

MPEG-4 의 사용자 상호작용을 위한 시간 제약 모델

김희선*, 김상욱**

위덕대학교 멀티미디어공학과* 경북대학교 컴퓨터학과**

Temporal Constraint Model for User Interaction of MPEG-4

Heesun Kim* and Sangwook Kim**

Department of Multimedia Engineering, Uiduk University*
Computer Science Department, Kyungpook National University**

요 약

MPEG-4 콘텐츠는 다양한 사용자 상호작용에 의하여 장면과 객체의 재생 시간이 동적으로 변화하는 특징이 있다. 본 논문에서는 MPEG-4 콘텐츠를 저작할 때, 사용자 상호작용에 의하여 변화하는 시간 관계에 대한 제약 조건을 모델링한다. 또한 모델링된 시간 제약 모델에 기반한 MPEG-4 콘텐츠 저작 시스템인 MPEG-4 Studio에 대하여 기술한다. 이 MPEG-4 Studio는 사용자가 저작한 시간 제약에 따라 MPEG-4 콘텐츠를 재생하는 중요한 중요한 연구이다.

1. 서론

MPEG-4 콘텐츠는 다양한 사용자 상호작용에 의하여 장면과 객체의 재생 시간이 동적으로 변화하는 특징이 있다[1-5]. 또한 MPEG-4 콘텐츠를 생성할 때, 사용자 이벤트에 의하여 변화하는 시간 관계의 저작은 중요하다.

본 논문에서는 사용자 상호작용에 의하여 멀티미디어 객체간 시간 관계와 재생 시간, 재생 순서가 변화하는 시간 제약 모델을 정의한다. 그리고, 정의한 시간 제약 모델에 기반한 MPEG-4 콘텐츠 저작 시스템인 MPEG-4 Studio를 제안한다.

멀티미디어 데이터의 시간 동기화에 관한 연구는 1983년 J. F. Allen에 의하여 처음 시도되었는데, 지식의 표현을 위한 시간 간격을 중심으로 시간적인 관계를 일곱 유형으로 분류하였다. 1990년에 시라귀스 대학의 OCPN(Object Composition Petri-Net) 모델[2], 객체지향 모델[2] 등 다양한 연구가 있다.

이러한 시간 관계 모델은 미디어간의 다중 시간 관계와 멀티미디어 동기화 개념을 제공하지만, 재생 중에

발생하는 사용자 상호작용에 의하여 재생 순서와 시간, 시간 관계의 변화를 지원하지는 못한다[3,5,7].

본 논문에서는 시간 관계 그래프를 통한 시간 관계의 제약 조건을 검사하는 기법으로 사용자 상호작용에 따라 재생 시간의 동적 특성을 지원하는 시간 관계를 모델링한다. 이러한 시간관계 그래프를 사용하면 MPEG-4 저작시에 시간관계의 제약 조건을 조속히 검사할 수 있다.

제 2 절에서는 MPEG-4 콘텐츠 저작을 위한 시간 제약 조건과 시간 관계 그래프를 기술한다. 제 3 절에서는 시간 제약 모델을 기반으로 하여 MPEG-4 저작과정을 설명하고 저작 예를 보인다. 제 4 절에서 결론과 향후 방향을 기술한다.

2. 시간 관계 제약 조건과 시간관계 그래프

이 절에서는 MPEG-4의 상호작용에 따른 시간 제약 모델로 동적인 시간 관계 모델과 조건을 기술한다.

2.1 사용자 상호작용 지원 시간 제약 모델

MPEG-4의 특징인 사용자 상호작용을 고려한 시간 제약 모델인 ETCM 은 다음과 같이 정의된다.

[정의 2-1] 이벤트 지원 시간 제약 모델은 $ETCM = (M, E, Tr, C, t)$ 이다. 여기에서 M 은 장면을 구성하는 시청각 객체의 집합, E 은 사용자 이벤트의 집합, Tr 은 객체간 설정된 시간 관계의 집합, C 은 시간 관계 설정을 위한 제약 조건의 집합, t 은 텍스트의 전체 재생 시간이다. 시간 제약 모델인 ETCM은 장면을 구성하는 시청각 객체의 집합 M 과 사용자 이벤트의 집합 E , 객체간 설정된 시간 관계의 집합 Tr , 시간 관계 설정을 위한 제약 조건의 집합인 C , 콘텐츠의 전체 재생 시간 t 로 구성된다. ■

정의 2-1에서 $m \in M$ 일 때, m 의 재생 시작 시간은 $m.s$ 로 나타내고, m 의 재생 종료 시간은 $m.e$, m 의 재생 지속 시간을 $m.d$, m 의 최대 재생 지속 시간을 $m.md$ 로 나타낸다.

[정의 2-2] 객체 m 의 재생 지속 시간 $m.d$ 는 재생 종료 시간 $m.e$ 에서 재생 시작 시간 $m.s$ 를 뺀 값으로 $m.e - m.s$ 이다. 즉, 객체 m 의 시작 시간 s 와 종료 시간 e , 재생 지속 시간 d 에 대한 관계의 정의이다. 그리고 객체의 시간 속성 mt 는 제약 조건

$$(0 < m.s < m.e) \cap (m.s < m.e \leq t) \text{ 와 } (0 < m.d \leq m.md)$$

을 만족한다. 이것은 객체 m 의 시간 속성에 대한 제약 조건이다. 객체의 재생 시작 s 는 0보다 크고 콘텐츠의 재생 종료 시간 t 보다 작아야 한다. 재생 종료 시간 e 는 0보다 크고 콘텐츠의 종료 시간 t 보다 작거나 같다. 재생 지속 시간 d 의 범위는 0보다 크고, 객체의 최대 재생 지속 시간 md 보다 작거나 같아야 한다. ■

[정의 2-3] 객체에 설정된 사용자 상호작용 지원 시간 관계 집합 Tr 은 다음과 같다.

$$Tr = \{dStart, dStop, dScale, dLoop, dOrder, dExclusive, ChangeSTr, ChangeObject\} \blacksquare$$

dTr 은 객체에 설정된 시간 관계가 재생 중에 변화하는 것을 의미한다. $dStart$ 관계는 객체의 재생 시작

시간이 사용자 이벤트에 의하여 변화하는 관계를 나타낸다. $dStop$ 은 객체의 재생 종료 시간이 사용자 이벤트 발생 시점이 되는 관계이다. $dScale$ 관계는 사용자 이벤트에 의하여 객체의 재생 시간이 변경되는 관계이다. $dLoop$ 는 사용자 이벤트에 의하여 반복 재생되는 관계이다. $dOrder$ 관계는 객체의 재생 순서가 사용자 이벤트에 의하여 동적으로 변하는 관계이다. $dExclusive$ 는 객체의 재생이 사용자 이벤트에 의해서, 배타적으로 수행되는 관계이다. $ChangeSTr$ 은 객체에 설정된 정적 시간 관계가 사용자 이벤트에 의하여 다른 정적 시간 관계로 변경되는 관계이다. $ChangeObject$ 는 객체가 사용자 이벤트에 의하여 다른 객체로 변경되는 관계이다.

2.2 동적 시간 관계와 제약 조건

1) $dStart$ 관계는 사용자 이벤트 $eStart$ 의 발생 시점이 객체의 재생 시작 시간이 되도록 하는 관계이다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eStart$, $c=C(dStart)$ 이므로, $dStart$ 관계는 다음과 같다.

$$dStart : m.s \times e.eType \times c \rightarrow m.s'$$

$dStart$ 관계는 사용자 이벤트 중 $start$ 이벤트가 객체 m 에 발생했을 때, 제약 조건 c 를 만족하면 객체 m 의 재생 시작 시간을 이벤트가 발생한 시간인 $e.eTime$ 으로 설정하는 관계이다. 이벤트 e 가 발생하면 ($m.s' = e.eTime$)을 수행한다. 한 객체에 적용될 수 있는 동적 시간 관계이다.

2) $dStop$ 은 사용자 이벤트 $eStop$ 의 발생 시점이 객체의 재생 종료 시간이 되도록 하는 관계이다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eStop$, $c = C(dStop)$ 일 때, $dStop$ 관계는 다음과 같다.

$$dStop : m.e \times e.eType \times c \rightarrow m.e'$$

$dStop$ 관계는 사용자 이벤트 중 $eStop$ 이벤트가 객체 m 에 발생했을 때, 제약 조건 c 를 만족하면 객체 m 의 재생 종료 시간을 이벤트가 발생한 시간인 $e.eTime$ 으로 설정하는 관계이다. ($m.e' = e.eTime$)이 수행된다. 한 객체에 적용될 수 있는 동적 시간 관계이다.

3) $dChangeObject$ 관계는 사용자 이벤트 $eHyperLink$ 에 의하여 재생되던 객체가 다른 객체로 변경되는 관계이다. 한 객체에 적용되는 동적 시간관계이다. $m, m' \in M$ 이고, $e.eType = eHyperLink$, $c=C(dChangeObject)$ 일 때, $dChangeObject$ 관계의 설정은 다음과 같다.

$$dChangeObject : m \times me \times e.eType \times c \\ \rightarrow m' \times m'.s$$

객체 m이 재생 중에 사용자 이벤트 eHyperLink를 입력받고, 제약 조건 c를 만족할 때, m의 재생 종료 시간인 me가 e.eTime으로 설정되어서 종료되고, 다른 객체 m'의 재생 시작 시간인 m'.s가 e.eTime으로 설정되어 m'의 재생이 시작되는 관계이다.

4) dLoop 관계는 사용자 이벤트 eLoop에 의하여 해당 객체가 반복 재생되도록 하는 동적 시간 관계이다. dLoop는 한 객체와 시간 관계를 가지는 객체에 적용될 수 있다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eLoop$, $tr \in sTr$, $c=C(dLoop)$ 일 때, 한 객체에 대한 dLoop 관계의 설정은 다음과 같은 표현된다.

$$dLoop^m : m.loop \times e.eType \times c \rightarrow m.loop'$$

단일 객체 m에 대한 eLoop 이벤트가 발생했을 때, 제약 조건 c를 만족하면, m의 시간 속성인 loop를 참으로 설정하여 객체 m을 반복하여 재생한다. 단일 객체에 적용되는 dLoop관계의 제약 조건은 다음과 같다.

$$(m.d \neq \text{Null}) \cap (e.eTime \leq t - m.d)$$

객체 m의 재생 시작 시간과 재생 종료 시간이 설정되어 있어야 하고, 사용자 이벤트의 발생 시간 e.eTime이 전체 콘텐츠 재생 시간 t에서 객체 m의 재생 지속 시간을 뺀 값보다 작을 때 유효하다. 시간 관계를 가지는 여러 객체에 대한 dLoop 관계의 설정은 다음과 같다.

$$dLoop^{tr} : 2^m \times tr.loop \times e.eType \times c \\ \rightarrow 2^m \times tr.loop'$$

정적 시간 관계 tr_i 로 설정된 여러 객체에 대하여, loop 이벤트가 발생했을 때, 제약 조건 c를 만족하면, 객체는 관계 tr_i 에 정의된 대로 반복 재생된다. 시간 관계 tr_i 를 가지는 여러 객체에 대한 dLoop의 제약 조건은 $C(dLoop^{tr})$ 와 같다.

$$C(dLoop^{tr}) = \{ (tr.d \neq \text{Null}) \\ \cap (e.eTime < t - tr.d) \}$$

시간 관계를 가지는 객체는 시간 관계 tr의 시작 시간과 종료 시간이 설정되어 있고, 이벤트 eLoop의 발생 시점이 전체 콘텐츠 재생 시간에서 tr의 재생 시간을 뺀 시간 내에 있을 때 유효하다.

5) dOrder 관계는 사용자 이벤트 eOrder에 의하여 정적 시간관계 Sequence와 After 관계를 가지는 객체의 재생 시간과 간격은 유지하고 재생 순서를 변경시키는 동적 시간 관계이다. dOrder는 정적 시간 관계 Sequence와 After 관계에 있는 객체의 재생 순서를 변화시킨다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eOrder$, $tr \in$

{Sequence, After}, $c=C(dOrder)$ 일 때, dScale 관계의 설정은 다음과 같다.

$$dOrder : 2^m \times tr.order \times e.eType \times c \\ \rightarrow 2^m \times tr.order'$$

Sequence와 After 관계를 가지는 여러 객체 2^m 에 eOrder 이벤트가 발생했을 때, 제약 조건 c를 만족하면, tr의 시간 속성인 order를 설정된 순서로 변경한다. 이때 dOrder 관계의 제약 조건은 다음과 같다.

$$(tr = \text{Sequence}) \cup (tr = \text{After})$$

제약 조건은 객체간 설정된 정적 시간관계가 Sequence이거나 After 관계일 때 이벤트에 의하여 dOrder관계를 설정할 수 있다. 이때 각 객체의 재생 시간과 객체간 시간 간격은 순서를 유지한다.

6) dExclusive 관계는 사용자 이벤트 eExclusive에 의하여 정적 시간관계 Equal 관계를 가지는 객체를 상호 배타적으로 재생시키는 관계이다. dExclusive는 정적 시간 관계 Equal로 설정되어 있는 객체를 사용자 이벤트 eExclusive에 의하여 상호 배타적으로 재생한다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eExclusive$, $tr = \text{Equal}$, $c=C(dExclusive)$ 일 때, dExclusive 관계의 설정은 다음과 같다.

$$dExclusive : 2^{m,mv} \times tr \times e.eType \times c \\ \rightarrow 2^{m,mv'} \times tr$$

Equal 관계를 가지는 여러 객체 2^m 가 제약 조건 c를 만족하면, dExclusive 관계가 설정된다. 이때 dExclusive 관계의 제약 조건은 다음과 같다.

$$(tr \neq \text{Null}) \cap (tr = \text{Equal})$$

제약 조건은 객체간 설정된 정적 시간 관계가 Equal 일 때 설정 가능하다.

7) dChangeSTr 관계는 사용자 이벤트에 의하여 객체간 설정된 정적 시간 관계가 다른 정적 시간 관계로 변경되는 관계이다. dChangeSTr은 정적 시간 관계를 사용자 이벤트에 의하여 다른 정적 시간 관계로 변경하여 재생한다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eChangeSTr$, $tr, tr' \in sTr$, $c=C(dChangeSTr)$ 일 때, dChangeSTr 관계의 설정은 다음과 같은 표현된다.

$dChangeSTr : 2^m \times tr \times e.eType \times c \rightarrow 2^m \times tr'$
정적 시간 관계 tr로 설정된 여러 객체 2^m 이 사용자 이벤트에 의하여 객체의 재생 시간 시간과 종료 시간이 변경될 때, 제약 조건 c를 만족하면, dChangeSTr 관계가 설정된다. 객체의 재생 시간은 변경시키지 않고, 관계만 변경된다고 가정한다.

8) dScale 관계는 사용자 이벤트 eScale에 의하여 해당 객체의 재생 시간이 변경되는 동적 시간 관계이다.

eScale은 한 객체와 시간 관계를 가지는 객체에 적용될 수 있다. $m \in M$ 이고, $e.eType = eScale$, $tr \in sTr$, $c=C(dScale)$ 일 때, 한 객체에 대한 dScale 관계의 설정은 다음과 같다.

$$dScale^m : m.d \times e.eType \times c \rightarrow m.d'$$

단일 객체 m에 대한 eScale 이벤트가 발생했을 때, 제약 조건 c를 만족하면, m의 시간 속성인 d를 변경한다. 단일 객체에 적용되는 dScale관계의 제약 조건은 다음과 같다.

$$0 < m.d' \leq m.md$$

객체 m의 최대 재생 지속 시간이 설정되어 있고, 사용자가 변경한 재생 지속 시간 m.d'가 객체 m의 최대 재생 지속 시간보다 작거나 같아야 한다. 객체간 시간 관계가 설정되어 있는 경우에 dScale관계 설정은 다음과 같다.

$$dScale^{tr} : tr.d \times e.eType \times c \rightarrow tr.d'$$

두 객체간 정적 시간 관계가 설정되어 있을 때, 두 객체의 재생 시작 시간과 종료 시간을 변경함으로써 전체 재생 지속 시간이 변경된다. 이때, 시간 변경에 따른 시간 관계의 변경은 고려하지 않는다. 시간 관계가 설정된 두 객체에 대하여 사용자는 두 객체의 재생 시작 시간과 재생 종료시간을 변경할 수 있다. 각각의 시간을 변경할 경우에, 제약 조건을 만족해야 한다.

2.3 시간 관계 그래프

지금까지 제시된 MPEG-4 에서의 시간 관계 모델로 저작된 콘텐츠를 재생하면 올바르게 저작되었는지 타당성을 검증하여야 한다.

[정의 2-4] 시간 제약 그래프 TCG 는 $TCG(Mc) = (V, E, w)$ 같이 나타내는데, 여기에서 V 는 그래프를 구성하는 노드의 집합, E 는 노드를 연결하는 에지의 집합, w 는 에지의 가중치로서 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V &= \{ v_i \mid i = 1, \dots, n \} \cup \{start\} \cup \{end\} \\ E &= \{ (v_i, v_j) \mid v_i - v_j \leq c \in C(Mc), c \geq 0 \} \\ &\quad \cup \{ (start, v_i) \} \cup \{ (end, v_i) \} \\ w(v_i, v_j) &= c, w(start, v_i) \\ &= v_i.s, w(v_i, end) = t - v_i.e \end{aligned}$$

이러한 그래프를 이용하여 다음의 정리를 얻을 수 있다.

[정리 2-1] MPEG-4 콘텐츠 Mc에서 동적인 시간 관계 dTr설정에 대하여 이벤트가 발생한 후의 시간 제약 그래프 TGG가 가중치가 양수인 순환이 없고, 두 노드를 연결하는 여러 가능한 에지의 조합이 있을 때 각각의 가중치의 합이 같을 때, Mc는 타당하다.

증명:동적 시간 관계를 포함한 시간 제약 그래프에서 사용자 이벤트가 발생했을 때와 발생하지 않았을 때, 재생 순서가 다르다. 이벤트가 발생하지 않으면, 시간 제약 그래프의 각 노드는 정적 시간 관계로만 구성된다. 정적 시간 관계[3] 항상 타당하므로 이벤트 발생 후에 변경된 시간 제약 그래프 역시 각 노드간 재생 순서는 선형적이다.

이벤트 발생 전 :

$$start \leq v_i \leq v_{i+1} \leq v_{i+2}, \dots, \leq v_n \leq end$$

이벤트 발생 후 :

$$start \leq v_j \leq v_k \leq v_r, \dots, \leq v_g \leq end$$

그러므로, 이벤트가 발생한 후에 변경되는 시간 제약 그래프 역시 가중치가 양수인 순환이 없고, 두 노드를 연결하는 여러 가능한 에지의 조합이 있을 때, 각각의 가중치의 합이 같다면 Mc는 타당하다.

3. 시간 제약 모델 기반 MPEG-4 Studio

그림 1 은 MPEG-4 Studio 의 구조로서 사용자에게 시각적이고 직관적인 사용자 인터페이스를 제공하여 콘텐츠를 쉽고 빠르고 효율적으로 제작할 수 있도록 한다. MPEG-4 Studio는 크게 사용자 인터페이스와 씬 컴포지션 트리 생성기, MPEG-4 정보 생성기, MPEG-4 스트림 생성기로 구성된다.

MPEG-4 Studio는 WYSIWYG 방식을 사용하여 멀티미디어 콘텐츠의 시각적인 저작 및 편집 환경을 지원한다. 개발 환경은 MS-Windows 98/NT/2000 에서 Visual C++6.0을 이용하였다.

사용자는 시청각 아이콘 객체를 이용하여 사용자 인터페이스에서 자신이 원하는 콘텐츠를 생성할 수 있다. 그림 2 는 설정된 시간 관계가 이벤트에 의하여 변경되는 예이다. 해당 객체 재생 지속 시간만큼 재생을 한다. 비디오 객체 B는 재생 종료 시간 내에 발생한 이벤트에 의하여 객체 B의 재생 종료 시간이 변경되어 이벤트 발생 시간인 20초에 재생이 종료된다. 이미지 객체 C는 객체 변경 이벤트에 의하여 또 다른 객체인 이미지 객체 H로 객체 자체가 변경된다. 이미

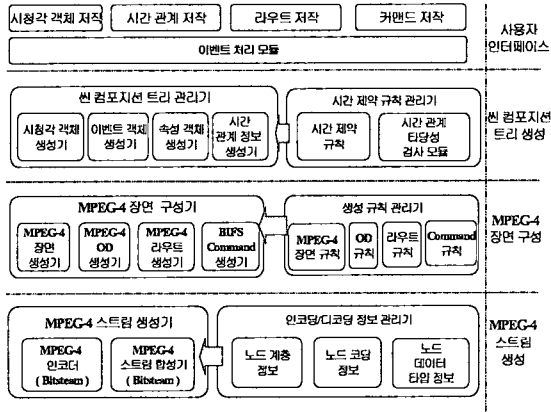


그림 1. MPEG-4 저작 시스템의 구조

지 객체 C는 사라지고 이벤트가 발생한 시간인 10초에 이미지 객체 H가 나타난다. 이미지 객체 D와 E는 초기 설정된 관계인 Equal 관계가 이벤트에 의하여 Sequence관계로 변경된다.

비디오 객체 F는 재생 중에 객체의 재생 종료 시간이 33초에서 45초로 변경된다. 비디오 객체 G는 객체의 재생이 이벤트에 의하여 콘텐츠가 끝날 때까지 반복 재생된다. 이러한 객체의 시간 관계 설정과 변경을 통하여 사용자 상호작용에 의하여 동적인 시간 관계를 제공한다.

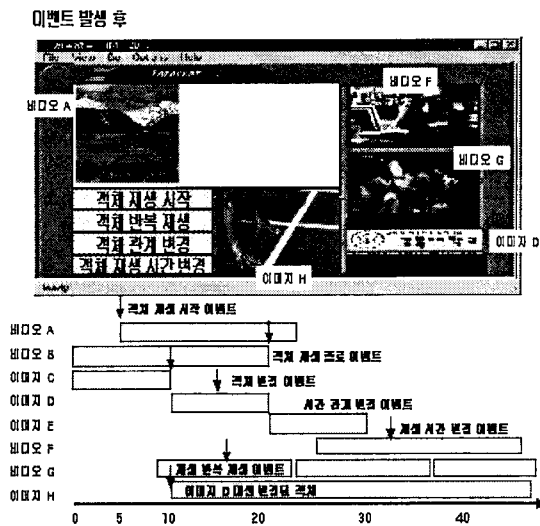


그림 2. 이벤트 발생 후 변경된 시간 관계의 예

4. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 콘텐츠 저작을 위한 시간 제약 모델을 제안하였다. 제안한 시간 제약 모델은 MPEG-4 콘텐츠 재생 중에 사용자 이벤트에 의하여 객체간 시간 관계와 재생 순서, 재생 시간 등이 동적으로 변화하는 모델이다.

시간 관계를 저작할 때, 시간 제약 조건을 검사하여 제약 조건을 만족하면 저작 시스템에 반영하고 제약 조건을 만족하지 않으면 저작 시스템에 반영하지 않는다. 제안한 시간 제약 모델을 기반으로 MPEG-4 Studio를 개발하였다. MPEG-4 Studio는 시간 제약 모델은 기존의 정적인 시간 관계뿐만 아니라 MPEG-4의 사용자 상호작용에 의한 동적인 시간 관계를 지원한다. 또한 사용자 상호작용성을 충분히 반영하여, MPEG-4 콘텐츠의 시간 관계 표현의 한계를 극복하였다.

참고 문헌

- [1] 차경애, 김희선, 김상욱, "MPEG-4 콘텐츠 저작 도구와 재생기", HCI '2000 학술대회 발표 논문집, 제 9권, 제 1호, pp. 27-30, 2000.
- [2] A. Puri and A. Eleftheriadis "MPEG-4 : An object-based multimedia coding standard supporting mobile application," Mobile Networks and Application 3, p5-32, 1998.
- [3] J. F. Allen, "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals," Comm. ACM, vol. 26, no. 11, pp. 832-843, 1983.
- [4] T. D. C. Little and A. Ghafoor, "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," IEEE J. Selected Areas in Comm., vol. 8, no. 3, pp. 413-427, 1990.
- [5] P. Hoepner, "Synchronizing the Presentation of Multimedia Objects-ODA Extensions," Proc. First Eurographics Workshop, pp.87-100, 1991.
- [6] S. Boughoufalah, J. Dufourd and F. Bouihaguet, "MPEG-Pro, an Authoring System for MPEG-4 with Temporal Constraints and Template Guided Editing," 2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2000.