

회전하는 다이아몬드 패턴을 이용한 고속 움직임 추정 기법

준회원 오 창조의불*, 정회원 이 강 준*, 양 시 영**, 종신회원 정 제 창***

Fast Motion Estimation Technique using Revolved Diamond Search Pattern

Changjouibull Oh* *Associate Member*, Kangjun Lee*, Siyoung Yang** *Regular Members*
Jechang Jeong*** *Lifelong Member*

요 약

고용량 고화질 동영상의 빠르고 효율적인 전송을 위해 압축은 반드시 필요한 기술이다. 이를 위해 사용되는 움직임 추정 기술은 동영상을 고효율로 압축할 수 있는 가장 중요한 기술의 하나이다. 제안한 방법은 다이아몬드 탐색 기법을 기반으로 하여 개선하였으며 탐색 패턴에 있어서 분할하거나 혹은 회전하는 다이아몬드의 형태를 갖고 있다. 제안한 방법은 특히 카메라의 이동을 따라 방향성을 갖는 움직임이 큰 영상의 경우에 있어 보다 좋은 화질 향상의 결과를 가지며 움직임이 적은 영상의 경우에 있어서는 보다 적은 탐색 점수로 움직임 추정을 가능하게 함으로서 계산량을 상당수 감소시킬 수 있다. 또한 초기 탐색 점수를 달리하여 화질과 속도 면에 있어서의 비교 우위에 따른 임의의 선택을 가능하게 하였다. 실험 결과 제안한 방법은 다이아몬드 탐색 기법(DS), 육각 탐색 기법(HEXBS)과 비교하여 더 좋은 화질을 유지하면서 보다 적은 탐색 점수를 갖고 움직임 추정을 할 수 있으며 기존의 알고리즘과 비교하여 영상의 움직임의 적고 많음에 따라 적응적으로 탐색 점수를 줄이거나 늘리면서 보다 우수한 성능으로 탐색을 가능하게 한다.

Key Words : Search algorithms, Motion Estimation, Block Matching, Video Signal Processing

ABSTRACT

Video compression is essential technique for fast and efficient transmission of a large amount of video data maintaining high quality. Also, motion estimation and motion compensation is most important technique for efficient video compression. A proposed method is improved diamond search method which uses split diamond pattern and rotated diamond pattern. In particular, the proposed method shows superb result when it is used for the sequence with a direction of camera moving. Moreover when it is used for the sequence with little motion, complexity is reduced considerably by using fewer search points. Also, by varying the number of initial search points, the propose method can provide several options in terms of quality or speed. Simulation results shows that the proposed method sustains better visual quality compared with diamond search method and HEXBS even by using fewer search points. Besides, compared with existing methods, it is able to conduct a motion estimation more efficiently by changing the number of search points adaptively according to motion of video data.

* 이 논문은 2007년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었음.

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신 및 신호처리 연구실 (changburi@ece.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 전자통신전파공학과 영상통신 및 신호처리 연구실 (wirebel@ece.hanyang.ac.kr)

*** 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 (jjeong@ece.hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-12-518, 접수일자 : 2006년 12월 2일, 최종논문접수일자 : 2007년 1월 2일

I. 서론

최근 HDTV, T-DMB, S-DMB 등과 이동 통신 서비스의 발달로 인해 고용량 고화질 동영상의 빠르고 효율적인 전송을 위한 기술이 중요시 되고 있으며 이를 위한 실시간 트랜스코딩(transcoding) 등과 같은 응용 기법의 연구가 활발히 진행되고 있다. 영상의 실시간 전송을 위한 저 전송률을 갖는 비디오 압축 기법에서 핵심적인 기능 중 인접한 화면 간에 유사성을 이용하여 차이 성분만을 전송하는 움직임 추정(ME: Motion Estimation)은 시간적인 중복성을 제거하여 동영상을 효율적으로 압축 할 수 있게 해준다.

움직임 추정 기술은 시간 축으로 연속된 화면들 간에 배경 혹은 물체가 이동한 변위를 나타내는 움직임 벡터를 찾아 그 값을 전체 영상의 데이터 대신 압축하여 전송함으로써 압축률을 높이는 기법을 말한다. 이 움직임 벡터를 찾기 위해 사용되는 움직임 추정 기법에는 블록 정합 방식(BMA: Block Matching Algorithm)이 있으며 이 중 가장 일반적인 형태의 탐색 기법에는 전역 탐색 기법(FS: Full Search)이 있다. 그러나 전역 탐색 기법의 경우 가장 좋은 화질을 나타낼 수 있지만 현재 프레임과 참조 프레임 사이의 탐색 범위 이내의 모든 지점에 대한 블록 정합 기준을 검사해야 하므로 실시간 처리에 어려움이 있다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 고속 블록 정합 방식들이 연구되어 왔다.

고속 블록 정합 방식은 크게 원점을 중심으로 탐색을 수행하는 방식과 인접한 블록 혹은 인접한 화면간의 시간적, 공간적인 상관관계를 이용하는 방식으로 분류할 수 있는데 TSS, NTSS^[1], DS^[4], CDS^[5], NCDS^[11], HEXBS^[6] 등과 같이 원점을 중심으로 탐색을 수행하는 방식과 MVFAST^[8], PMVFAST^[9]와 같이 주변 블록의 움직임 벡터를 이용하는 방법을 들 수 있다. 이 중 가장 우수한 성능을 나타내는 시간적, 공간적인 상관성을 이용하는 기법들인 MVFAST, PMVFAST의 경우 예측된 중심점으로부터의 기본적인 탐색 패턴으로는 다이아몬드 탐색 기법을 수행하게 되므로 보다 정확하고 빠르게 움직임 벡터를 찾기 위해서는 원점을 중심으로 탐색을 수행하는 방식의 성능은 더욱 중요하다 할 수 있다.

탐색 영역의 원점에서부터 정해진 패턴으로 움직임 추정을 하는 기존의 잘 알려진 블록 정합 방식

들 중 대표적인 기법들로는 다이아몬드 탐색 기법(DS: Diamond Search), 육각 탐색 기법(HEXBS: Hexagon-based Search) 등을 들 수 있으며 이 중 다이아몬드 탐색 기법은 화질 대비 속도에 있어서 좋은 성능을 보이지만 블록 정합을 하기 위해서 많은 초기 탐색 점수를 필요로 하고 또한 움직임이 많은 영상의 경우에 있어서는 속도가 저하된다는 단점이 있다. 반면 육각 탐색 기법은 보다 적은 탐색점수를 가지고 고속의 연산을 수행할 수 있지만 그에 따른 화질의 저하가 발생하게 된다. 또한 CDS, NCDS와 같은 최근의 기법들의 경우도 속도의 향상은 있지만 복잡도가 증가하고 화질이 저하된다는 단점을 가지고 있다.^{[6], [10]-[11]}

본 논문에서 제안한 방법인 분할 회전 다이아몬드 탐색 기법(SRDS: Splitted and Rotating Diamond Search)은 기본적으로 다이아몬드 탐색 기법의 탐색 패턴을 응용하여 새로운 탐색 패턴을 제안하였으며 그 성능에 있어서는 다이아몬드 탐색 기법보다 더 좋은 화질을 가지면서 육각 탐색 기법보다 더 적은 탐색 점수를 가지고 고속의 연산 수행을 가능하게 한다. 특히 영상에 있어 많은 비중을 차지하는 카메라의 특성과 관련된 즉 카메라 패닝(panning), 확대(zoom in), 축소(zoom out)와 같은 카메라의 이동에 따라 방향성을 갖고 움직이는 영상일 경우 보다 좋은 성능을 가지며 움직임이 적은 영상일 경우는 축소된 초기 탐색점수를 통해 더 빠른 연산을 가능하게 한다.

그리고 제안한 방법은 MPEG-1/2/4와 같은 ISO(International Standardization Organization)의 MPEG(Motion Picture Expert Group)계열과 H.261, H.263, H.264와 같은 ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)의 H.26x 계열의 국제 동영상 압축 표준에 적용이 가능하여 움직임 추정에 필요한 연산량을 줄임으로서 실시간 구현을 가능하게 하고 또한 기존의 고속 움직임 추정 기법에서 발생하는 화질 저하를 방지함으로써 보다 효율적인 움직임 추정을 수행할 수 있게 한다.

II. 기존의 고속 움직임 추정 기법

기존의 움직임 추정 기법들 중 잘 알려진 대표적인 기법들로는 3단계 탐색 기법(TSS: Three Step Search), 새로운 3단계 탐색 기법(NTSS: New Three Step Search)^[1], 4단계 탐색 기법(FSS: Four

Step Search)^[2], BBGDS(Block Based Gradient Descent Search)^[3], 다이아몬드 탐색 기법(DS: Diamond Search)^[4], 십자 다이아몬드 탐색 기법(CDS: Cross Diamond Search)^[5], 육각 탐색 기법(HEXBS : Hexagon-based Search)^[6], 새로운 십자 다이아몬드 탐색 기법(NCDS: New Cross Diamond Search)^[11] 등이 있으며 시간적, 공간적 상관성을 이용하는 기법으로서는 주변 이웃한 블록들의 움직임 벡터와 이전 프레임에서의 동일 지점의 움직임 벡터를 이용하는 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(MVFAST: Motion Vector Field Adaptive Search Technique)^[8], 예측된 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(PMVFAST: Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique)^[9] 등이 있다.

이 중 모든 움직임 추정에 있어서 기본적인 탐색 형태로 사용되어 지는 원점을 중심으로 탐색을 수행하는 기법들에 대해서 알아본다.

2.1 다이아몬드 탐색 기법(Diamond Search)

그림 1은 다이아몬드 탐색 기법(DS: Diamond Search)의 탐색 패턴에 대해 나와 있다. 다이아몬드 탐색 기법은 원점을 중심으로 움직임을 추정하는 기존의 다른 기법들에 비해서 화질과 속도 면에 있어서 가장 좋은 성능을 보인다. 그림 1-(a)와 같은 LDSP(Large Diamond Search Pattern)을 이용하여 탐색을 수행한 후 최소 블록 정합 오차 값의 변화가 없을 경우 그림 1-(b)와 같이 해당 지점의 주변 4점에 대한 SDSP(Small Diamond Search Pattern) 탐색을 한 번 수행한 후 탐색을 종료한다.

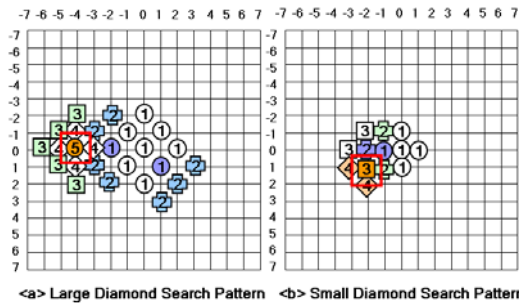


그림 1. 다이아몬드 탐색 기법

2.2 육각 탐색 기법(HEXBS)

그림 2는 육각 탐색 기법(HEXBS: Hexagon-based Search)을 나타낸다. 육각 탐색 기법은 기존의 기법들에 비해서 비교적 우수하게 고속 탐색을 수행할 수 있으며 이는 영상의 움직임 벡터의 분포

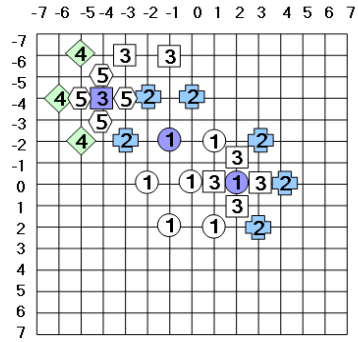


그림 2. 육각 탐색 기법 HEXBS

가 원점을 중심으로 더욱 원형에 가깝게 분포한다는 사실을 이용한 것으로 고속 수행에 비해 비교적 정확한 탐색을 수행할 수 있게 하는 장점이 있다. 탐색 패턴은 그림 2에서와 같이 최소 블록 정합 오차 지점의 변화가 없을 때까지 육각형의 탐색을 수행하고 최종적으로 SDSP를 한 번 수행한 후 움직임 벡터를 결정한다.

III. 기존 고속 움직임 추정 기법들의 문제점

주변에 인접한 매크로 블록의 움직임 벡터를 사용하지 않고 원점을 기준으로 탐색을 시행하는 기존 기법들 중 가장 잘 알려져 있고 우수한 성능을 나타내는 기법으로는 다이아몬드 탐색 기법(DS)과 육각 탐색 기법(HEXBS) 등을 들 수 있다. 이 중 다이아몬드 탐색 기법의 경우 영상의 화질 대비 속도에 있어서 가장 우수한 성능을 나타냄으로 인해 많은 개선된 방식들이 연구되어 왔다. 또한 육각 탐색 기법은 기존의 기법들에 비해서 비교적 우수한 고속 탐색을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그러나 이 기존의 두 가지 방식이 가지고 있는 문제점을 살펴보면 첫 번째로 많은 초기 탐색 점수를 필요로 한다는 점을 들 수 있다. 다이아몬드 탐색 기법의 경우는 움직임 추정 패턴에 있어서 초기에 원점을 중심으로 9점을 검사한 이후 LDSP를 통해 확장 탐색을 수행하고 최종적으로 SDSP를 한번 더 수행하게 됨으로서 기본적으로 하나의 움직임 벡터를 찾는데 최소 13점을 탐색해야 되며 또한 육각 탐색 기법의 경우는 초기 7점과 최종적인 SDSP의 탐색 과정을 통해 최소 11개의 탐색점을 필요로 한다. 그러나 영상에 있어서 대부분의 블록의 움직임 벡터는 원점 근처에 존재하거나 움직임

벡터 값이 0인 즉 움직임이 없는 경우가 많기 때문에 상기 방식들의 최소 탐색 점수는 불필요한 수행 시간을 요구한다는 단점을 가지고 있다.

두 번째 문제로는 고속 연산 수행 시 화질의 저하가 발생할 수 있다는 점이다. 육각 탐색 기법은 초기 탐색 이후 3점만을 추가로 확장하여 탐색함으로써 다이아몬드 탐색 기법 보다 속도를 더 향상시킬 수는 있지만 초기 탐색에서 해당 블록의 최소 블록 정합 오차를 가지는 지점의 방향이 아닌 잘못된 방향을 선택하였을 경우 국부 최소점(local minimum point)에 빠지게 될 수 있다. 또한 탐색 패턴에 있어서 픽셀 간의 사이를 건너뛰어서 탐색하게 됨으로 인해 세밀한 탐색을 수행하지 못하여 결국 해당 블록의 최소 정합 오차 지점을 제대로 찾지 못하게 되는 경우가 발생하며 이는 곧 화질의 저하를 가져오게 된다.

그리고 세 번째 문제로는 확장 탐색 도중 최소 블록 정합 오차 지점을 찾기 위한 탐색 방향 수정시 발생하게 되는 연산량의 증가를 들 수 있다. 잘못된 탐색 패턴의 방향을 수정하기 위해 다이아몬드 탐색 기법의 경우 가로축, 세로축으로 3점 혹은 5점 씩 ± 1 , ± 2 픽셀 씩 점진적으로 탐색 점수를 확장해서 탐색 패턴을 이동하게 되므로 움직임이 많은 영상의 경우에는 더욱 많은 탐색 점수를 필요로 하게 된다. 이는 결국 최소 블록 정합 오차를 계산하기 위한 시간을 늘림으로서 수행 속도의 저하를 가져오게 된다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 많은 개선된 방식들이 제안되어 왔지만 화질의 향상을 가져오면서 수행 시간을 줄이는 것에는 많은 어려움이 따르는 것이 사실이다.

IV. 제안하는 움직임 추정 기법

4.1 초기 탐색 모드

제안하는 방법은 초기 탐색 점을 수행함에 있어서 움직임 벡터가 원점을 중심으로 분포하는 특성과 영상의 화면 비율(aspect ratio)에 있어 가로 화면이 세로 화면보다 더 큰 특성을 이용하여 초기 탐색 점의 분포를 원점을 중심으로 가로 축으로 늘여서 초기 탐색을 수행하게 된다. 또한 이러한 화면의 종횡비 특성과 더불어 영상의 움직임이 대부분 이 수평 혹은 수직적으로 존재한다는 사실과 카메라 패닝(panning) 혹은 영상의 확대(zoom in), 축소(zoom out) 등이 이루어 질 때 역시 영상의 수평

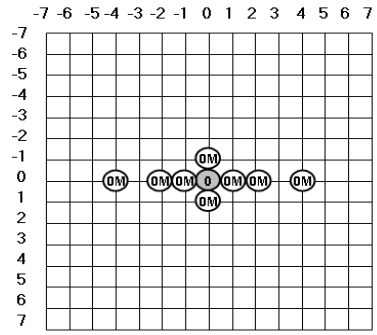


그림 3. 제안하는 방법의 초기 탐색 모드

적인 움직임이 수직 축에 존재하는 움직임 보다 크다는 사실을 이용하였다. 또한 초기 탐색 모드를 7점, 9점, 11점 등으로 확장함으로써 영상의 화질과 연산량과의 비율을 선택적으로 조절할 수 있게 한다. 그림 3은 제안하는 방법의 초기 확장 모드를 나타낸다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 원점을 중심으로 초기 탐색 점들의 위치가 가로축으로 길게 늘어져 있는 것을 볼 수 있으며 원점과 인접한 6개의 탐색 점은 영상의 움직임이 적은 경우 원점을 중심으로 적은 범위내에서 최소 블록정합 오차 값을 가짐을 고려하였다. 또한 원점에서 ± 4 떨어진 두 점의 경우는 영상의 움직임이 큰 경우 보다 빠르고 정확한 탐색을 수행하기 위해서 원점과 간격을 두고 존재한다.

4.2 확장 탐색 모드

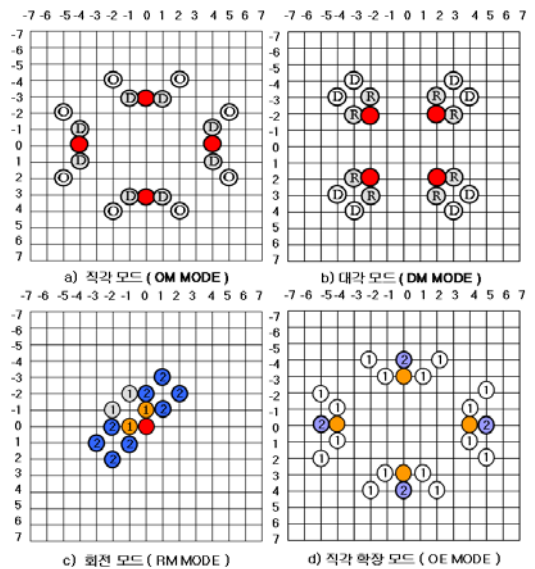


그림 4. 제안한 방법의 여러 가지 확장 방법

그림 4는 제안한 방법인 분할 회전 다이아몬드 탐색 기법(SRDS)의 여러 가지 탐색 방향과 패턴을 나타낸다. 제안하는 방법은 직각 모드, 대각 모드, 회전 모드, 직각 확장 모드로 나누어진다. 우선 각각의 모드에 대해 살펴보면

4.2.1 직각 모드(OM: Orthogonal Mode)

우선 그림 4-(a)의 직각 모드는 영상의 움직임이 대부분 수평 혹은 수직으로 존재한다는 사실을 고려하여 착안하였으며 이전 탐색 단계에서의 최소 블록 정합 오차 지점의 위치에 따라 대각 모드(DM: Diagonal Mode)와 직각 확장 모드(OE: Orthogonal Expansion mode)로 확장이 이루어진다. 초기 탐색 지점에서는 원점 이외의 탐색 지점이 선택되었을 경우 이 OM 탐색을 수행하게 되며 그림 4-(a)에서 0로 표기된 지점이 최소 블록 정합 오차를 지닐 경우 계속해서 이 4점을 더 확장해서 탐색을 수행하게 된다.

4.2.2 대각 모드(DM: Diagonal Mode)

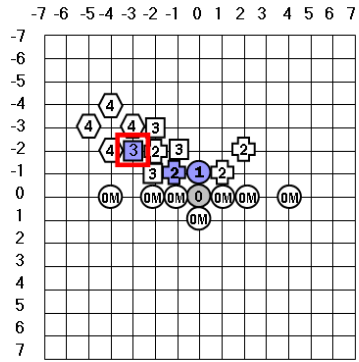
그림 4-(b)의 대각 모드는 영상의 움직임의 방향이 대각 방향으로 존재할 경우나 혹은 잘못된 방향으로 탐색을 수행하였을 경우 다음 단계에서 DM 패턴의 방향을 바꿔주는 회전 모드로 변환하여 탐색이 가능하도록 해준다. 우선 이전 단계의 최소 블록 정합 오차 지점에서 원점과 반대의 대각선 방향으로 ± 1 떨어진 곳을 기준점으로 삼고 다이아몬드 탐색 기법의 SDSP로 주변 4점의 탐색을 수행하게 된다. 즉 중심 지점이 빈 상태인 다이아몬드 형태로 볼 수 있다. 또한 이 대각 모드 수행 이후 최소 블록 정합 오차 값의 변화가 없을 경우 탐색을 종료하게 된다.

4.2.3 회전 모드(RM: Rotation Mode)

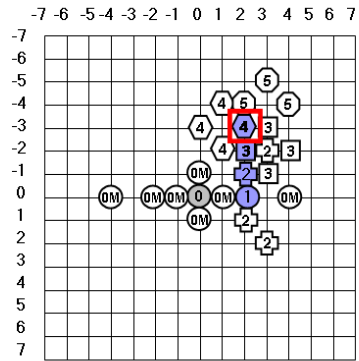
그림 4-(c)의 회전 모드는 DM 탐색 후 해당 탐색 방향에서 중간에 위치한 두 지점이 즉 그림 4-(b)의 R로 표기된 지점이 선택 되었을 경우 수행되며 이는 이전 DM 탐색 단계에서 잘못된 방향을 선택하였을 경우 정확한 최소 블록 정합 오차 지점을 찾기 위해 방향성을 바꾸어 회전함으로써 보다 정확한 탐색을 가능하게 해준다. 탐색 패턴은 그림 4-(c)에서 보듯이 이전 단계의 DM 패턴에서 90도 변위 된 방향의 DM 탐색을 수행하게 된다.

4.2.4 직각 확장 모드(OE: Orthogonal Expansion mode)

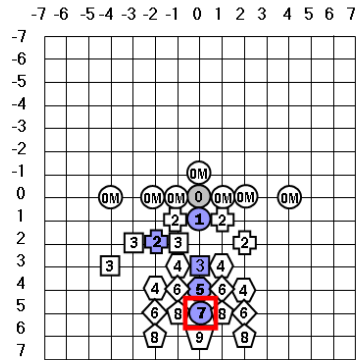
그림 4-(d)의 직각 확장 모드는 이전 OM 탐색



a) 종료 조건 1 - DM 모드 이후 최소 블록 정합 오차값의 변화가 없을 경우



b) 종료 조건 2 - RM 모드 이후 최소 블록 정합 오차값의 변화가 없을 경우



c) 종료 조건 3 - OE 모드 이후 최소 블록 정합 오차값의 변화가 없을 경우

그림 5. 제안하는 방법의 움직임 벡터 추정 패턴

이후 단 한 점만을 더 확장 탐색하여 변화가 있을 경우 다시 해당 방향의 OM 탐색을 수행하고 변화가 없을 경우는 탐색을 종료함으로써 보다 세밀하고 빠르게 최소 블록 정합 오차 지점을 검사할 수 있게 해준다. 이는 DM 탐색과 함께 움직임 추정의 속도를 높이는데 중요한 역할을 한다.

그림 5에서는 제안한 방법의 다양한 탐색 패턴과 움직임 벡터를 결정하기 위한 종료 조건을 나타낸다. 그림 5-(a)의 경우는 DM 탐색 패턴과 종료

조건을 나타내며 그림 5-(b)의 경우는 RM 탐색 패턴과 종료 조건 그리고 그림 5-(c)의 경우는 OM과 OE의 탐색 패턴과 종료 조건을 나타낸다.

- 단계 1) 그림 5-(a)에서 보듯이 9 개의 초기 탐색 지점에서 최소 블록 정합 오차점이 원점 이외의 점이 선택 되었을 경우 그림 4-(a)에서 보이는 패턴과 같이 선택된 지점과 동일한 방향으로 4 점을 확장해서 OM 탐색을 수행하게 된다. 만약 원점이 선택되었을 경우는 탐색을 종료한다.
- 단계 2) 초기 탐색 단계 혹은 이 후 확장 단계에서 OM이 선택된 이 후 4-(a)에서 영문 대문자 O로 표기된 지점이 최소 블록 정합 오차를 지닐 경우 그림 5-(c)의 2번과 3번 단계에서와 같이 동일 방향으로 확장해서 계속 OM 탐색을 수행하며 만약 영문 대문자 D로 표기된 지점이 최소 블록 정합 오차를 지닐 경우에는 그림 5-(a)와 (b)에서의 3번 단계에서와 같이 DM 탐색을 수행하게 된다.
- 단계 3) 만약 OM 탐색 후 최소 블록 정합 오차 값의 변화가 없을 경우 그림 4-(d)에서의 패턴을 갖는 OE로 탐색 모드를 변환한다. 그림 5-(c)에서의 5번, 7번, 9번 단계에서와 같이 동일한 직각 방향으로 한 점을 더 탐색하고 만약 최소 블록 정합 오차 값의 변화가 더 이상 없을 경우는 탐색을 종료한다. 그리고 만약 최소값의 변화가 있을 경우 그림 5-(c)에서의 4번, 6번, 8번 단계에서와 같이 역시 동일한 방향으로 다시 OM 탐색을 수행하게 된다.
- 단계 4) 단계 2에서 그림 4-(a)의 영문 대문자 D로 표기된 지점이 해당 탐색 단계에서 최소 블록 정합 오차를 지닐 경우 해당 방향의 DM 탐색을 수행하고 만약 최소값의 변화가 없을 경우에는 이전 단계의 최소 블록 정합 오차 지점을 움직임 벡터로 결정하고 탐색을 종료한다. 그리고 만약 DM 탐색 이후 그림 4-(b)에서 영문 대문자 D로 표기된 지점이 최소값을 지닐 경우는 동일 방향으로 계속해서 DM 탐색을 수행하고 그림 4-(b)에서 영문 대문자 R로 표기된 지점이 최소값을 지닐 경우는 그림 5-(b)에서의 4번과 5번 단계와 같이 이전 단계의 탐색 방향에서 90도 변위 된 방향으로 다시 DM 탐색을 수행하게 된다.

4.3 여러 가지 초기 탐색 모드

제안하는 기법 SRDS는 화질과 탐색 속도간의

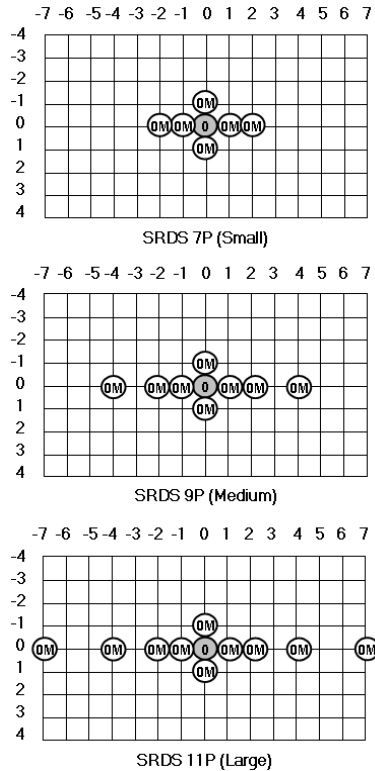


그림 6. 여러 가지 탐색 점수를 가지는 초기 탐색 모드

임의의 선택을 위해 초기 탐색 점수와 형태를 조절할 수 있으며 다음의 그림 6에서는 다양한 탐색 점수를 가지는 여러 가지 초기 탐색 모드를 나타낸다.

위에서 제안한 방식의 기본적인 초기 탐색 모드는 SRDS 9P(Medium) 방식으로 초기 탐색을 위해 9개의 점의 가진다. 여러 가지 초기 탐색 모드의 속도에 대한 비교는 그림 11과 표 1에 그리고 화질에 대한 비교는 표 2에 나타나 있다.

SRDS 7P(Small) 방식은 초기 탐색점수로서 7점을 가지며 정지 영상과 같이 움직임의 변화가 거의 없는 영상의 부호화 시 혹은 실시간 처리가 필요할 경우 고속으로 탐색을 수행하게 해준다. 그러나 큰 화질의 향상을 가져오지는 않는다.

SRDS 9P(Medium) 방식의 경우는 초기 9개의 탐색 점수를 가지며 대부분의 영상의 화질에 있어서 다이아몬드 탐색 기법과 동일하거나 혹은 움직임이 큰 영상에서는 보다 높은 화질의 향상을 가져올 수 있다. 또한 움직임이 큰 영상의 경우에 있어서는 중심에서 ±4 떨어진 지점의 효과로 인하여 동일하거나 더 빠른 탐색을 수행할 수 있다.

SRDS 11P(Large) 방식의 경우는 위에서 제안하

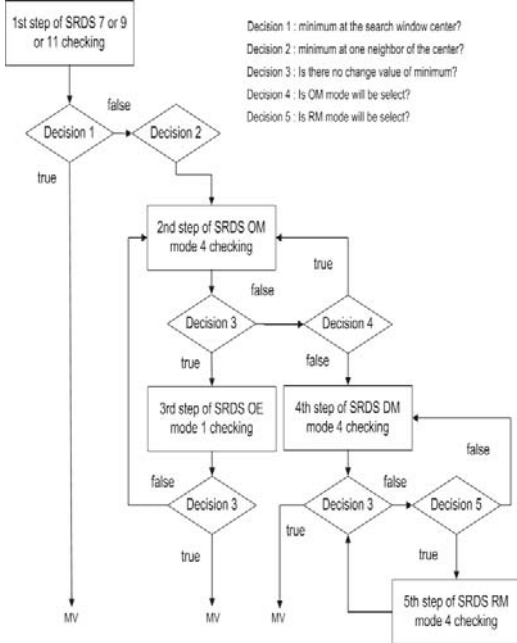


그림 7. 제안하는 방법의 순서도

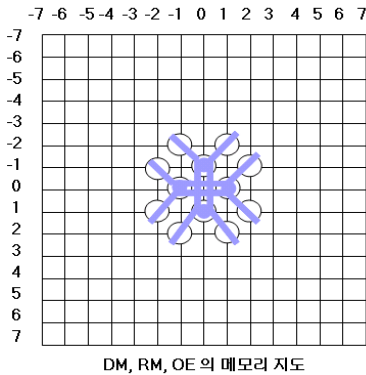


그림 8. 제안하는 방법의 메모리 구조

였듯이 초기에 11개의 탐색 점수를 가지며 Medium 방식과 같이 직각 방향의 움직임이 큰 경우뿐만 아니라 대각 방향의 움직임이 많은 경우 혹은 영상의 크기가 커질 경우 화질의 향상을 가져 올 수 있다.

다음의 그림 7에서는 제안한 방법인 SRDS 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

다음의 그림 8은 제안하는 방법의 각 모드들인 OM, DM, RM, OE의 탐색 점을 좌표 안에 함께 도시 한 것이다. 제안하는 방법은 여러 가지 모드로 인해 복잡도가 높고 부가적인 메모리를 많이 필요로 하여 구현에 어려운 것처럼 보이나 실제 알고리즘 구현을 위해서는 그림 8에서의 메모리 구조에서 볼 수 있듯이 초기 모드를 제외한 OM, DM,

RM, OE 모드 각각을 구현하기 위해서 12개의 점을 필요로 함으로서 간단한 구현이 가능하다.

V. 실험 환경 및 결과

5.1 실험 환경

5장에서는 제안한 방법의 성능을 기존의 방법과 비교한다. 성능 실험을 위해서 비디오 부호화기로 MPEG2 TM5 모델이 사용되었으며 실험 영상으로는 CIF(352×288) 크기를 갖는 11개의 테스트 시퀀스가 사용되었다. 실험에 사용된 영상 시퀀스는 영상이 갖는 움직임의 특성에 따라 비교적 움직임이 큰 영상인 Football, Stefan, Bus와 상대적으로 중간 정도의 움직임을 갖는 Coastguard, Flower, Dancer 그리고 적은 움직임을 갖는 Waterfall, Hallmonitor, Tempete, Container, Akiyo 영상이 각각 사용되었으며 실험에 적용된 각 영상의 프레임 수는 표 1과 표 2에 표기하였다. 또한 성능 비교를 위하여 화질에 있어서 원영상과 움직임 벡터 산출을 통해 재구성된 화면과의 차이를 통해 객관적인 화질을 평가하는 기준인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)이 사용되었으며 인간의 시각 특성이 색차 신호 보다는 휘도 신호에 민감하다는 점을 고려하여 휘도 성분 Y의 PSNR 값만을 평가 요소로 고려하였다. 그리고 FS, DS, HEXBS 와 제안한 방법인 분할 회전 다이아몬드 탐색 기법(SRDS)과의 비교를 위한 탐색 범위로 $W=16$ 이 사용되었으며 각각의 방법들에 대해 목표 비트율(target bitrate)을 저 비트율인 112kbps에서 512kbps 그리고 고 비트율인 1024kbps로 각각 달리하여 부호화 하였다. 그리고 제안한 방법의 경우 초기 탐색 점수에 따라 SRDS 이 후 7P, 9P, 11P의 표시를 하였고 특별한 표시가 없는 경우는 기본적인 모드인 9P를 나타낸다.

5.2 계산량 비교

표 1에서는 기존의 방법들과 제안한 방법의 평균 탐색 점수를 통한 계산량을 비교하였다. 계산량 비교를 위해 하나의 움직임 벡터를 찾는 데 소요되는 탐색 점수를 나타내는 평균 탐색점수(ANSP: Average NSP)를 사용하였으며 전역 탐색 기법과의 ANSP 비율을 통하여 기존의 방법과 제안한 방법의 속도 성능을 측정하였다. 표 1에서 전체 테스트 영상에 대한 ANSP 비율을 평균한 표 1의 AVERAGE 항목에서의 결과에서 볼 수 있듯이 제안한 방법의 Small 방식 즉 SRDS 7P의 경우 시간

과 공간적 상관성을 이용하지 않는 기존의 잘 알려진 방법 중 가장 고속으로 평가되는 육각 탐색 기법 HEXBS와 비교하여 약 23%정도 빠른 움직임 추정을 수행할 수 있으며 또한 Medium 방식 즉 SRDS 9P 같은 경우는 HEXBS보다 약 6% 빠른 속도를 가지는 것을 볼 수 있다. 제안한 방법과 기존 방법들과의 속도를 비교하면 $FS < DS < SRDS 11P(Large) < HEXBS < SRDS 9P(Medium) < SRDS 7P(Small)$ 과 같으며 우측으로 갈수록 속도가 빠름을 나타낸다.

표 1. 기존의 방법들과 제안한 방법과의 평균 탐색 점수 대비를 이용한 속도 비교

MPEG2 test sequence (frames)	Algorithms					
	FS	DS	HEXBS S	SRDS 7P	SRDS 9P	SRDS 11P
dancer(250)	1.00	30.64	42.06	34.38	37.14	33.33
football(90)	1.00	27.88	37.90	31.54	35.79	30.75
stefan(300)	1.00	43.52	54.95	55.35	53.92	47.50
coastguard(300)	1.00	49.93	62.12	59.55	52.65	53.86
bus(150)	1.00	40.97	51.98	53.06	54.68	48.05
hallmonitor(330)	1.00	64.24	76.08	105.27	84.88	71.12
tempete(260)	1.00	61.65	73.16	91.60	76.49	65.38
waterfall(260)	1.00	67.33	77.51	115.07	91.06	75.33
container(300)	1.00	66.62	76.53	119.38	93.78	77.25
akiyo(300)	1.00	67.29	77.29	120.93	94.69	77.80
flower(250)	1.00	51.55	63.48	65.30	57.35	53.34
AVERAGE	1.00	51.96	63.01	77.40	66.58	57.61

다음의 그림 9와 그림 10에서는 Bus와 Stefan 영상의 각 프레임 당 평균 탐색 점수를 나타내었다. 그림 9에서 보면 알 수 있듯이 Bus 영상의 경우 카메라 확대(zoom in)에서 카메라의 이동(panning)으로의 전환이 이루어지는 73~80프레임 구간을 제외한 전 구간에서 기존의 방법들인 DS, HEXBS와 비교하여 비슷하거나 더 적은 탐색 점수를 가지고 고속의 연산을 수행하게 되지만 화질에 있어서는 DS와 비교하여 비트율에 따라 PSNR이 최고 0.93dB 향상되는 것을 볼 수 있다.

그리고 그림 10에서는 Stefan 영상의 각 프레임 당 평균 탐색 점수를 나타내며 카메라의 이동(panning)이 있는 85~100 프레임 그리고 212~285 프레임 사이와 카메라 확대(zoom in)가 일어나는 285~300 프레임 사이에서 연산량이 증가하지만 그

림 13에서 볼 수 있듯이 DS, HEXBS와 비교하여 보다 세밀한 탐색을 수행하게 되어 화질의 향상을 가져오게 된다.

그리고 그림 11에서는 Akiyo 영상의 각 프레임 당 평균 탐색 점수를 나타내며 제안한 방법의 초기 탐색 모드를 7P, 9P, 11P로 나누었을 때의 각각의 속도 성능을 비교하였다. 움직임이 적은 영상의 경우는 대부분의 움직임 벡터가 원점 중심에 분포하기 때문에 이러한 초기 탐색 점수의 축소는 많은 속도 향상을 가져오게 된다.

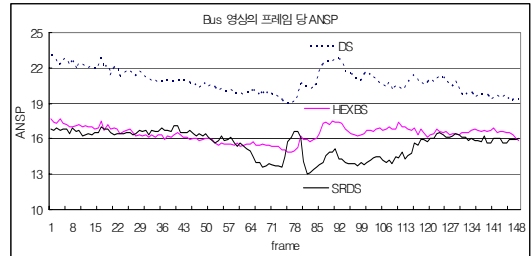


그림 9. Bus 영상에서 각 방식들의 프레임 당 ANSP 비교

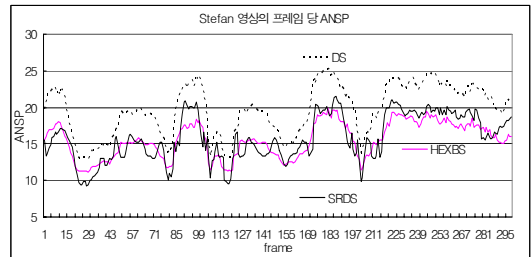


그림 10. Stefan 영상에서 각 방식들의 프레임 당 ANSP 비교

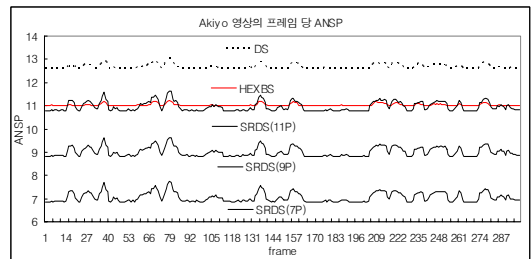


그림 11. Akiyo 영상에서 각 방식과 여러 초기 모드의 프레임 당 ANSP 비교

5.3 화질 비교

표 2에서는 기존의 방법들과 제안한 방법과의 화질을 비교하였으며 각각의 방법들의 목표 비트율에 따른 PSNR 값을 측정하였고 제안한 방법과 기존의 방법들인 DS, HEXBS와의 PSNR 차이값을

표 2. 각 방식들의 PSNR 비교

MPEG2													
test sequence	Bitrate	FS	DS	HEXBS	SRDS	VS.	VS.	SRDS	VS.	VS.	SRDS	VS.	VS.
		7P	DS	HEXBS	7P	DS	HEXBS	9P	DS	HEXBS	11P	DS	HEXBS
		PSNR	PSNR	PSNR	PSNR	Δd	Δd	PSNR	Δd	Δd	PSNR	Δd	Δd
Dancer (250 frames)	112	30.31	30.23	30.20	30.20	-0.03	0.00	30.21	-0.02	0.01	30.22	-0.01	0.02
	512	34.12	33.27	33.15	33.15	-0.12	0.00	33.37	0.10	0.22	33.41	0.14	0.26
	1024	38.43	37.74	37.63	37.63	-0.11	0.00	37.86	0.12	0.23	37.89	0.15	0.26
Football (90 frames)	112	28.87	28.77	28.75	28.76	-0.01	0.01	28.75	-0.02	0.00	28.75	-0.02	0.00
	512	30.03	28.98	28.96	28.97	-0.01	0.01	28.97	-0.01	0.01	28.98	0.00	0.02
	1024	34.84	33.35	33.29	33.35	0.00	0.06	33.47	0.12	0.18	33.47	0.12	0.18
Stefan (300 frames)	112	23.16	22.87	22.86	22.89	0.02	0.03	22.93	0.06	0.07	22.94	0.07	0.08
	512	25.19	23.40	23.38	23.49	0.09	0.11	23.62	0.22	0.24	23.64	0.24	0.26
	1024	29.41	26.80	26.77	26.97	0.17	0.20	27.39	0.59	0.62	27.45	0.65	0.68
Coastguard (300 frames)	112	25.32	25.27	25.26	25.28	0.01	0.02	25.28	0.01	0.02	25.29	0.02	0.03
	512	28.95	28.54	28.49	28.69	0.15	0.20	28.69	0.15	0.20	28.74	0.20	0.25
	1024	32.14	31.80	31.77	31.89	0.09	0.12	31.86	0.06	0.09	31.94	0.14	0.17
Bus (150 frames)	112	23.77	23.38	23.36	23.43	0.05	0.07	23.49	0.11	0.13	23.50	0.12	0.14
	512	25.75	23.48	23.44	23.89	0.41	0.45	24.20	0.72	0.76	24.23	0.75	0.79
	1024	29.45	26.94	26.87	27.37	0.43	0.50	27.82	0.88	0.95	27.87	0.93	1.00
Hallmonitor (330 frames)	112	26.93	26.93	26.93	26.93	0.00	0.00	26.93	0.00	0.00	26.93	0.00	0.00
	512	33.63	33.66	33.66	33.66	0.00	0.00	33.66	0.00	0.00	33.67	0.01	0.01
	1024	36.82	36.83	36.83	36.83	0.00	0.00	36.83	0.00	0.00	36.83	0.00	0.00
Tempete (260 frames)	112	23.90	23.92	23.88	23.90	-0.02	0.02	23.90	-0.02	0.02	23.90	-0.02	0.02
	512	26.64	26.64	26.49	26.60	-0.04	0.11	26.59	-0.05	0.10	26.62	-0.02	0.13
	1024	29.84	29.86	29.69	29.82	-0.04	0.13	29.81	-0.05	0.12	29.84	-0.02	0.15
Waterfall (260 frames)	112	26.19	26.19	26.18	26.19	0.00	0.01	26.19	0.00	0.01	26.19	0.00	0.01
	512	31.66	31.65	31.58	31.65	0.00	0.07	31.65	0.00	0.07	31.65	0.00	0.07
	1024	35.04	35.04	34.97	35.04	0.00	0.07	35.03	-0.01	0.06	35.03	-0.01	0.06
Container (300 frames)	112	25.93	25.93	25.94	25.94	0.01	0.00	25.94	0.01	0.00	25.94	0.01	0.00
	512	32.70	32.71	32.71	32.72	0.01	0.01	32.72	0.01	0.01	32.71	0.00	0.00
	1024	37.17	37.18	37.17	37.17	-0.01	0.00	37.17	-0.01	0.00	37.17	-0.01	0.00
Akiyo (300 frames)	112	30.12	30.10	30.10	30.09	-0.01	-0.01	30.09	-0.01	-0.01	30.09	-0.01	-0.01
	512	40.74	40.74	40.70	40.72	-0.02	0.02	40.71	-0.03	0.01	40.72	-0.02	0.02
	1024	44.20	44.20	44.17	44.19	-0.01	0.02	44.19	-0.01	0.02	44.19	-0.01	0.02
Flower (250 frames)	112	21.55	21.53	21.52	21.51	-0.02	-0.01	21.50	-0.03	-0.02	21.53	0.00	0.01
	512	23.39	22.85	22.78	22.98	0.13	0.20	23.01	0.16	0.23	23.24	0.39	0.46
	1024	26.98	26.47	26.36	26.44	-0.03	0.08	26.46	-0.01	0.10	26.78	0.31	0.42

통해 성능을 비교하였다. 움직임이 적은 영상의 경우에 있어서는 DS와 동일한 화질을 유지하였으며 움직임이 큰 영상일수록 DS와 비교하여 보다 월등한 화질의 향상을 가져오는 것을 알 수 있다. 우선 영상의 전 프레임에 걸쳐서 카메라의 이동이 일어나는 그림 12의 Bus 영상의 경우 DS, HEXBS와 비교하여 전체 프레임에 걸쳐서 화질의 향상이 이루어지는 것을 볼 수 있다. 저 비트율인 112kbps의 경우 기존 방식들과 0.1dB 가량 향상된 성능을 보이지만 512kbps 이상의 비트율에서는 HEXBS와

비교하였을 경우 1024kbps에서 최고 1dB의 PSNR 증가를 가져온다.

그리고 그림 13의 Stefan 영상의 경우는 위의 계산량 비교에서 설명하였듯이 카메라의 특성에 따른 카메라 이동(panning), 확대(zoom in) 등이 일어나는 구간에 걸쳐서 보다 좋은 화질을 얻을 수 있다. 그리고 1024kbps의 고 비트율에서 HEXBS와 비교하여 최고 0.68dB의 PSNR 증가를 얻을 수 있다.

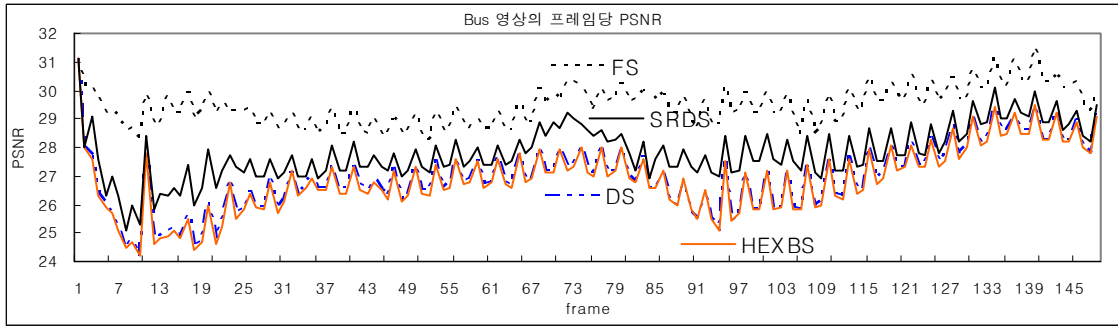


그림 12. Bus 영상에서 각 방식들의 프레임 당 PSNR 비교

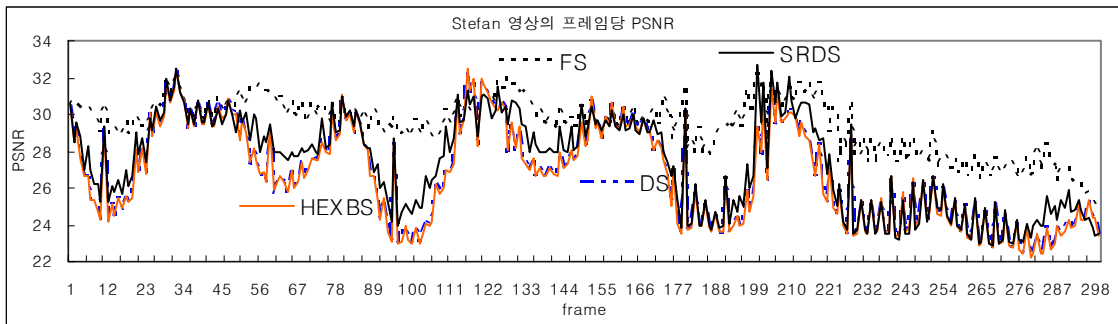


그림 13. Stefan영상에서 각 방식들의 프레임 당 PSNR 비교

VI. 결 론

본 논문에서 제안한 방법인 분할 회전 다이아몬드 탐색 기법은 영상이 카메라의 이동, 확대, 축소와 같은 카메라의 특성과 많은 상관성이 있다는 사실을 기반으로 하였으며 움직임 추정을 위한 블록 정합 방식에 있어서 기존의 방법 중 비교적 우수한 성능을 보이는 다이아몬드 탐색 기법을 기반으로 하여 새로운 탐색 패턴을 제안하였다. 제안한 방법은 영상의 방향성에 따라 모드를 달리하여 움직임 추정을 수행함으로써 움직임이 큰 영상의 경우에 있어 보다 더 좋은 성능을 가지며 또한 초기 탐색 모드를 축소함으로써 움직임이 적은 영상에 있어서는 HEXBS 보다 더 적은 탐색 점수를 가지고 빠른 움직임 추정을 가능하게 하였다. 또한 화질에 있어서도 제안한 방법은 DS, HEXBS 방법과 비교하여 특히 움직임이 큰 영상의 경우에 있어서 더 좋은 결과를 가지게 된다. 기존의 방법들 중 가장 우수한 성능을 보이는 시간적, 공간적인 상관성을 이용하는 MVFAST, PMVFAST와 같은 방법들 또한 기본적으로는 DS와 같은 움직임 추정 패턴을

이용한다는 점과 이러한 시간적, 공간적인 상관성을 이용하는 기법들의 특성상 움직임이 큰 영상의 경우에 있어서 보다 좋은 성능을 나타낸다는 점을 고려하였을 때, 제안한 방법을 시간적, 공간적 상관성을 이용한 방법에 응용하였을 경우 속도와 화질에 있어서 보다 우월한 성능을 가져올 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Renxiang Li, Bing Zeng, and Ming L. Liou, "A new three-step search algorithm for block motion estimation" IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 4, no 4, August 1994
- [2] L. M. Po and W. C. Ma, "A novel four-step search algorithm for fastblock motion estimation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp. 313-317, June 1996.
- [3] L. K. Liu and E. Feig, "A block-based gradient descent search algorithm for block motion estimation in video coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp.

419-423, Aug. 1996.

[4] Shan Zhu and Kai-Kuang Ma, "A New Diamond Search Algorithm For Fast Block Matching Motion Estimation." IEEE Trans. Image Processing. vol.9. no.2. February 2000

[5] C. H. Cheung, and L. M. Po, "A Novel Cross-Diamond Search Algorithm for Fast Block Motion Estimation", IEEE Trans, Circuits Syst. Video Technol., vol. 12, no. 12, Dec 2002.

[6] Ce Zhu, Xiao Lin and Lap-Pui Chau, "Hexagon-Based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation," IEEE Trans. On Circuits and System for Video Tech, Vol. 12, No. 5, May 2002.

[7] 임동근, 호요성, "움직임 모델링과 해석을 통한 고속 블록 정합 움직임 예측 방법," 전자공학회 논문지, 제 41권 SP편 제2호, pp. 73~78, 2004.

[8] K.K. Ma and P.I. Hosur, "Performance Report of Motion Vector Field Adaptive Search Technique (MVFAST)," in ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG99/m5851, Noordwijkerhout, NL, Mar'00.

[9] Alexis Michael Tourapis, Oscar C. Au, Ming L. Liou, "Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique (PMVFAST) Enhancing Block Based Motion Estimation," Proceedings of Visual Communications and Image Processing 2001 (VCIP'01)

[10] Woong IL Choi, Byeungwoo Jeon, Jechang Jeong, "Fast motion estimation with modified diamond search for variable motion block sizes," Image Processing, 2003, ICIP 2003, Proceedings, 2003 International Conference on Volume2, 14-17 Sept. 2003 Page(s):II-371-4 vol.3

[11] Chi-Wai Lam, Lai-Man Po, Chun Ho Cheung, "A new cross-diamond search algorithm for fast block matching motion estimation" Neural Networks and Signal Processing, 2003. Proceedings of the 2003 International Conference on Volume 2,14-17 Dec. 2003 pp 1262 - 1265

오 창조이불 (Changjouibull Oh)

준회원



2004년 8월 동국대학교 전자 공학과 졸업 (공학사)
2005년 2월~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 영상처리 및 영상압축

이 강 준 (Kangjun Lee)

정회원



2003년 2월 강릉대학교 전자 공학과 졸업 (공학사)
2006년 2월 한양대학교 전자통신 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)
2006년 3월~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 영상처리 및 영상압축

양 시 영 (Siyoung Yang)

정회원



2001년 2월 한양대학교 전자전 기공학부 졸업 (공학사)
2003년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 졸업 (공학석사)
2003년 3월~현재 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> 영상처리 및 영상압축

정 제 창 (Jechang Jeong)

중심회원



1980년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1982년 2월 KAIST 전기전자공학과 졸업 (공학석사)
1990년 3월 미국 Univ. of Michigan 전기공학과 졸업 (공학박사)

1982년 2월~1986년 7월 KBS 기술연구소 연구원 (디지털 TV 및 뉴미디어 연구)
1990년 8월~1991년 1월 미국 Univ. of Michigan 전기공학과 연구교수
1991년 1월~1995년 2월 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV 및 멀티미디어 연구)
1995년 3월~현재 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)
1998년 과학기술자상 수상.
1998년 정보통신부장관상 표창.
<관심분야> 영상처리 및 영상압축