام الـ DAB للإشارة إلى نظام محدد تم تطويره في أوروبا باستخدام برنامج أوريكا).

وقد طورت اليابان في الوقت نفسه نظاماً يعرف باسم خدمات البث الرقمي المتكاملة (Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB، ولا تتوافق الأجهزة الثلاثة مع بعضها؛ فجهاز الاستقبال المصمم للعمل مع نظام الـ DAB لن يعمل مع نظام IBOC أو ISDB، والعكس صحيح، في حين أن هناك معايير أخرى برزت أيضاً في السنوات الأخيرة، وبالرغم من تضارب المعايير القياسية في التلفزيون الرقمي، إلا أن الوضع صحيح أيضاً بالنسبة للبث التلفزيوني التماثلي

المنتشر مثل: PAL، SECAM، NTSC حيث إن تقنيات الإذاعة التماثلية مثل الـ FM والـ AM تعتبر عالمية، ونظرا لقابلية الاستقبال الإذاعي (بالمقارنة مع التلفزيون على الأقل)، فقد ينظر إلى هذا التعارض باعتباره مشكلة، ولكن مازالت الإذاعة الرقمية في طريقها للتطور.

وكما لاحظنا سابقا، وفي أوروبا، فإن هناك اختلافات واسعة في تناول الإذاعة الرقمية الأرضية، حيث تم اعتماد نظام البث الإذاعي الرقمي في جميع أنحاء أوروبا مبدئيا على الأقل، وإن كان لم يتم سوى اعتماد البث في عدد من البلدان مثل المملكة المتحدة وألمانيا وهولندا، جنبا إلى جنب مع النرويج والسويد، وفي حين أن ألمانيا لديها جغرافيا مشابهة للغطية في المملكة المتحدة، إلا أنها لا تملك عددًا كبيرًا من المستمعين ولا يوجد أيضًا مبيعات لأجهزة استقبال التريple، وفي السويد وهولندا تم تعليق تصاريح البث في عام ٢٠٠٦، بينما في فنلندا، تم إغلاق الإرسال تماما، في عام ٢٠٠٥. أما بالنسبة للندن؛ فقد بدأت للحاق بركب مستوى المبيعات في المملكة المتحدة بحلول عام ٢٠٠٦، وفي بقية أوروبا كان الوضع يسير ببطء، وأصبح هناك شبه اعتراف عالمي بأننا بحاجة إلى التقدم نحو التلفزيون الرقمي، حتى وإن سارت المعدلات ببطء، فقد كانت بعض البلدان تساورها الشكوك حول الشكل الذي سيكون ناجحا للإذاعة الرقمية، أو إذا كان هناك إقبال من الجمهور على الراديو الرقمي من عدمه، وقد نجحت إستراتيجيات التسويق للراديو الرقمي نسبيا في بعض البلدان، بنقل التركيز من أساس واحد متميز وهو جودة الصوت؛ إلى أساس آخر وهو عدد محطات الراديو الجديدة؛ والأسواق التي تشبعت بعدد كبير ومتنوع من محطات الإذاعة التماثلية بما أنه في أغلب البلدان لن تجذب الإذاعة الرقمية جمهورا كبيرا، وعلى عكس التلفزيون، لم تقم سوى عدد ضئيل من البلدان بمناقشة توقيت إيقاف الإذاعة التماثلية.

وفي الولايات المتحدة، تم إعادة تسمية نظام IBOC ليصبح HD Radio لأغراض التسويق، كما هو الحال في تسمية الراديو عالي التقنية HD Radio High Definition Radio؛ ليكون مرآة لتطور التلفزيون عالي التقنية HDTV،

وقد بدأ تبني النظام الجديد في عام ٢٠٠٦، وبدأت أجهزة الاستقبال تظهر في السوق، وبدأ اعتماد صناعة الراديو عالي التقنية، ليس بناء على المعايير التكنولوجية؛ ولكن بناء على حقيقة السماح لجهات الإرسال الإذاعي الحالية بالإبقاء على توزيع الترددات واستبعاد الوافدين الجدد إلى السوق .

(Ala-Fossi and Stavitsky 2003)

في هذا الصدد، تم تقديم نظام الراديو عالي التقنية HD Radio بعد النمط المماثل لـ HDTV، مدفوعا برغبة جهات الإرسال الحالية للحفاظ على وضعها المهيمن، وبالتالي الاتجاه إلى الإذاعة الرقمية، ومن المتوقع أن يكون هذا الاتجاه بطيئا بعض الشيء لاعتماده على أكثر من عامل؛ مثل: عدم كفاية الاستقبال الإذاعي التناظري عن تفوق البث الرقمي.

وبنجاح الإذاعة الرقمية بالولايات المتحدة في إطلاق اثنين من خدمات الأقمار الاصطناعية - XM في عام ٢٠٠١، وسيريوس SIRIUS في السنة التالية - وقدمت خدمات الاشتراك بثا إذاعيا خاليا من الإعلانات (فقد كانت بعض المحطات الأرضية تحمل ١٥ دقيقة من الدعاية للساعة الواحدة) ولكن فكرة الـ 'adfree' قد أثبتت فاعليتها، كما عملت على تنظيم المحتوى، على سبيل المثال بانتقال هوارد ستيرن shock jock من البث الأرضي، حيث أدت تلك الزيادة إلى غرامات ضخمة، على الرغم من العقد الذي قدمته Sirius إلى Stern والذي بلغ ٥٠٠ مليون دولار وكان مقنعا للغاية (Orlik وآخرون ٢٠٠٧ : ٢٣٧) بلغ عدد مشتركى هذه الخدمات ١٥ مليون مشترك في عام ٢٠٠٧، ولكن هذه الأرقام كانت أقل مما كان متوقعا، وليست مربحة في ذلك الوقت، مما دفع لجنة الاتصالات الفدرالية FCC للسماح بدمج الشركتين.

كانت حالة عدم اليقين بشأن مستقبل الراديو الرقمي مسيطرة ومرتبطة بظهور أشكال أو معايير جديدة؛ فعندما قدم نظام أوريكيا Eureka DAB لأول مرة، كان سوق أجهزة الراديو 'مشبعا نسبيا'، وبالتالي لم يكن هناك ضمان أن هذه التكنولوجيا الجديدة سوف تنتج سوقا جديدة للإلكترونيات، لكن التقدم البطيء

لنظام الـ DAB قد سمح بوجود مزيد من التطور، وقد برزت بعض الأنظمة الأخرى لتنافس نظام الـ DAB مثل: Digital Radio Mondial (DRM) والذي تم تطويره بنهاية ١٩٩٠ من قبل جهات الإرسال والشركات، ومع تطور أشكال الترميز، كان من الواضح أيضا أن نظام إدارة الحقوق الرقمية من شأنه أن يعمل مع موجة الـ FM أو الـ VHF. وفي فنلندا، تم دراسة بديل آخر لمعيار التليفزيوني الرقمي، والمعروف باسم Digital Video Broadcasting Handheld (DVBH) (وهو نظام يستطيع أن يحمل محتوى تليفزيونيا وإذاعيا) وقد تم إدماج ترميز متقدم مماثل، إلى جانب إدماج تقنيات البث الإذاعي الرقمي، وهو النظام الذي اعتمدته World DMB هيئة الصناعة في عام ٢٠٠٧ والمعروف باسم DAB+، والذي يسمح لمحطات إذاعية أن تحمل على موجة DAB متعددة تقدم عدداً أكبر من المحطات بالإضافة إلى جودة عالية من الصوت، ولكن كانت الأنظمة الثلاثة DRM, DVBH, and DAB+ لا تتوافق مع أجهزة استقبال الـ DAB المتاحة في سوق المملكة المتحدة والدنمارك والنرويج، وسوف تتضمن أحدث أجهزة الاستقبال نظاماً متعدد الدوائر لفك الشفرات.

ويلخص جدول (٥-٢) أشكال البث الإذاعي الأرضي الرقمي.

الاختصار	المصطلح	
DAB	Digital Audio Broadcasting	بدأ التشغيل في عام ٢٠٠٥ بعدد من الدول
DMB	Digital Multimedia Broadcasting	تطور الـ DAB لبث التلفزيون المتحرك
HD Radio	'High Definition' Radio	تم تطويره إلى نظام IBOC بالولايات المتحدة كبديل عن نظام الـ DAB
DRM	Digital Radio Mondiale	"الموجة الرقمية القصيرة" لترددات MF, HF and LF
DRM+	'DRM plus'	امتداد نظام الـ DRM لتردد الموجة VHF (FM)
DAB+	'DAB plus'	اعتمادا على نظام DAB بنظام أكثر فاعلية لفك الشفرة
DVBH	Digital Video Broadcasting Handheld	تطور التلفزيون الرقمي ليناسب التلفزيون والإذاعة المتحركة

جدول (٥-٢)

أنماط البث الإذاعي الرقمي الرئيسة في عام ٢٠٠٨

أما البلدان التي لم تبدأ البث الإذاعي الرقمي على نطاق واسع، فقد كانت تواجه عددا من الخيارات فليس من المرجح أن تعتمد على نظام البث الإذاعي الرقمي القديم، بينما تعتمد بقية الدول على نظم الترميز، وبالتالي زيادة الكفاءة في استخدام الطيف الترددي، فعلى سبيل المثال: في عام ٢٠٠٦ أعلنت أستراليا أنها اعتمدت على نظام DAB+ للبث الإذاعي الرقمي، وقدمت تشريعا في العام التالي تحسبا لبداية البث الإذاعي في عام ٢٠٠٩، وفي دول أخرى مثل المملكة المتحدة، كان وجه المفارقة لجعل البث الإذاعي الرقمي ناجحا هو تطبيق نظام DAB+ أو أي نظام آخر أكثر إشكالية، ثم بدأت أوفكوم Ofcom المرحلة الثانية من التراخيص في عام ٢٠٠٧، حيث اقترح البعض استخدام نظام الـ DAB+ في جميع التراخيص الجديدة، بينما رأى البعض الآخر فائدة في الخوف من الراديو الرقمي الذي من شأنه أن يلحق ضررا خطيرا بثقة كل من المستمعين الذين سبق أن اشتروا أجهزة استقبال البث الإذاعي الرقمي، وربما الأهم من ذلك، أولئك الذين على وشك الشراء، وبالتالي، فتلك البلدان التي تنضم إلى الإذاعة الرقمية أولا ربما يجدون أنفسهم يتمتعون بميزة تكنولوجية في وقت لاحق، حتى في عالم ما بعد التماثلية، فستنشأ مسألة كيفية إدخال التطورات التكنولوجية الجديدة، أو بعبارة أدق، فإن إقامة السوق بحاجة إلى مواجهة مرة أخرى.

وفي الخطاب الذي ألقاه أمام مؤتمر NAB أو البث الإذاعي المحلي في عام ٢٠٠٣، كرر جيني أبرامسكي مدير إذاعة BBC BBC - كرر مطالبة الكثيرين من القائمين على صناعة الراديو بالآتي: "يجب أن يتحول الراديو إلى الشكل الرقمي إن لم يكن من الأفضل أن يتلاشى على المدى الطويل، فإذا ظلت الإذاعة هي وسيلة الإعلام الوحيدة التي لم تأخذ الشكل الرقمي، فستصبح عتيقة ومهملة" (Abramsky 2003). ولكن هذا بيان عتيق لا تدعمه الأدلة، فكما رأينا، فإن تكنولوجيا الإعلام الجديدة لا تميل إلى أن تصبح قديمة إذا ما عفا عليها الزمن، ولكن الشكل الإذاعي الرقمي دائما ما يواجه مستقبلا غير مؤكد، ويصف برايان ونستون ثلاث فئات اجتماعية ضرورية لنجاح تطوير التكنولوجيا الجديدة؛ وهي:

أولاً: إن الحاجة تتسبب في إيجاد تطوير تكنولوجي آخر، فعلى سبيل المثال، كان نمو السكك الحديدية سبباً في تطوير التلغراف كما رأينا في الفصل الأول.

ثانياً: هناك مجموعة من التغيرات الاجتماعية التي تؤدي مباشرة إلى تحفيز الطلب على منتجات جديدة لخدمة تلك التغيرات - مثل زيادة شركات الأعمال الحديثة، مما دفع رجال الأعمال إلى الإقبال على التكنولوجيات المكتتية.

وثالثاً: تكون الأسباب هي "تجارية بحثة" وليست اجتماعية، ومثال ذلك: عندما تم طرح القرص المضغوط أو Mini Disc في السوق وكانت النتيجة غير مؤكدة، ووفقاً لوينستون، فإن آخر هذه العوامل الثلاثة هو "الأقل ضماناً لعواقب التغير الاجتماعي أو آثار التطورات التكنولوجية الأخرى" (١٩٩٨ : ٩)، في حين أن تطوير الإذاعة التماثلية في الربع الأول من القرن الـ ٢٠ قد اتفق مع التغيرات الاجتماعية التي ساعدت في تأمين مكان بارز في المجتمع، وبالتالي الوفاء بالضرورات الاجتماعية التي تناو لها وينستون في الفئة الثانية، وقد قدمت الإذاعة الرقمية في أوروبا والولايات المتحدة على حد سواء في شكل تحدٍ اقتصادي لدول الشرق الأقصى وفرصة لتوطيد تجارة الإلكترونيات وصناعات البث الأوروبية، وإذا كان ونستون محقاً، ومع مجموعة "الضرورات الاجتماعية" القائمة على الاحتياجات التجارية البحثية، فإنه لا ينبغي لنا أن ندهش إذا ناضل الراديو الرقمي من أجل أن يصبح ناجحاً تماماً في إحلاله للنظام التماثلي في المستقبل القريب (لاكس ٢٠٠٣).

العلاقة الكمية الكيفية في القنوات الرقمية:

كما ذكر آنفاً، فإن المقايضة التقليدية في تكنولوجيا الاتصالات ما بين سعة الجهاز وقدرته على توصيل جودة عالية تمثل ما يعرف بالتكنولوجيا النظيفة، فمثلاً: تعتبر موجة الـ FM التماثلية أفضل جودة من موجة الـ AM، ولكنها تحتاج إلى نطاق ترددي أوسع، فالصورة التليفزيونية عالية الجودة المعروفة باسم Line 625 تحتاج إلى تردد أكبر من نظام Line 405 والذي تم إحلاله مؤخراً، وبمجرد تحويله لإشارات رقمية تقاس المساحة بالبايت بدلاً من وحدة النطاق الترددي، ولكن هذا

مثل مشكلة لجهات الإرسال، فعلى أية أساس تختار وحدة القياس التي تحمل القنوات الإذاعية والتلفزيونية ؟ فقد رأينا أيضا أن جودة البث الرقمي تعتمد على تتبع وتصحيح عيوب الإرسال عن طريق تكرار البيانات التي لا تحمل صوتا أو صورة معلوماتية، وبشكل عام، تأتي زيادة مستويات الحماية على حساب المزيد والمزيد من التكرار، وبالتالي كلما زادت وحدات البايث المحددة لنقل محطة إذاعية، كلما قلت عدد المحطات المحملة على الموجة المتعددة.

وثمة جدل بسيط يدور حاليا حول معيار اختيار جهات الإرسال ؛ فمن المعروف مثلا أنه كلما قل معدل البايث في البث الرقمي الصوتي حتى نزيد من مساحة الموجات، كلما قلت جودة الصوت عن تلك التي تتميز بها موجة الـ FM التماثلية (مثال، لاكس ٢٠٠٣؛ هولم ٢٠٠٧) وبالمثل، فإن الجهود الرامية إلى إدماج الحد الأقصى من عدد القنوات التلفزيونية على الموجة الثلاثية المتعددة قد تسبب في الحد من مستويات الحماية في التلفزيون الرقمي ITV، وما يترتب عليه من خدمة سيئة.

وحتى الآن، وفي عز تزايد " الطلب على البيانات " في الموجات متعدد (مثال: حينما يتم إضافة محطة إذاعية مؤقتة للموجة المتعددة، أو حينما تترك البرامج الرياضية التلفزيونية فرصة ضئيلة لخفض البيانات) فقد يواجه المستمع أو المشاهد جودة صوتية أو مرئية ضعيفة (أو قد يتحول الإرسال إلى موجة أحادية رقمية للخدمة الإذاعية) وهذا التدهور يحدث كنتيجة للتخلي عن الجودة العالية في مقابل زيادة عدد القنوات.

ونادرا ما يتم مناقشة هذه المشكلة، مما يتسبب في زيادة الأسئلة (التي لن تتم إجابتها هنا بالتأكيد):

أولا: على المستوى التكنولوجي، من المؤكد أن التكنولوجيا الرقمية تعد أفضل من التكنولوجيا التماثلية. إذن، أيها أفضل؟ فالمذيع عبارة عن جهاز صغير ذي مواصفات بسيطة، بينما التكنولوجيا الرقمية أحيانا ما تعتبر أسوأ تجربة للبعض.

ثانيا: بالرغم أنها ليست المرة الأولى التي يفشل فيها شكلا تكنولوجيا بسبب منافس لا يذكر (سيطرة موجة الـ VHS على الـ Betamax)، ولكنها في الأغلب المرة الأولى التي تقدم فيها أحد الحكومات تشريعا أو سياسة لتأكيد أن هذا هو ما سيحدث.

أما السؤال الثالث، فيرتبط بطبيعة الجودة: كيف يتم الحكم على صحة صوت أو صورة في مقابل زيادة المحتوى الذي تقدمه تكنولوجيا الترميز؟ ومع ذلك، فإن مفهوم الجودة لم يكن أبدا ثابتا، سواء في مجال الإعلام (هل يجب أن تكون جودة الصوت في الإذاعة مثل جودة الصوت في القرص المضغوط؟) أو على مر التاريخ (Nyre 2008).

سياسة التحول :

من بين الأمثلة الكثيرة لتحول الراديو والتلفزيون الرقمي، يمكن أن نحدد عدداً من الإستراتيجيات للتحويل من الإرسال التماثلي للإرسال الرقمي.

سياسات المحتوى:

يدل تاريخ الاشتراك للتلفزيون التماثلي على أن سياسة تخصيص المحتوى - مثل المحتوى الرياضي الموجود في بعض المنصات - يساعد على سرعة تبني تلك المنصات، ولكن لهذه السياسة أيضا صعوباتها؛ ففي عام ٢٠٠٥، جاء النداء الشعبي والرسمي (بعد أحد المواسم الناجحة) بالحق في مشاهدة مباريات الكريكت في المملكة المتحدة، فقامت بي سكاى بعرض المباريات حصريا على الهواء مباشرة مقابل اشتراك شهري، وقد يتسبب نقل بعض البرامج الناجحة للمنصات الرقمية في أزمات سياسية للحكومات، وفي المقابل، فإنه من المقبول التسويق لبعض البرامج الحصرية على القنوات المشفرة، رغم خطورة أن يلتصق البعض بنوع معين من البرامج دون الرغبة في التغيير، على سبيل المثال، ففي الولايات المتحدة لم يحقق نظام الاشتراك بالإذاعات الفضائية نجاحا كبيرا بسبب الكم الهائل من الإعلانات التي تحتل في المتوسط ما بين ١٣ إلى ١٧ دقيقة في كل ساعة، وخاصة في أثناء ساعات الذروة أثناء القيادة (باري ٢٠٠٣: ١٧) لذلك

يعتقد العديد من المعلقين أن هذا النموذج من شأنه أن لا يكون مقنعا في تلك البلدان الأوروبية التي هي بالفعل تتمتع بخدمة إذاعية تماثلية خالية من الإعلانات.

سياسة العصا والجزرة :

أعلنت الولايات المتحدة (في ١٧ فبراير ٢٠٠٩ - وقت كتابة هذا التقرير) عن القنوات التلفزيونية التماثلية التي سيتم إغلاقها، وكان هذا هو الدافع الذي جعل المستهلكين يتجهون إلى شراء أجهزة الاستقبال الرقمية، ومن أجل أن يكون القرار خفيفا على ميزانية وجيب المستهلك ؛ تم منح قسيمة شراء لكل أسرة بمبلغ ٤٠ دولارا للوحدة عند شراء جهاز جديد.

وفي المملكة المتحدة، جاء أول تحول بمنطقة Whitehaven في كومبريا؛ وقد سبق ذلك كثير من الدعاية والتمهيد قبل التحويل في أكتوبر ٢٠٠٧، وكان الدخل المنخفض للأسر سببا في عروض التخفيضات عند شراء الأجهزة، وقبل ستة أشهر من بداية الإرسال بلغت نسبة البيوت التي أعدت نفسها للاستقبال الرقمي ٧٠ بالمائة، منهم ٧٥ بالمائة احتفظوا بجهاز استقبال تماثلي على الأقل، وقد تم إعتبار أن الـ ٣٠ بالمائة المتبقين سيقومون بالشراء في آخر لحظة، ممثلين ١٨٥٠٠ أسرة توجهت للشراء في آخر أسبوعين قبل بدء الإرسال (أوفكوم والرقمية في المملكة المتحدة ٢٠٠٧).

التكنولوجيا والسياسة والاقتصاد :

تعد التقنيات الرقمية (إذا ما أخذنا في الوضع التعريف الليبرالي) مثلها مثل تكنولوجيا الاتصالات، أما المبادئ النظرية التي تقوم عليها اليوم فقد أنشئت قبل ٨٠ عاما. فالإكتشاف العملي لتطوير تكنولوجيا الكمبيوتر أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية قد تم ترجمته في أنظمة الاتصالات بعدما يزيد عن نصف قرن أو نحو ذلك بسبب تعقيد البيانات الرقمية المنتجة ؛ فقد تم الترحيب بالتلفزيون الرقمي كضلع في مجتمع المعلومات.

وأما عن شبكات الكابل، فقد كان من المتوقع أن تحدث انقلابا، لكن على العكس ؛ جاء الفشل حليفها، بعكس التلفزيون الذي دخل كل بيت حاملا عصر المعلومات للجميع.

في الواقع، لم يكسب التلفزيون والإذاعة الرقمية الشعبية التي كانت متوقعة لهما، ليس بسبب فشل التكنولوجيا ؛ ولكن بسبب عجز النجاح الفني عن خلق مساحة أكبر، فالمساحة تأتي بالكم على حساب الكيف ؛ قنوات وإذاعات أكثر لكن دون جديد، وقد نجد في ثنايا السياسة والاقتصاد تفسيراً مقنعا لهذه الأحداث، فإطلاق البث الرقمي قد ترك جهات الإرسال لأجهزتها مع قليل من التنظيم خشية فقدان المنافسة في السوق العالمي المفتوح.

* * *