

디지털 TV 放送을 위한 低遲延 intra-slice 映像 符號化방식의 개선 방법

正會員 權 純 角* 正會員 金 在 均*

An Improvement in Intra-Slice Low Delay Video Coding for Digital TV Broadcasting

Soon-kak Kwon*, Jae-kyoon Kim* *Regular Members*

본 논문은 부분적으로 금성사(영상미디어 연구소)의 1992년도 위탁연구 과제의 지원을 받았음.

要 約

디지털 TV 신호를 수신함에 있어서 복호화 지연과 채널변경 지연은 응용측면에서 매우 중요한 요소들이다. B-화면이 없는 MPEG-2의 SIMPLE PROFILE에서 intra-slice 부호화방식은 영상 복호화과정에서 지연시간을 짧게하는 근원적인 방식들 중의 하나이다. 그 방식에는 복호화 지연시간은 짧은 장점이 있으나 채널변경 지연시간은 길어지는 단점이 있다.

본 논문에서는 SNR 성능의 손실은 무시할 수 있을만큼 적게하며 채널변경 지연을 줄이는 방법을 제안한다. 이를 위해서 슬라이스들의 여러 영역으로 화면들을 구분하고 화면간 부호화를 위한 이동벡터 추정에서 약간의 제한을 부가하며, 이로인해 임의접근 위치가 효과적으로 증가되고, 채널변경 지연시간이 줄어들음을 확인한다.

ABSTRACT

In receiving the digital TV signal, both decoding delay and the channel hopping delay are very critical factors in applications. The intra-slice coding in the MPEG-2 SIMPLE PROFILE of No B-picture is one of the primary methods for short delay time in video decoding. It has the advantage of short decoding delay, but has the drawback of long channel hopping delay time.

In this paper, we propose a method to reduce the channel hopping delay with negligible loss in SNR performance. It is shown that dividing pictures into several regions of slices and adding some restriction in motion vector search for inter-frame coding, hence the random access points are effectively increased, and the channel hopping delay is reduced.

*韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
Dept. of Electrical and Electronics Eng., KAIST
論文番號 : 94128
接受日字 : 1994年 5月 12日

I. 서 론

디지털 영상 압축기술의 발전으로 인하여 디지털 TV와 관련응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 디지털 TV방식은 NTSC, PAL 등의 아날로그 TV방식에 비해서 화면의 종횡비와 해상도를 쉽게 변화할 수 있고 다양한 서비스를 제공할 수 있는 장점을 갖고있다⁽¹⁾.

한편 디지털 TV 수상기는 압축 부호화된 수신정보를 복원 복호화하는 데 필요한 지연시간이 짧아야 한다. 즉 영상 복호화기가 필요로하는 버퍼용량을 줄이므로서 영상 복원에 소요되는 지연시간이 줄어들도록 해야한다⁽²⁾. 특히 생방송 이원방송처럼 방송내용이 대화형일 경우에는 대화자 사이의 지연시간이 최소한으로 짧은 것이 바람직하다^(3,4). 그리고 비디오와 오디오 신호 사이의 동기, 시간 신호의 전송, 시청자의 프로그램 녹화의 상황등을 위해서는 전과정의 지연시간이 가능한 큰 변동이 없는 것이 바람직하다.

고 화질 영상 압축 표준기법을 제정하는 국제표준기구(ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 : MPEG)에서는 디지털 TV 방송에도 응용할 수 있는 소위 MPEG-2 기법을 발표하였다⁽⁵⁾. 여기에는 적은 버퍼용량으로 복호화기를 단순화시키고 영상 처리과정에서 발생하는 지연시간을 줄여주는 저지연(low delay) 부호화 방식도 포함되어 있다. 이 저지연 부호화방식에는 양방향성 예측화면, 즉 B-화면을 사용하지 않으므로서 복호화과정에서 영상 재배열에 필요한 지연시간이 생략된다. 저지연 부호화방식의 종류에는 I-화면(intra-frame coded picture)을 한꺼번에 부호화하는 intra-picture 부호화방식과 I-화면의 일정한 슬라이스만을 화면내(intraframe) 부호화하므로서 발생 데이터의 저장에 따른 버퍼 지연시간을 줄여주는 intra-slice방식이 있다. 두 방식 중에서 intra-slice 부호화방식이 intra-picture 부호화방식에 비해 적은 버퍼용량을 갖으며, 작은 부호화 지연시간을 갖는 장점이 있다. 방송환경에서는 현재 시청하고 있는 프로그램의 채널로부터 다른 채널의 프로그램으로 변경할 경우 시청자가 원하는 수준의 영상화질을 시청할 수 있기까지 걸리는 채널변경 지연시간(channel hopping delay time)이 매우 중요한 요소이다^(4,6). 그러나 기존의 intra-slice방식은 intra-picture방식에 비해서 임의의 시점에서 채널변경 후에 원하는 화면을 재생하는 데 까지 걸리는 시간이 증가하여 intra-picture방식에 비

해서 약 두배의 채널변경 지연시간을 갖는 단점이 있다⁽⁵⁾.

본 논문에서는 영상 압축구조가 간단한 MPEG-2의 SIMPLE PROFILE 저지연 부호화 방식에서 기존의 intra-slice방식보다 더 작은 채널변경 지연시간과 더 작은 오류 전과시간을 갖는 새로운 intra-slice 방식을 제안한다. 채널변경 지연시간은 부호화 데이터열에서 임의접근(random access)이 가능한 화면 사이의 거리와 비례관계를 갖고 있다. 제안된 방법은 슬라이스들의 여러영역으로 화면을 구분하고 각 영역마다 임의접근을 가능하게 하여 상대적으로 임의 접근 위치사이 간격을 줄여주어 채널변경 지연시간을 줄인다. 이를 위해서 기존의 intra-slice 부호화과정에서 사용하는 이동추정기법에, 예측부호화를 위한 기준화면과 현재화면에서 수직방향 위 영역과 아래 영역 사이의 시간의존성을 제거하는 제한조건을 부가한다.

본 논문의 구성은 II 절에서는 MPEG-2의 SIMPLE PROFILE 저지연 부호화방식에서 intra-picture방식과 intra-slice방식의 차이점을 살펴보고, III 절에서는 제안된 intra-slice부호화 방식의 개선방식을 설명한다. 그리고 IV 절에서는 모의실험 결과를 통해 기존의 저지연 부호화방식과 제안된 부호화방식 사이의 부호화성능과 발생 데이터량을 비교한다. 마지막으로 V 절에서는 결론을 맺는다.

II. MPEG-2의 SIMPLE PROFILE 저지연 영상 부호화방식

MPEG-2 영상 부호화기법에서 입력 영상은 부호화 방법에 따라서 I-화면(Intraframe coded picture : I-picture), P-화면(Predictive coded picture : P-picture), B-화면(Bidirectionally predictive coded picture : B-picture)으로 구분되어 부호화된다⁽⁷⁾.

부호화된 영상데이터는 영상데이터의 임의접근(random access) 및 고속재생(fast play) 기능과 영상처리의 편의를 위해서 5개의 계층구조를 이루고 있다. 즉 가장 작은 단위로 DCT 변환단위인 블록계층, 이동추정의 단위이며 블록들로 구성된 매크로블록(Macro Block)계층, 수직방향으로 같은 위치의 매크로블록들로 구성된 슬라이스(Slice)계층, 여러개의 슬라이스로 구성된 화면(Picture)계층, 그리고 하나의 I-화면과 여러개의 P-화면과 B-화면으로 구성된 GOP(Group of Pictures)계층으로 구성된다.

MPEG-2 영상 부호화와 복호화과정에서는 시간지연이 초래되는데, 그림 1은 지연부분을 나타내며 시간지연에 크게 영향을 미치는 요인에 따른 지연시간은 다음과 같다⁽²⁾

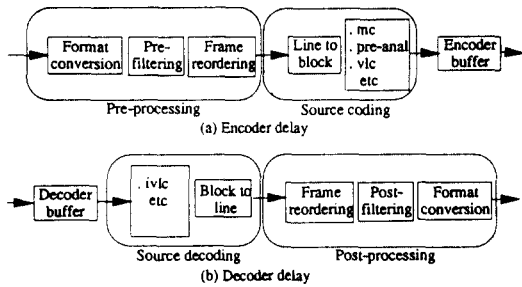


그림 1. 시간지연이 초래되는 부분
Fig. 1. The caused parts of time delay
(a) Encoder delay (b) Decoder delay

1) 버퍼 지연(buffer delay) 시간 : 부호화기와 복호화기의 버퍼에 데이터를 저장하는데 지연되는 시간이다. 일정한 전송률로 데이터를 전송할 경우에 부호화기 버퍼에서 초래되는 지연시간은 다음 식(1)과 같이 화면당 발생한 데이터량과 데이터 전송률에 의존한다.

$$\text{버퍼지연시간} = (\text{발생 데이터량} / \text{데이터 전송률}) \quad (1)$$

2) 프레임/필드 재배열 지연(frame/field reordering delay) 시간 : 프레임단위로 영상을 부호화하거나 B-화면이 존재할 경우에 발생하는 지연시간이다. 부호화 영상 규격이 프레임단위인 경우에는 부호화과정에서 필드영상을 프레임영상으로 합치고, 복호화과정에서 원래대로 복원하는 과정에서 시간지연이 발생한다. B-화면이 존재할 경우에는 그림 2에서처럼 재생시 원 영상 순서대로 재배열하는데 시간지연이 발생한다.

위로부터 최대 버퍼 지연시간은 일정한 데이터 전송률에서 가장 많은 데이터가 발생한 화면에서 초래되고, 프레임/필드 재배열 지연시간은 B-화면의 갯수가 증가할수록 커짐을 알 수 있다. 한편 버퍼지연은 많이 발생한 데이터를 저장하기 위한 버퍼 메모리에 의해 야기되며, 프레임/필드 재배열 지연은 B-화면

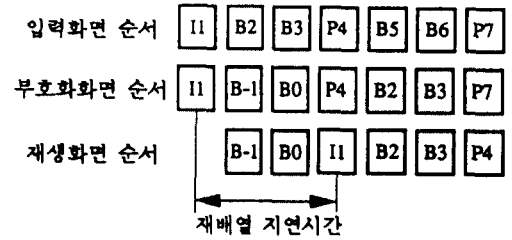


그림 2. B-화면에 따른 재배열 지연시간
(I : I-화면, B : B-화면, P : P-화면)
Fig. 2. The reordering delay time by B-picture
(I : I-picture, B : B-picture, P : P-picture)

부호화 데이터를 저장하기 위해 사용된 메모리에 의해 초래된다. 따라서 메모리수와 TV 수상기 비용이 비례관계를 가지므로, 메모리수를 줄여 저가형의 TV 수상기를 얻기 위해서는 복호화 지연시간을 줄이는 것이 필요하다.

다음은 지연시간을 줄이기 위한 MPEG-2의 SIMPLE PROFILE 부호화방식과 각 방식에서의 오류 회복시간과 채널변경 지연시간에 대해 살펴본다.

1. Intra-picture 부호화방식

프레임/필드 재배열 지연시간을 줄여주기 위해 그림 3과 같이 영상을 B-화면이 없이 I-화면과 P-화면으로 부호화한다.

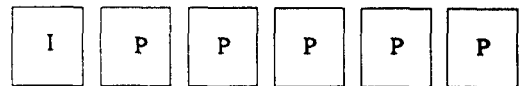


그림 3. Intra-picture 방식의 부호화화면
(I : I-화면, P : P-화면)
Fig. 3. The coded pictures of the intra-picture method
(I : I-picture, P : P-picture)

채널이 변경되면 새로운 채널 데이터에 오류가 발생한 것과 같이 인식되므로 오류 회복시간과 채널변경 지연시간은 같이 해석할 수 있다. 그림 4는 GOP 크기가 15화면으로 intra-picture 부호화된 경우 채널변경 지연시간을 나타낸다. 한 GOP내에서 오류가 발생하거나 새로운 채널이 선택된 경우, 이전에 재생된 화면을 필요로 하는 P-화면의 특성에 의해서 시간축 방향으로 오류전파는 필연적이다. 그러나 다음에

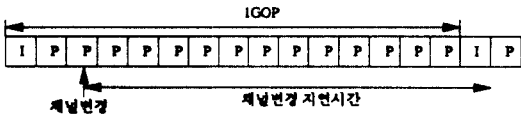


그림 4. Intra-picture 방식에서 채널변경 지연시간
Fig. 4. Channel hopping delay time in the intra-picture method

시작하는 GOP 내의 I-화면을 복호화한 후에 비로소 오류없는 재생화면을 얻을 수 있다.

새로운 채널이 I-화면 데이터 일부로부터 시작하면 채널변경 지연시간이 최대가 되고, 이 때의 채널변경 지연시간(T_{ch})는 다음 식(2)와 같이 주어진다.

$$T_{ch} = (N_g + 1) \cdot T \quad (2)$$

여기서 N_g 는 GOP의 크기로서 한 GOP 내의 화면갯수를 나타내며, T 는 입력화면간의 시간간격이다.

2. Intra-slice 부호화 방식

화면간(inter-frame) 예측 부호화 방식은 시간축방향으로의 오류전파를 초래하므로 이런 문제점의 개선과 임의접근(random access) 기능을 위해 GOP 단위로 주기적인 I-화면 부호화기법을 도입한다^(5,7,8). 그러나 영상이 화면내(intra-frame) 부호화될 경우 화면간 예측부호화경우보다 많은 데이터가 발생하므로 버퍼 지연시간이 길어진다. Intra-slice 부호화 방식은 intra-picture 부호화 방식처럼 한 화면 전체를 화면내 부호화하지 않고, 버퍼 지연시간을 줄이기 위해서 한 화면 시간 동안에 화면내의 몇 개의 슬라이스만을 화면내 부호화한다⁽⁷⁾.

그림 5는 GOP 크기가 15 화면인 경우 intra-slice 부호화 방식에서 프레임과 필드 두 규격에 대해서 화면내 부호화되는 슬라이스의 위치를 나타낸다. 프레임 규격에서는 프레임당 두개의 슬라이스를 화면내 부호화하고, 필드 규격에서는 각 홀수 필드당 한개의 슬라이스를 화면내 부호화한다.

가. 이동추정(motion estimation)

시간축방향으로 오류전파를 줄여주고 임의접근 기능을 부여해 주기 위해 각 화면마다 화면내 부호화된 슬라이스의 위치를 고려한 이동추정기법을 사용한다. 즉, 그림 5에서 현재 화면내 부호화된 슬라이스 위쪽

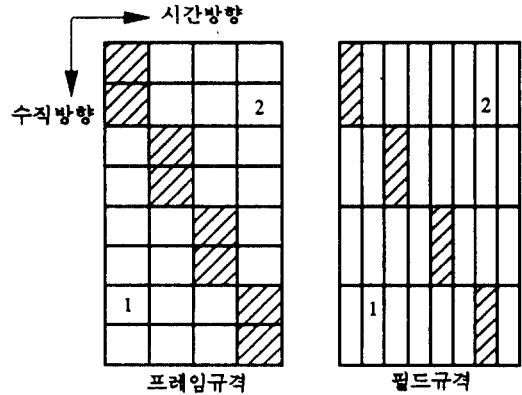


그림 5. 기존의 intra-slice 방식에서 각 슬라이스의 부호화 종류

(■부분 : 화면내 부호화, □부분 : 화면간 부호화)

Fig. 5. The coding types of each slice in the conventional intra-slice method

(■ part : intra-frame coding, □ part : inter-frame coding)

인 영역 2에 있는 현재 화면의 예측을 위한 이동추정에서는 이전 화면의 영역 1은 기준화면(reference picture)으로 사용하지 않는다. 이로 인해 영역 1에서 영역 2로의 부호화 오류전파를 막아준다.

나. 오류회복 및 채널변경 지연시간

채널변경이 일어난 후 원하는 화면을 복원하기 위해서는 임의접근 위치가 존재해야 한다. 본 논문에서는 intra-slice 방식에 대해 임의접근 위치를 정의하기를 그 위치 이후의 화면에는 화면내 부호화된 슬라이스보다 수직방향으로 위에 있는 슬라이스의 복원이 가능해지도록 한다. 따라서 MPEG-2의 intra-slice 부호화된 화면에서는 앞의 이동추정기법에 의해 임의접근 위치가 GOP의 시작 화면에 존재한다.

Intra-slice 부호화 방식에 대한 채널변경 지연시간(T_{ch})은 임의접근 위치에 따라 다음식과 같이 정의할 수 있다.

$$T_{ch} = T_{ra} + T_d \quad (3)$$

여기서 T_{ra} 는 임의접근 지연시간으로 채널변경이 일어난 시점부터 임의접근 위치까지 도달하는 데 지연되는 시간을 의미하고, T_d 는 부호화 지연시간으로 임

의 접근 위치의 시점부터 완전한 크기의 화면을 재생하는데 지연되는 시간을 의미한다.

그림6은 GOP크기가 15개인 프레임규격의 화면으로, 채널변경될 때 재생되는 화면과 임의접근, 복호화, 그리고 채널변경 지연시간을 나타낸다. 선택된 채널의 현재 GOP내의 화면내 부호화된 데이터열을 복원이 되지만 화면간 부호화된 데이터열은 이전 화면에서 복원되지 않는 화면 정보를 필요로 할 경우 복원이 불가능해진다. 그러나 임의접근 위치 도착 이후 데이터를 수신하면서부터 수직방향으로 시작하는 슬라이스에서 화면내 부호화된 슬라이스까지 복원이 가능해진다. 그리고 계속해서 GOP내의 마지막 화면에 해당하는 데이터까지 복원하면 완전한 화면을 얻을 수 있다.

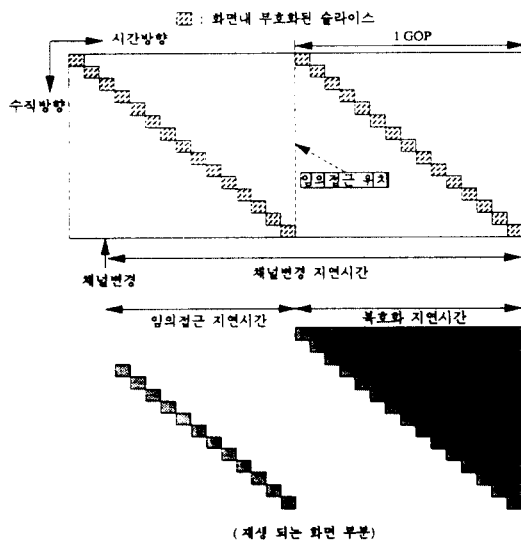


그림 6. 기존의 intra-slice 방식에서 채널변경으로 인한 재생지연시간(GOP 크기 = 15 화면)

Fig. 6. Display delay time by channel hopping in the conventional intra-slice method(GOP size = 15 pictures)

그림6으로부터 복호화 지연시간은 채널변경된 위치에 무관하며 단지 GOP크기에만 관계하고, 임의접근 지연시간은 채널변경된 위치에 관계함을 알 수 있다. 임의접근 지연시간은 채널변경과 임의접근의 두 위치 사이의 시간간격이 커질수록 증가하는데, 두 위치 사이의 간격이 두 임의접근 위치 사이의 간격일

때 최대가 된다. Intra-slice방식에서 두 임의접근 위치 사이는 $N_g \cdot T$ 의 시간간격을 가지므로, 최대의 임의접근 지연시간(T_{ra1})과 복호화 지연시간(T_{dl}), 그리고 최대 채널변경 지연시간(T_{chl})은 다음 식(4)와 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} T_{ra1} &= N_g \cdot T \\ T_{dl} &= N_g \cdot T \\ T_{chl} &= T_{ra1} + T_{dl} = 2N_g \cdot T \end{aligned} \quad (4)$$

III. 제안된 intra-slice방식

기존의 intra-slice 부호화방식은 intra-picture 부호화방식보다 채널변경 지연시간이 최대로 두배까지 증가한다. 식(4)로부터 GOP크기를 감소시켜 채널변경 지연시간을 줄일 수 있으나 그럴 경우 화면내의 화면내 부호화된 슬라이스의 갯수가 증가하여 부호화 효율의 감소가 예상된다. 따라서 GOP크기는 감소하지 않고 채널변경 지연시간을 줄일 수 있는 방식을 찾아야한다.

채널이 변경되면 기존의 방식에는 복호화되는 현재 화면의 슬라이스보다 수직방향으로 위쪽의 기존 화면이 필요되므로 다음의 GOP까지 임의접근 지연시간이 경과한다. 그러므로 임의접근 지연시간을 줄이기 위해서는, 화면을 수직방향으로 몇개의 영역으로 구분한 후에, 이동추정과정에서 영역간의 의존성을 추가적으로 제한하는 방법을 생각할 수 있다.

1. 화면영역의 크기

한 화면시간 동안에 화면내 부호화되는 슬라이스의 갯수를 N_{is} 라 하면, 한 화면을 수직방향으로 세분한 영역의 크기는 N_{is} 의 정수배가 되게 한다. 각 영역의 크기(N_s)는 영역의 갯수(N_r)와 GOP크기, 즉 한 GOP내의 화면갯수(N_g)에 따라서 다음과 같이 정할 수 있다.

가. N_g 가 N_r 의 정수배인 경우

영역의 크기, 즉 영역내의 슬라이스 갯수 N_s 는 아래와 같다.

$$N_s = N_{is} \cdot \left(\frac{N_g}{N_r} \right) \quad (5)$$

이 경우 화면은 수직방향으로 N_s 슬라이스 갯수 간격으로 균등한 영역으로 구분된다.

나. N_g 가 N_r 의 정수배가 아닌 경우

각 영역의 슬라이스 갯수는 다음의 두가지 후보 슬라이스 갯수, N_{s1} 과 N_{s2} 중에서 선택된다.

$$N_{s1} = N_{is} \cdot \left\lfloor \frac{N_g}{N_r} \right\rfloor$$

$$N_{s2} = N_{is} \cdot \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil$$
(6)

여기서 $1 \leq N_r \leq N_g$ 이며, $\lfloor \cdot \rfloor$ 은 버림함수이고, $\lceil \cdot \rceil$ 은 올림함수이다. 이 경우 화면은 균등하게 구분되지 않으므로 N_{s1} 의 값을 갖는 영역들의 갯수 N_{r1} 과 N_{s2} 의 값을 갖는 영역들의 갯수 N_{r2} 를 결정한 후에야 구분 위치를 알 수 있다.

한 화면을 구성하는 슬라이스의 총수 N 과 한 화면 내의 모든 영역들의 구성 슬라이스 갯수의 합은 같다. 즉,

$$N = N_{r1} \cdot N_{s1} + N_{r2} \cdot N_{s2}$$

$$= N_{is} \cdot \left(N_{r1} \cdot \left\lfloor \frac{N_g}{N_r} \right\rfloor + N_{r2} \cdot \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil \right)$$
(7)

여기서 $1 \leq N_{r1} < N_r$, $1 \leq N_{r2} < N_r$ 이며, 또한 N_{r1} 과 N_{r2} 는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$N_{r1} + N_{r2} = N_r$$
(8)

그리고 intra-slice방식의 기본구조에 의해 N 는 다음 식과 같다.

$$N = N_{is} \cdot N_g$$
(9)

따라서 식(7)에 식(8)과 (9)를 대입하여 정리하고 N_g 가 N_r 의 정수배가 아닌 조건 식,

$$\left\lfloor \frac{N_g}{N_r} \right\rfloor - \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil = 1$$
(10)

을 이용하면 크기가 다른 영역들의 갯수는 다음과 같이 표현된다.

$$N_{r1} = N_r \cdot \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil - N_g$$

$$N_{r2} = N_r \cdot \left(1 - \left\lfloor \frac{N_g}{N_r} \right\rfloor \right) + N_g$$
(11)

위 결과로부터 화면은 크기가 N_{s1} (슬라이스)인 N_{r1} 개의 영역과 크기가 N_{s2} (슬라이스)인 N_{r2} 개의 영역으로 구분할 수 있다.

2. 이동추정과정의 추가제한

기존방식에서는 기준화면과 현재화면 사이의 수직방향 위에서 아래쪽으로 계속되는 시간의존성 때문에 식(4)처럼 식(2)에 비해 채널변경 지연시간이 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 채널변경 지연시간을 줄이기 위해서는 수직방향 위에서 아래쪽으로의 시간의존성을 제거해 줄 필요가 있다. 이를 위해 추가적인 이동추정 조건을 부가하는데, 그림 7은 화면을 세개의 영역으로 구분한 경우의 예를 나타낸다.

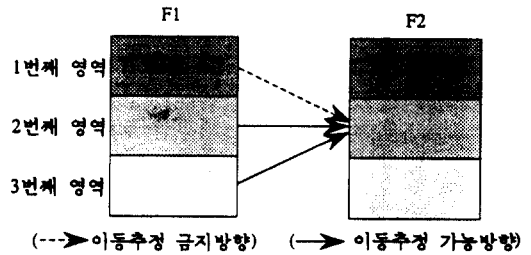


그림 7. 제안방식의 영역간 이동추정 제한조건

Fig. 7. Restriction conditions between partitions for motion estimation of the proposed method

현재화면 F_2 내의 2번째 영역에 속하는 부분을 화면간 부호화할 경우에, 이전화면 F_1 내의 2번째와 3번째 영역에 속하는 부분은 기존방식처럼 기준화면으로 사용하지만, 1번째 영역에 속하는 부분은 기준화면으로 사용하지 않는 제한 조건을 둔다. 이렇게 하므로서 위 영역으로부터의 계속적인 시간의존성을 제거할 수 있다.

다음은 시간의존성을 제거하므로써 얻어지는 채널변경 지연시간의 이득을 설명한다.

3. 오류회복 및 채널변경 지연시간

그림 8은 $N_r = 2$, $N_{is} = 2$, 그리고 $N_g = 15$ 일 때, 식(6)과 (11)로부터 1번째 영역에 14개의 슬라이스, 2번째 영역에 16개의 슬라이스 갯수를 할당할 경우 임의접근 위치와 채널변경시 재생되는 화면과 지연시간들을 나타낸다.

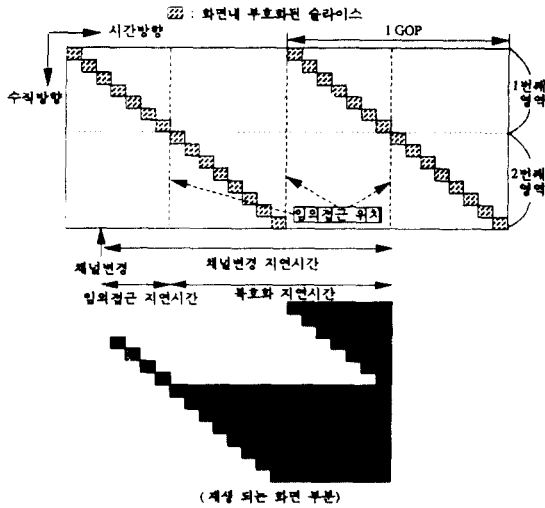


그림 8. 제안된 intra-slice 방식에서 채널변경으로 인한 재생 지연시간(GOP 크기 = 15 화면)

Fig. 8. Display delay time by channel hopping in the proposed intra-slice method(GOP size = 15 pictures)

이동추정과정의 추가제한으로 임의접근 위치는 화면내 부호화된 슬라이스가 각 영역내의 시작 슬라이스 위치에 있으면 그 화면에 존재한다. 채널이 선택된 후 현재 GOP내의 1번째 영역에 속하는 영상들에 대해서는 재생되는 화면이 기존방식과 동일하나, 2번째 영역에 속하는 영상들에 대해서는 이동추정과정에서의 추가제한으로 화면내 부호화된 슬라이스보다 수직방향 위쪽의 화면간 부호화된 슬라이스의 복원이 가능하게 된다. 따라서 제안된 방식은 GOP내의 임의접근 위치수를 증가시켜 임의접근 지연시간을 줄여주고, 결과적으로 채널변경 지연시간을 줄여준다.

임의접근 위치사이의 시간간격은 영역내의 슬라이스 갯수를 N_{is} 로 나눈 값에 비례한다. 최대의 임의접근 위치 사이의 시간간격은 식(5)와 (6)으로부터 N_{s2}/N_{is} 에 비례한다. 따라서 채널변경과 임의접근의 두 위치 사이의 시간간격이 $(N_{s2}/N_{is}) \cdot T$ 이면 임의접근 지연시간이 최대가 된다. 이 경우 임의접근 지연시간(T_{ra2})과 복호화 지연시간(T_{d2}), 그리고 채널변경 지연시간(T_{ch2})은 다음과 같다.

$$T_{ra2} = \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil \cdot T$$

$$T_{d2} = N_g \cdot T \tag{12}$$

$$T_{ch2} = T_{ra2} + T_{d2} = \left(N_g + \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil \right) \cdot T$$

식(4)와 (12)로부터 제안된 방식은 기존방식에 비해 임의접근 지연시간이 줄어들기 때문에 채널변경 지연시간이 줄어든다. 두 방식 사이의 채널변경 지연시간의 차(ΔT_{ch})는 다음 식과 같다.

$$\Delta T_{ch} = T_{ch1} - T_{ch2} = \left(N_g - \left\lceil \frac{N_g}{N_r} \right\rceil \right) \cdot T \tag{13}$$

그림9는 영역갯수의 변화에 따른 $\Delta T_{ch}/T$ 를 나타낸다. $\Delta T_{ch}/T$ 는 구분된 영역갯수, N_r 이 증가할수록 증가하고, $N_r = N_g$ 일 때 최대값을 갖는다. 이 최대값은 식(2)와 (4)에서의 intra-picture방식과 기존의 intra-slice방식의 채널변경 지연시간의 차와 같다. 따라서 제안방식은 intra-picture방식의 채널변경 지연시간까지 최대로 줄일 수 있다.

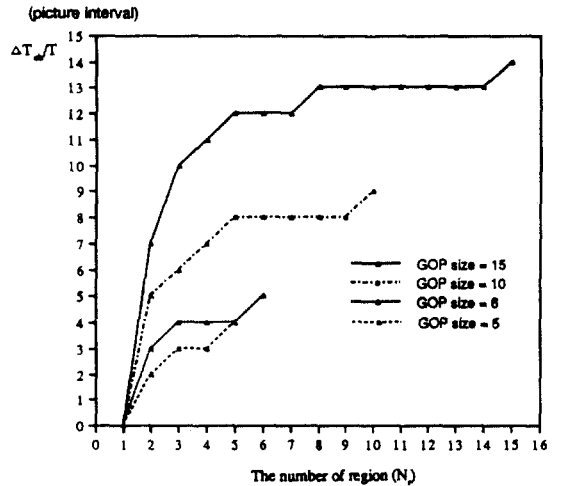


그림 9. 제안방식과 기존방식사이의 채널변경 지연시간의 차
Fig. 9. Difference of channel hopping delay time between conventional and proposed methods

기존방식에 대한 제안방식의 채널변경 지연시간의 이득율(G_{ch})을 다음 식으로 정의할 때,

$$G_{ch} = \frac{\Delta T_{ch}}{T_{ch1}} \times 100 (\%) \tag{14}$$

N_g 가 N_r 의 정수배이거나, N_g 가 N_r 의 정수배가 아니

면서 $N_g \gg N_r$ 이면 다음과 같이 N_r 만의 함수로 근사화할 수 있다.

$$G_{ch} \approx \frac{N_r - 1}{2 \cdot N_r} \times 100 (\%) \quad (15)$$

G_{ch} 는 $N_r = 2$ 인 경우에 약 25% 이고, $N_r = N_g$ 인 경우에 약 50% 이다. 비록 $N_r \geq 3$ 인 경우에는 G_{ch} 가 N_r 의 증가에 따라서 증가하는 하지만 크게 증가하지 않는다. 그리고 구분된 영역의 갯수가 증가하면, 수직방향 위에서 아래로 이동이 많은 영상에 대해 이동추정 제한 조건에 따라 부호화 효율의 감소가 예상된다.

IV. 모의실험 결과

모의실험을 위한 입력 영상은 프레임당 휘도신호는 704×480 , 색도신호는 352×480 크기를 갖는 CCIR601 4:2:2 형태로서 Flower Garden과 Football 영상 59 프레임이다. 부호화방식은 10Mbit/s의 전송 데이터를 조건하에서 적응식 프레임/필드/dualprime 예측모드를 사용한 MPEG-2 Test Model 5⁽⁷⁾의 부호화방식이다.

채널변경 지연시간을 줄이기 위해서 식(4)에 따라 GOP의 크기를 감소시킨 경우 부호화효율에 미치는 영향을 조사해볼 필요가 있는데, 그림10은 MPEG-2

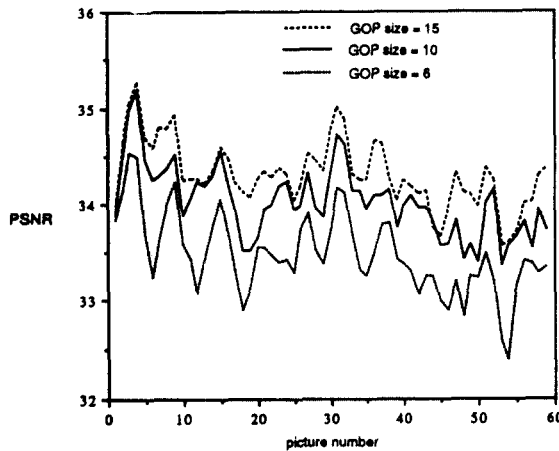


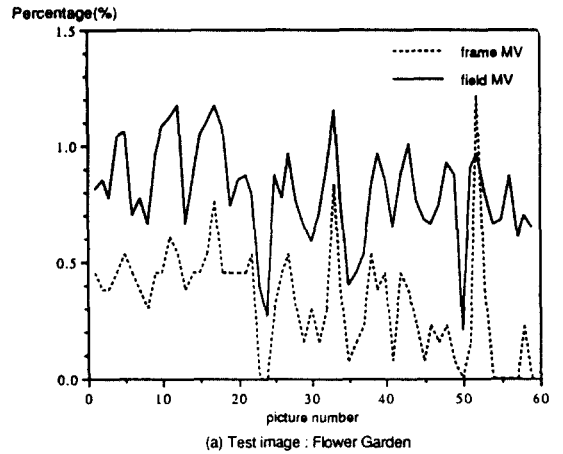
그림 10. GOP 크기에 따른 MPEG-2 intra-slice방식의 부호화성능 (실험영상 : Flower Garden)

Fig. 10. Coding performance of the MPEG-2 intra-slice method according to GOP size. (Test image : Flower Garden)

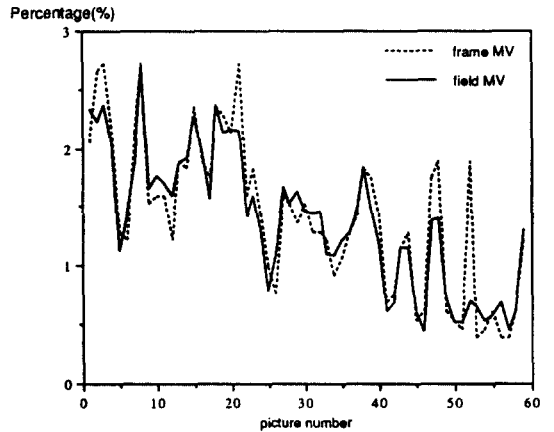
의 intra-slice방식의 GOP크기 변화에 따른 Flower Garden영상의 휘도신호의 부호화 PSNR의 변화를 나타낸다.

GOP크기가 10프레임인 경우는 GOP크기가 15프레임인 경우보다 0.4-0.5dB 정도 PSNR의 감소를 초래하고, GOP크기가 6프레임인 경우에는 1.0-1.2dB 정도 PSNR의 감소를 초래한다. 따라서 GOP의 크기가 감소하면 부호화효율이 크게 떨어짐을 알 수 있다.

다음은 저지연 부호화방식 사이의 부호화성능을 비교한다. 먼저 그림11은 두 영역만 구분(식(6)에서 $N_{is} = 2, N_r = 2$)한 제안된 방식의 이동추정 제한조건



(a) Test image : Flower Garden



(b) Test image : Football

그림 11. 제안방식에서 제한된 이동벡터의 백분율

Fig. 11. The percentage of the restricted motion vectors in the proposed method

(a) Test image : Flower Garden

(b) Test image : Football

에 따라 영향을 받는 화면당 이동벡터수의 비율을 나타낸다.

전체화면을 모두 프레임 예측모드로 가정하거나 또는 필드 예측모드로 가정한 경우에 한 화면에 대해 기존방식에 비해 제안방식에서 제한된 프레임이동벡터(표기: frame MV)와 필드이동벡터(표기: field MV) 수의 비율로서 화면당 총 이동벡터수에 대한 제한된 이동벡터의 백분율을 나타낸다. Football 영상이 Flower Garden 영상에 비해 이동이 크기 때문에 제

한조건에 의해 영향을 받는 이동벡터의 수가 더 많으나 영상당 3%이내로 거의 무시할 수 있다.

그림 12과 그림 13은 GOP크기가 15프레임인 intra-picture와 한 화면마다 두개의 슬라이스를 반복적으로 화면내 부호화한 intra-slice방식, 그리고 단지 두영역만 구분하여 이동 추정을 제한하는 제안된 intra-slice방식(표기: proposed) 사이의 휘도신호의 부호화 PSNR과 화면당 발생 데이터량을 비교한다.

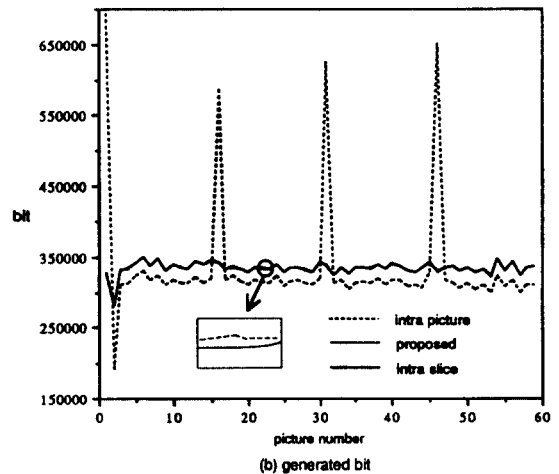
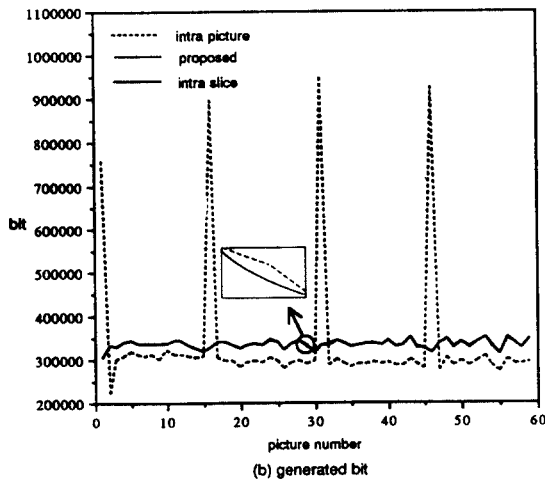
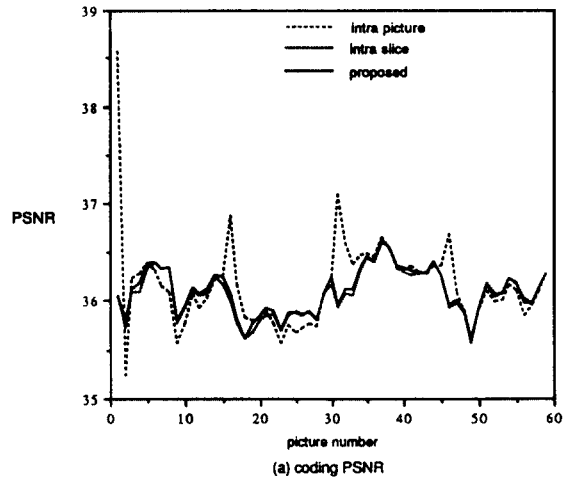
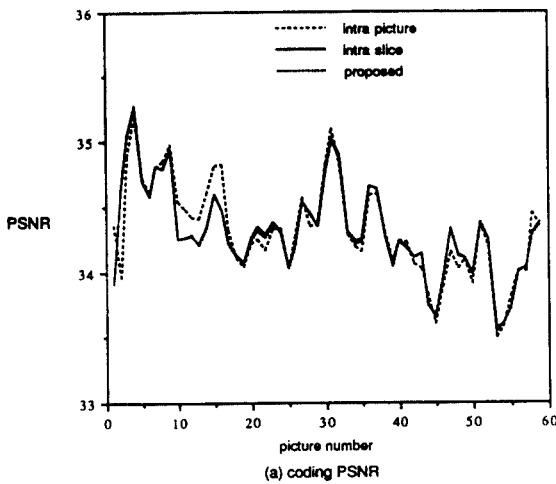


그림 12. Flower Garden 영상에 대한 저지연 부호화성능 비교(데이터 전송률: 10Mbit/s)

Fig. 12. Comparison of low delay coding performance about 'Flower Garden' image (Bit rate: 10Mbit/s)
(a) coding PSNR (b) generated bit

그림 13. Football 영상에 대한 저지연 부호화성능 비교(데이터 전송률: 10Mbit/s)

Fig. 13. Comparison of low delay coding performance about 'Football' image (Bit rate: 10Mbit/s)
(a) coding PSNR (b) generated bit

발생 데이터량 측면에서는 기존과 제안된 intra-slice 방식 사이에서 큰 차이가 없으며, 두가지 intra-slice 방식이 intra-picture방식에 비해 최대 발생 데이터량이 크게 감소함을 알 수 있다. 따라서 intra-slice방식은 intra-picture방식에 비해 화면의 최대 발생 데이터량을 저장하기 위한 버퍼용량이 적으므로 복호화 지연시간을 크게 줄일 수 있다. 부호화성능면에서는 MPEG-2의 intra-picture와 intra-slice 두 방식 사이에는 화면마다 성능의 차이가 다소있지만, 전 화면에 대한 평균 PSNR은 두 방식이 비슷함을 알 수 있다. 그리고 제안된 방식은 기존의 방식에 비해 Flower Garden영상에는 0.01dB, Football 영상에는 0.02dB 정도의 미세한 감소가 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 저지연 영상 압축방식인 MPEG-2의 SIMPLE PROFILE intra-slice방식에 비해 오류 회복시간과 채널변경 지연시간을 줄여주는 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 기존방식에 비해 영상을 수직방향으로 몇개의 영역으로 구분하고, 이동추정 과정에서 영역간 의존성에 제한을 추가하였다. 이렇게 하므로써 임의접근 가능한 화면 사이의 거리를 단축시켜 채널변경 지연시간을 줄일 수 있었다. 제안방식은 GOP크기를 감소시킬 필요없이 구분된 영역갯수에 따라 채널변경 지연시간을 약25%에서 약50%까지 줄일 수 있음을 확인하였다. 모의실험을 통해서 지연시간을 25% 줄이는 경우에도 부호화성능은 기존방식과 거의 비슷함을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. B. W. Beyers, "Digital Television: Opportunities for Change," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 1, Feb. 1992.
2. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 92/010, "Definition of End to End Delay," Jan. 1992.
3. S. Okubo, "Requirements for High Quality Video Coding Standards," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 4, No. 2, Apr. 1992.
4. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 92/740, "CCIR Comments on Information on Requirements for MPEG-2 Video," Nov. 1992.
5. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "ISO/IEC 13818-2 MPEG-2 Committee Draft, Part 2: Video," Nov. 1993.
6. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 92/674a, "Information on Requirements for MPEG-2," Nov. 1992.
7. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 93/457, "MPEG-2 Test Model 5," Mar. 1993.
8. C. Herpel, D. Hepper, and D. Westerkamp, "Adaptation and Improvement of CCITT Reference Model 8 Video Coding for Digital Storage Media Applications," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 2, No. 2, Aug. 1990.



權 純 角 (Soon Kak Kwon) 정희원
 1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업
 1992년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1992년 3월~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중

*주관심분야: 영상신호처리, 디지털신호처리

金 在 均 (Jae Kyoon Kim) 종신회원
 1962년 3월: 항공대학 응용전자공학과 졸업
 1967년 2월: 서울대학교 전자공학과 공학석사
 1971년 8월: 미국 남주대학교 전자공학과 공학박사
 1972년 4월~1973년 3월: 미국 NASA GSFC 연구원
 1973년 4월~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수
 1984년 1월~1985년 6월: 과학기술처 전기전자 연구조정관
 1993년 1월~1994년 12월: 한국통신학회 회장
 1993년 12월~현재: 한국과학기술원 정보통신연구센터 소장