

## Une Solution VoD Interactive Continue

Achraf GAZDAR et Abdelfettah BELGHITH

Département Ecole Nationale des Sciences de l'Informatique

Laboratoire CRISTAL, Pôle RIM,

Université de la Manouba Tunisie 2010

Achraf.gazdar@crystal.rnu.tn

Abdelfattah.belghith@ensi.rnu.tn

**RÉSUMÉ.** La vidéo à la demande VoD, est un service multimédia qui permet à un utilisateur distant de se connecter à travers son équipement terminal à un serveur vidéo afin de choisir et de voir une vidéo à n'importe quel moment. La plupart des travaux apparentés s'attaquent à la minimisation de la bande passante serveur/réseau et le temps d'attente utilisateur, au détriment de l'interactivité. Dans ce papier, nous proposons une nouvelle version du protocole Staggered Broadcasting appelée Continuous Interactive Staggered Broadcasting, CISB. Nous proposons également une étude analytique du fonctionnement de ce protocole qui montre l'amélioration de la qualité de l'interaction Saut Avant, par rapport au protocole DISB [1][2], requiert plus de temps d'attente client.

**ABSTRACT.** Video on Demand VOD is a multimedia service which allows a remote user to select and then view video at his convenience at any time he wants. While the majority of previous works have focused on minimizing the required bandwidth and the latency time, a little attention is given to interactivity handling. In this paper we propose a new version of SB protocol called Continuous Interactive Staggered Broadcasting, CISB allowing a more "comfortable" Jump Forward interaction comparing to our recent protocol Discrete Interactive Staggered Broadcasting, DISB [1][2]. The analytical study of this protocol shoes that CISB requires more user waiting time than DISB to handle smooth and precise Jump Forward.

**MOTS-CLÉS :** Avance rapide, Saut avant, Pause, Interactivité, Multimédia, Vidéo à la demande, VoD.

**KEYWORDS:** Fast Forward, Jump Forward, Pause, Interactivity, Multimedia, Video on Demand, VoD.

---

## 1. Introduction

La vidéo à la demande VoD (Video-on-Demand), est un nouveau service multimédia. Il permet à un utilisateur de se connecter à travers son équipement terminal à un site distant (serveur vidéo) afin de choisir une vidéo à n'importe quel moment. Les systèmes VoD doivent répondre principalement à deux problèmes: satisfaire un grand nombre d'utilisateurs avec le minimum de bande passante et du temps d'attente tout en fournissant de l'interactivité. Plusieurs solutions ont été proposées, se basant sur la notion de partage des ressources entre les clients. Le travail présenté dans ce papier s'insère dans le cadre de ces protocoles, plus précisément les protocoles proactifs qui diffuse la vidéo indépendamment du nombre de clients dans le système VoD. En effet, nous proposons une étude comparative entre la version continue et la version discrète du protocole DISB [1][2] (Discrete Interactive Staggered Broadcasting). Nous appelons cette version continue Continuous Interactive Staggered Broadcasting, CISB.

Le papier est organisé comme suit: dans la première section nous présentons brièvement les protocoles VoD proactifs. Le principe de fonctionnement du protocole DISB est présenté dans la deuxième section. Dans la troisième section, nous présentons le protocole CISB. L'étude analytique comparative des deux protocoles est donnée dans la quatrième section. La dernière section est consacrée aux applications numériques et aux interprétations.

---

## 2. Travaux apparentés

Les protocoles proactifs sont recommandés pour diffuser les films trop demandés afin d'exploiter d'une façon efficace la bande passante du serveur. Ils utilisent presque tous la même technique de diffusion. Le serveur vidéo divise chaque film en plusieurs morceaux appelés segments. Ces segments seront diffusés par la suite sur un ensemble de connexions réseaux logiques appelés canaux. C'est la taille des segments, la bande passante des canaux et la technique d'affectation des segments aux canaux qui diffèrent d'un protocole à un autre. Suivant ces trois critères, nous distinguons trois familles de protocoles, à savoir la famille Staggered Broadcasting (SB) [1] [2] [3] [10], la famille Pyramid Broadcasting (PB) [3] [5] [6] [10] et la famille Harmonic Broadcasting (HB) [6] [7]. SB est le seul protocole qui fournissait de l'interactivité dès son apparition. La première version de ce protocole suppose que le client dispose d'un seul canal d'écoute. L'utilisateur ne peut exercer que les opérations d'interactivités Saut Avant/Arrière et Pause. La deuxième version SB implémente les opérations continues telle que l'Avance Rapide, (AR) [10]. Les deux versions exigent que le client devrait avoir une nombre fixe  $n$  de canaux d'écoute pour satisfaire l'interactivité. Cependant, DISB et CISB offrent de l'interactivité indépendamment de ce nombre.

Etant donné un film de durée  $D$ , DISB le divise en  $m$  segments de même taille. Chaque segment sera diffusé périodiquement sur un canal à part. Les canaux ont un même taux de diffusion égal à celui de la lecture. Côté client, et à la différence des

autres versions du protocole SB, DISB n'impose aucune restriction quant au nombre de canaux à écouter simultanément. Disposant de deux canaux d'écoute, le client commence le téléchargement simultané des segments  $S_1$  et  $S_2$  à partir des deux premiers canaux de diffusion. En même temps que se déroulent le téléchargement et l'affichage du premier segment  $S_1$ , les données du deuxième segment  $S_2$  sont mises en tampon. Après  $d$  unités de temps (temps nécessaire pour afficher le segment  $S_1$ ), le client commute les deux canaux d'écoute vers les deux canaux de diffusion suivants afin de télécharger les segments suivants  $S_3$  et  $S_4$ . Et ainsi de suite jusqu'au téléchargement de tout le film. DISB suppose que le client garde en tampon la vidéo déjà affichée. Par conséquent, les opérations pause, retour rapide et saut arrière sont gérées localement. Nous indiquons par segment cible, le segment qui contient l'instant cible d'une opération Saut Avant (SA). En effet, l'utilisateur aura le début du segment cible et non l'instant cible, c'est pourquoi nous parlons du discret dans le protocole DISB. Nous distinguons deux cas : (cas 1) le segment cible est dans le tampon ou entrain d'être téléchargé et (cas 2) le segment cible est non encore téléchargé. Le protocole DISB se comporte comme suit, suivant les deux cas. Dans le premier cas, DISB reprend l'affichage de la vidéo à partir du tampon ou à travers le canal qui diffuse le segment cible. Les canaux d'écoutes poursuivent leur téléchargement normalement. Dans la suite nous notons par  $Be$  le nombre de canaux d'écoute. Dans le deuxième cas où le segment cible n'est pas encore téléchargé, un temps d'attente client noté  $\Delta$  est nécessaire pour la commutation et la synchronisation sur le canal diffusant le segment cible. Au bout de ce temps, le client réaffecte les  $Be$  canaux d'écoute de façon à ce que le canal numéro 1 télécharge le segment cible et les autres ( $Be-1$ ) canaux téléchargent les segments qui suivent le segment cible, d'une manière ordonnée et progressive. Le client peut ne pas utiliser tous les canaux d'écoutes  $Be$ , dans le cas où le nombre de segments restant à télécharger est inférieur à  $Be$ .

Pendant une opération AR, le client affiche la vidéo rapidement jusqu'à l'arrêt de l'opération par l'utilisateur ou l'épuisement du tampon. L'affichage doit se dérouler d'une manière continue et fluide. En fait, nous distinguons deux seuils pour le tampon : un seuil physique et un seuil logique. Le premier seuil reflète la quantité totale de données futures en tampon et le seuil logique indique la quantité de données utiles pour une opération d'AR. Supposons que le client écoute tous les canaux et il vient de télécharger le tiers de chaque segment. Malgré le fait que son tampon contient le tiers de la vidéo (seuil physique), il ne peut en aucun cas consommer plus qu'un segment (seuil logique) dans une opération d'AR avec une vitesse supérieure à deux fois la vitesse de la lecture. En effet, le processus d'AR rattrapera sûrement le processus de téléchargement avant que ce dernier arrive à remplir les données manquantes du premier segment. Autrement dit, l'utilisateur assistera nécessairement à une rupture d'affichage si la durée de son AR dépasse une certaine limite qui sera explicitée plus tard.



### 3. Présentation de la version CISB

Le protocole CISB reprend le même principe de diffusion du protocole DISB. C'est au niveau du traitement de l'opération SA que les deux protocoles divergent. En effet, quand l'utilisateur exerce une opération de SA il aura l'instant cible de cette opération et non le début du segment cible (comme DISB le fait). Comme nous l'avons expliqué dans la section 2, deux cas se présentent (voir figure 1) : (1) l'instant cible est dans le tampon du client ou (2) elle n'est pas encore téléchargée. Dans le premier cas, CISB se comporte comme DISB. Cependant, dans le deuxième cas, le client doit attendre l'instant de diffusion de la position cible (et non le début du segment cible comme DISB le fait). Nous notons ce temps d'attente par  $\Delta_c$ .

### 4. Etude comparative de CISB et DISB

Dans cette section nous revenons, plus en détail, sur les deux opérations décrites dans la section 2 à savoir l'opération SA et l'opération AR dans le cas du protocole CISB. Puis nous comparons les résultats trouvés avec ceux de DISB. Dans la suite de ce papier nous désignons par  $D$  la durée totale d'un film, par  $m$  le nombre total de segments, par  $S_i$  la taille d'un segment et par  $d$  la durée d'affichage d'un segment. Nous recourons à d'autres paramètres que nous définissons au fur et à mesure que nous avançons dans l'étude.

#### 4.1. Etude de l'opération Saut Avant dans CISB

Dans notre étude nous supposons que le client dispose d'une capacité tampon supérieure ou égale à la durée du film.

##### 4.1.1. Détermination de l'évolution du remplissage du tampon

Nous désignons par  $B_c^t$  et  $\beta_c^t$ , respectivement, le nombre de canaux écoutés simultanément par le client et la quantité de données reçues mais non encore consommées, dans le tampon à l'instant  $t$ . Le téléchargement passe par trois phases. Une première phase où le nombre de segments à télécharger est supérieur ou égal au nombre de canaux écoutés ( $B_c^t \geq B_e$ ). Une deuxième phase éventuelle pendant laquelle le nombre de segments non encore téléchargés est tel que  $1 \leq B_c^t < B_e$ . Et une troisième phase qui consiste à consommer, uniquement, les données existantes dans le tampon. Le nombre de canaux utilisés  $B_c^t$  est défini par :

$$B_c^t = \begin{cases} B_e & \text{pendant la première phase} \\ m - \lfloor m/B_e \rfloor B_e & \text{pendant la deuxième phase} \\ 0 & \text{pendant la troisième phase} \end{cases}$$

Soit la fonction  $\varphi$  définie par :  $\varphi(x) = \lceil x \rceil - \lfloor x \rfloor = \begin{cases} 0 & \text{si } x \text{ entier naturel} \\ 1 & \text{si } x \text{ réel} \end{cases}$



Pendant la première phase le client télécharge avec une vitesse de  $(B_c^1 b)$ , où  $b$  est le taux de lecture. Après  $t$  unités de temps, il aura téléchargé  $(B_c^1 bt)$  unités de données et aura consommé  $bt$  unités de données. Il aura donc  $(B_c^1 bt) - bt$  unités de données en tampon, ce qui quantifie  $\beta_1^T$  durant la première phase (première équation dans (1)). Pendant la deuxième phase, le client aura en tampon ce qu'il vient d'avoir pendant la première phase, soit  $[(B_c^1 - 1) - \lfloor m/B_c^1 \rfloor d]$ , et la quantité téléchargée pendant la phase courante  $(B_c^1 (t - \lfloor m/B_c^1 \rfloor d))$  privée de la quantité consommée pendant cette phase  $(b (t - \lfloor m/B_c^1 \rfloor d))$ , ce qui quantifie  $\beta_1^T$  durant la deuxième phase, c'est à dire lorsque  $\lfloor m/B_c^1 \rfloor d \leq t \leq \lceil m/B_c^1 \rceil d$ . Pendant la dernière phase, le client ne fait que consommer les données à partir de son tampon. Il aura en tampon le cumule de données téléchargées pendant la première et la deuxième phase privée de la quantité de données consommée pendant les trois phases. En résumé nous obtenons :

$$\beta_1^T = \begin{cases} (B_c^1 - 1) b t & \text{si } 0 \leq t \leq \lfloor \frac{m}{B_c^1} \rfloor d \\ (B_c^1 - 1) b \lfloor \frac{m}{B_c^1} \rfloor d + b (t - \lfloor \frac{m}{B_c^1} \rfloor d) [(B_c^1) - 1] & \text{si } \lfloor \frac{m}{B_c^1} \rfloor d \leq t \leq \lceil m/B_c^1 \rceil d \\ (B_c^1 - 1) b \lfloor \frac{m}{B_c^1} \rfloor d + [(B_c^1) - 1] \alpha \frac{m}{B_c^1} b - (t - \lceil m/B_c^1 \rceil d) b & \text{si } \lceil m/B_c^1 \rceil d \leq t \leq D \end{cases} \quad (1)$$

#### 4.1.2. Détermination du temps moyen de satisfaction d'une opération de Saut Avant

Nous définissons par  $\Delta_c$  le temps d'attente de satisfaction d'une demande de SA exercée à l'instant  $t$ . La valeur instantanée de  $\Delta_c$  dépend de la position de l'instant cible. Nous distinguons deux cas : (1) l'instant cible est avant l'instant actuelle d'affichage (position P1 dans la figure 1) (2) l'instant cible est après l'instant actuelle (position P2 dans la même figure). Si l'instant cible n'est pas dans le tampon, alors :  $\Delta_c \in [0, x_1]$  dans le premier cas et  $\Delta_c \in [x_1, d]$  dans le deuxième cas où  $x_1$  est le temps nécessaire pour terminer l'affichage du segment courant (voir la figure 3). Etant à la position d'affichage  $t$ , la valeur de  $x_1$  est donnée par l'expression :  $x_1 = d - \left( t - \lfloor \frac{t}{d} \rfloor d \right)$  (2) où  $d$  est la durée d'affichage d'un segment. Nous supposons que la distance entre l'instant actuelle et l'instant cible est uniformément distribuée dans l'intervalle  $[1, d]$ . Nous pouvons alors déterminer la valeur moyenne de  $\Delta_c$  notée  $\overline{\Delta_c}$  :

$$\overline{\Delta_c} = \left( 1 - \frac{\beta_1^T}{(D-t)b} \right) \left[ \int_0^{x_1} p_{x1} x dx + \int_{x_1}^d p_{x2} x dx \right] \quad (3)$$

où  $1 - \frac{\beta_1^T}{(D-t)b}$  la probabilité de ne pas avoir l'instant cible en tampon,  $D$  : la durée totale du film,  $b$  le taux de consommation,  $p_{x1}$  la probabilité d'être au premier cas, où  $p_{x1} = \frac{x_1}{d}$  et  $p_{x2}$  la probabilité d'être au deuxième cas, où  $p_{x2} = 1 - p_{x1}$ . La simplification de l'expression (3) donne :

$$\overline{\Delta_c} = \left( 1 - \frac{\beta_1^T}{(D-t)b} \right) \left[ D^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{2} p_{x1} \right) + x_1^2 \left( p_{x1} - \frac{1}{2} \right) \right] \quad (4)$$

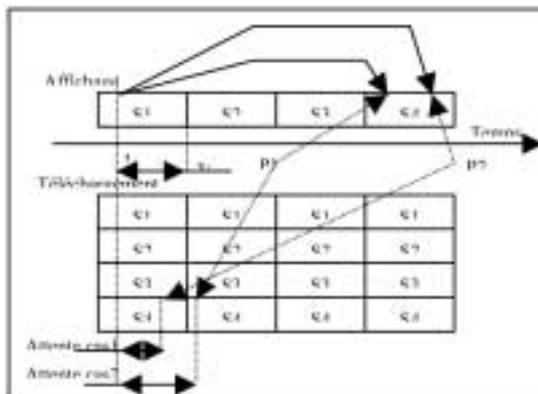


Figure 1. Le fonctionnement du protocole CISB

Paramètres	Valeur
b (taux de lecture en MBps)	1
B (bande passante totale)	10*b
m (nombre de segments)	10
D (durée de la vidéo en sec)	3600
d (durée d'un segment en sec)	360
S (taille de la vidéo en MB)	3600
S <sub>i</sub> (taille d'un segment en MB)	360

Tableau 1. Les valeurs utilisées

## 4.2. Etude de l'opération Avance Rapide dans CISB

Pour déterminer la limite d'une opération d'AR (voir section 2), supposons que le client commence l'opération AR à l'instant  $t_0$ . La quantité de données consommées pendant  $t$  unités de temps est  $(t b_{AR})$ , où  $b_{AR}$  est la vitesse d'AR. La quantité de données initiale résidente en tampon est  $YI(t_0)$  (où  $YI(t_0) = (\beta_{LID} b_{eL})^T / S_i$ ) [2]) et celle téléchargée pendant  $t$  unités de temps par les  $Be$  canaux est égale à  $(Be \lfloor bt/S_i \rfloor + \lfloor bt/S_i - \lfloor bt/S_i \rfloor \rfloor)$ . Donc l'affichage rapide rattrapera le téléchargement à l'instant  $t$  qui vérifie :

$$\begin{cases} YI(t_0) S_i + Be \lfloor bt/S_i \rfloor + (bt/S_i - \lfloor bt/S_i \rfloor) = t b_{AR} \\ t \leq D \end{cases}$$

## 5. Etude numérique

Pour cette étude nous considérons les valeurs données dans le tableau 1.

### 5.1. L'opération Saut Avant dans CISB

La figure 2 montre que la valeur de  $\bar{\Delta}_c$  varie en sens inverse du nombre de canaux écoutés par le client. Pour les cas ( $Be = 2$  et  $Be = 3$ ), nous remarquons que les valeurs moyennes de  $\bar{\Delta}_c$  sont plus petites avec ( $Be = 3$ ) qu'avec ( $Be = 2$ ). Ceci reste valable jusqu'à ce qu'il n'y a plus de segments à télécharger avec ( $Be = 2$ ). Cependant le temps moyen d'attente, diminue encore si on utilise 10 canaux d'écoutes.

La figure 3 présente la différence  $(\bar{\Delta}_c - \bar{\Delta})$  ( $\bar{\Delta}$  est donnée dans [2]) entre les valeurs de l'attente moyenne du protocole CISB et du protocole DISB pour 3 canaux d'écoutes. Dans cette figure, la fonction de différence est négative la plus part des temps. En effet, généralement le début du segment cible d'une opération SA est plus proche que l'instant cible. Cette différence en temps d'attente est le coût du traitement de l'opération SA avec précision. La figure 4, montre l'évolution du tampon des données



futures, c'est à dire  $\beta^t$ , en fonction du temps l'affichage, pour différentes valeurs de  $B_e$ . Elle montre que le téléchargement des données futures est d'autant plus rapide que le nombre de canaux écoutés est élevé.

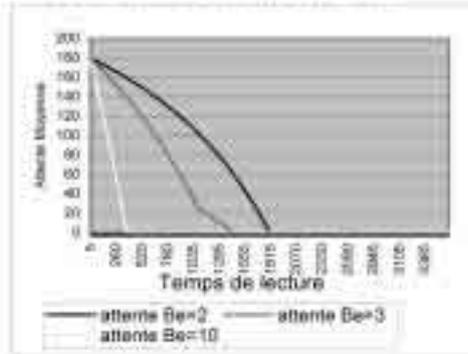


Figure 2. Effet de la variation du nombre de canaux écoutés sur l'attente moyenne

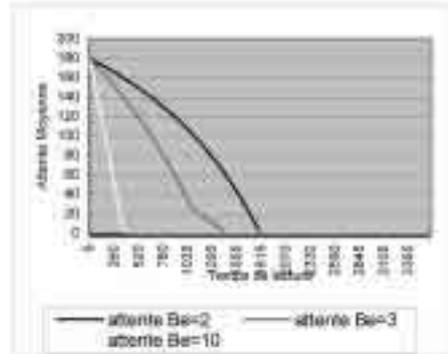


Figure 3. La différence entre l'attente moyenne de CISB et de DISB

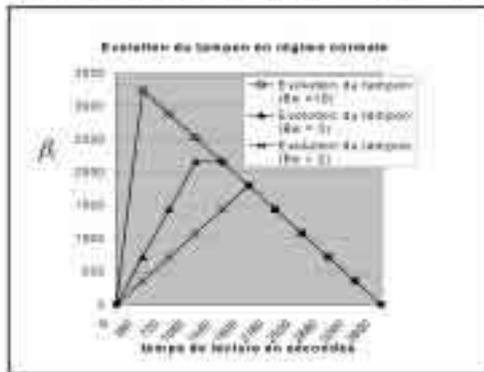


Figure 4. Evolution de la quantité de données futures en tampon

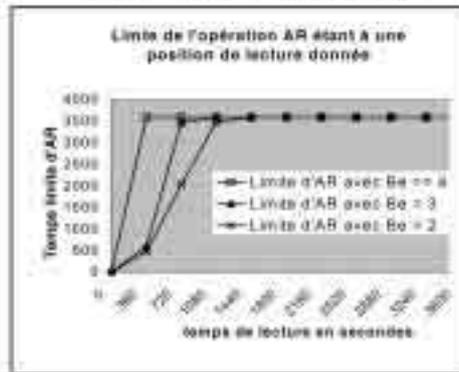


Figure 5. Limite de l'opération Avance Rapide pour différentes valeurs de  $B_e$

## 5.2. L'opération Avance Rapide

Pour les valeurs de tableau 1 et pour les valeurs 2, 3 et plus que 4 de  $B_e$  nous obtenons les courbes de la figure 4 qui représentent les limites de l'opération d'AR (de vitesse 4b) étant à une position de lecture donnée. Nous remarquons que l'écoute de 4 canaux ou plus simultanément permet à l'utilisateur d'exercer l'opération AR sans restriction, et ce après 360 sec d'affichage. Pour la valeur de  $B_e$  égale à 4, l'utilisateur peut faire des interactions de type AR mais limitées dans le temps. A partir de la position d'affichage  $t = 1080$  sec, il peut faire l'opération AR jusqu'à la fin de la vidéo.

---

## Conclusion

Dans ce papier nous proposons une nouvelle variante du protocole SB appelée CISB. Ce protocole se base sur notre protocole précédent DISB, notamment dans la manière de diffusion de la vidéo. Cependant, CISB propose un mécanisme plus précis de traitement des opérations interactives SA que DISB. L'étude analytique de CISB montre que la précision offerte dans les opérations SA requiert plus de temps d'attente que celui affiché par le protocole DISB. Actuellement, nous étudions l'implémentation des protocoles CISB et DISB sur les réseaux IP avec le traitement de la qualité de service nécessaire.

---

## Bibliographie

- [1] A. Gazdar and A. Belghith, Etude et Implémentation d'une Solution Interactive pour la Diffusion de la Vidéo dans les Systèmes de Vidéo à la Demande. *In Proc. SETT 2003, Sousse, Tunisia, Mars 2003.*
- [2] A. Gazdar and A. Belghith, Discrete Interactive Staggered Broadcasting. In Proc.IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC2004), Las Vegas, Nevada USA, January 2004.
- [3] F. B. Kwon and H. Y. Yeom, Providing VCR Functionality in Staggered Video Broadcasting. *International Conference on Protocol of Multimedia Systems (PROMS 2001)*, Enschede, the Netherlands, October 2001.
- [5] J.-F. Pâris, S. W. Carter and D. D. E. Long, Efficient Broadcasting Protocols for Video-on-Demand, *In Proc. of the International Symposium on Modelling, Analysis, and Simulation of Computing and Telecom Systems*, pages 127-132, Montreal, Canada, July 1998, IEEE Computer Society Press.
- [6] J.-F. Pâris, S. W. Carter and D. D. E. Long, A Simple Low-Bandwidth Broadcasting Protocol for Video-on-Demand, *In Proc. of the 8th International Conference on Computer Communications and Networks*, Boston, MA, USA, October 1999.
- [7] L.-S. Juhn and L.-M. Tseng, Harmonic broadcasting for Video-on-demand service, *IEEE Transactions on Broadcasting*, 43, 3, pages 268-271, September 1997.
- [8] L.-S. Juhn and L.-M. Tseng, Fast Broadcasting for Hot Video Access. *In Proc. of the Forth International Workshop on Real-Time Computing Systems and Applications*, pages 237-243, Taipei, Taiwan, October 1997. IEEE Computer Society Press.
- [9] S. Viswanathan and T. Imielinski, Pyramid Broadcasting for Video-on-Demand Service, *In Proc of SPIE the International Society for Optical Engineering*, 24,17, pages 66-77, 1995.
- [10] S. W. Carter, D. D. D. Long, and J.-F. Pâris, Video-on-Demand Broadcasting Protocols. *In Multimedia Communication : Directions and Innovations (J. D. Gibson, Ed.)*, pages 179-189, Academic Press, San Diego, 2000.