

# JPEG(Joint Photographic Experts Group)표준 영상 압축기법을 이용한 원격측정에 관한 연구

김 상철 · 왕 지남

아주대학교 산업공학과

## ABSTRACT

본 연구는 JPEG(Joint Photographic Experts Group)표준 영상압축 방법을 이용한 원격측정(remote measuring) 시스템을 다룬다.

많은 디지털 비디오(digital video)의 응용중에서 주요 어려움은 디지털 영상(digital image)을 직접적으로 표현하기 위해 필요한 방대한 데이터의 처리문제이다. 그리고 디지털 영상의 직접적인 사용은 고수준 기억용량(high storage)과 전송비용(transmission costs)으로 인하여 응용상 여러가지 제약조건이 수반되었다. 이런 이유로 인하여 여러가지 영상압축 기법이 개발되어왔으며 본 연구는 정지영상(still pictures)에 대하여 JPEG 표준을 사용한 영상압축과 압축된 영상을 사용하여 실제 제조업의 공정검사에 응용하는 것이다.

수행도 평가척도로서 원래영상과 압축된 영상과의 압축비, 원래영상과 압축된 영상과의 픽셀(pixel)의 회색도 값(gray-level value)의 평균과 RMSE(root mean square error), 그리고 원래영상과 압축된 영상을 원거리(또는 근거리)로 전송하여 전송된 압축영상을 풀 후 두 지점간의 거리측정에 따르는 실제거리와 측정거리에 대한 오차를 이용하였다.

## 1. 서론

오디오, 영상, 비디오가 디지털 멀티미디어와 하이퍼미디어(hypermedia : 음성이나 문자 등 형태가 다른 정보를 동시에 전달하고 표현하는 방법)응용에 사용되어지려면 데이터 압축의 사용은 필수적이다. [2] 왜냐하면 디지털 매체의 능력은 저장능력과 통신능력에 좌우되기 때문이다. 예를 들어, 화소당 24bits를 사용하는 1000\*1000 해상도를 표현하는 칼러영상만 보더라도 이 칼러영상을 비 압축된 형태로 저장하기 위해서는 3Megabytes의 기억용량이 필요하다. 다시 말해서 이차원 화상 신호를 있는 그대로 표현하기 위해서는 엄청난 양의 정보가 필요하며, 이를 전송하기 위해서는 광대역 통신선로가 필요하게 되어 통신 비용이 비싸지는 문제가 있다. 다행히 이차원 영상 신호에는 상당량의 중복성(redundancy)정보가 포함되어 있어서 감축된 양의 정보로도 시각적으로 구분하기 힘든 비교적 정확한 영상의 표현이 가능하며 영상신호의 전송에 필요한 통신선로의 대역폭 감소 및 저장에 필요한 기억용량의 감축에 화상신호의 데이터 압축기술은 매우 중요하다.

영상압축방법은 영상데이터에서 나타나는 중복성과 인간시각의 비선형성에 근거하여 이루어진다. 디지털 영상 압축에서는 3가지의 근본적인 데이터 중복(data redundancy : coding redundancy, interpixel redundancy, psychovisual redundancy)이 있는데 데이터 압축에서는 이

런 중복성을 줄이거나 제거할 때 달성되어 진다. 첫째로 코딩 리던던시(coding redundancy : 코딩 방법으로 데이터의 중복성을 줄이는 방법)를 줄이는 코딩방법인 가변길이코드(variable length coding) 방법은 발생빈도수가 높은 회색도값(gray-level)에는 적은 비트수를 할당하고 발생빈도수가 낮은 회색도값에는 많은 비트수를 할당하는 방법으로서 데이터의 중복성을 줄인다. 둘째로는 화소 상호간의 중복성(interpixel redundancy)을 줄이는 방법으로서 인접 화소들간의 상호 상관성을 이용하여 인접한 화소의 값을 주어진 화소로 예측하는 방법이다. 따라서 어떤 주어진 화소의 값은 그것의 인접한 화소값으로 부터 예측되어 지는 방식으로 데이터의 중복성이 제거 되어 질수 있다. 셋째로는 psychovisual redundancy(인간의 시각적인 민감도로 데이터의 중복성을 줄이는 방법 : 일반적으로 영상처리에서 잘 압쓰임)로서 인간의 눈은 모든 시각적인 정보에 동일한 민감도(sensitivity)를 가지고 반응하지 않는다. 그리하여 영상의 인지의 질에 영향을 주지 않고 어떤 정보에는 상대적으로 더 적은 중요성을 주고 다른 정보에는 정상적인 중요성을 두어 중복되는 데이터를 줄일 수 있다.

일반적으로 높은 압축비를 달성하는 방법은 복원된 영상이 원래 영상과 동일하지 않지만 인간 시각의 비선형성 때문에 시각적으로 거의 차이를 느끼지 못하는 손실성(lossy)방법을 사용하는 것이다. 비손실성(lossless) 방법도 여러가지 존재하지만 그것들의 압축비는 약 3:1정도여서 손실성 방법보다 훨씬 낮다. 이러한 방법은 중요한 데이터의 보관이나 영상 데이터에 민감한 응용분야인 의료영상과 같은 응용분야에서 주로 사용된다. 반대로 상업용, 산업용, 소비자응용등을 위해서는 손실성 방법이 선호된다. 왜냐하면 이런 손실성 방법은 저장용량과 통신 대역폭(communication bandwidth)등에 대하여 상당한 효과를 볼 수 있기 때문이다. 일반적으로 이런 손실성 방법을 사용한 압축효과는 영상에 대해서는 10:1 ~ 50:1, 비디오에 대해서는 50:1 ~ 100:1의 정도의 수준으로 압축효과를 볼 수 있다. 이런 이유로 여러가지 영상압축기법이 개발되었으며 특히 표준적인 영상압축 방법이 필요하게 되어서 여러 연구 단체의 연구 결과로 표준적인 여러 영상압축 기법이 개발되었다. [3] 이런 표준기법중 몇 가지를 나열하면 다음과 같다.

첫째로는 JPEG(Joint Photographic Experts Group)은 정지영상의 표준영상 압축 방법으로서 정지영상에대한 흑백영상이나 컬러 영상에대한 표준영상압축 기법이며[4] 둘째로는 MPEG(Moving Pictures Experts Group)으로서 비디오 신호와 오디오 신호에 대한 표준영상 압축 기법으로서 움직이는 영상에대한 영상압축 기법이다. [5] 그리고 셋째는 CCITT(Consultative Committee International Telegraph Telephone) Group 3 과 4표준으로서 이진영상압축(bilevel image compression)에대한 표준압축 기법이다. [6] 이외에도 여러가지 압축기법들이 있다. [1]

일반적으로 표준 영상압축기법들은 상관된 데이터의 중복성을 제거하기 위해서 이산여현 변환인 DCT(Discrete Cosine Transform)에 근거하여 이루어진다. [10]

본 연구에서는 정지영상에 대한 표준 영상 압축기법으로서 일반적으로 사용되는 JPEG알고리즘을 사용하였으며 압축된 영상을 이용한 응용으로 어느 공정상에 놓여있는 부품의 두 지점간 거리측정에 응용하였다. 다시말하면 어떤 공정의 영상을 획득하여 이 영상을 압축한 다음 압축된 영상을 원거리로 전송한다. 데이터가 방대한 화상데이터를 전송하기 위해서는 광대역 통신망이 필요하게 되지만 화상데이터를 상당한 비율로 압축함으로써 일반 통신망으로도 전송이 가능하게 된다. 수신측에서는 전송된 압축영상을 복원한 후 이 영상 데이터를 사용하여 원격으로 공정상의 제품, 부품에 관한 측정 데이터로 사용하는 것이다. 예를 들어 주제품 조립회사는 하청회사의 납품부품인 자동차 차대에 대해 5지점간의 거리를 수입 검사하는 체계였다. 이런 이유로 조립회사와 하청회사는 각기 그 회사 나름대로 차대 부품을 서로 검사하게 되지만 조립회사는 하청회사의 공정상의 화상 데이터를 원격으로 받아서 납품공정상의 제품을 원격으로 검사하게 됨으로써 조립회사는 하청회사 공정상의 부품에 대하여 화상데이터를 통해 전수검사가 가능하게 된다. 따라서 원격으로 각 부품회사들의 생산공정현황을 파악하여 제조능력 및 품질현황을 부품 입고전에 관리할 수가 있는 것이다.

## 2. JPEG(Joint Photographic Experts System) 알고리즘 (정지영상에 대한 압축 알고리즘)

일반영상을 비 압축된 형태로 저장하기 위해서는 고수준의 저장시스템이 필요하며 전송 속도 및 전송비용면에서 상당한 제약조건이 수반된다. 이런 일반영상을 표준영상압축방법을 이용하면 일반영상의 10:1 ~ 100:1의 수준으로 영상을 압축, 저장, 전송할 수 있다.

CCITT와 ISO(International Standards Organization)는 JPEG 표준이라 불리는 널리 보급되어 있고 광범위한 정지영상 표준압축기법을 개발 했다. 우리가 사용한 JPEG표준영상압축 기법은 변환방법으로서 DCT를 사용하여 손실성(lossy)방법에 근거를 둔 코딩 시스템이다.

### 1. JPEG 표준영상 압축 algorithm

JPEG 표준 영상압축 방법은 3가지의 순차적인 단계를 수행한다. DCT계산, 양자화(quantization), 가변길이코드 할당의 순서로 진행한다. 이 압축된 영상의 복원 방법은 단순히 위의 3가지 단계의 역과정으로 해결 함으로써 가능해진다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

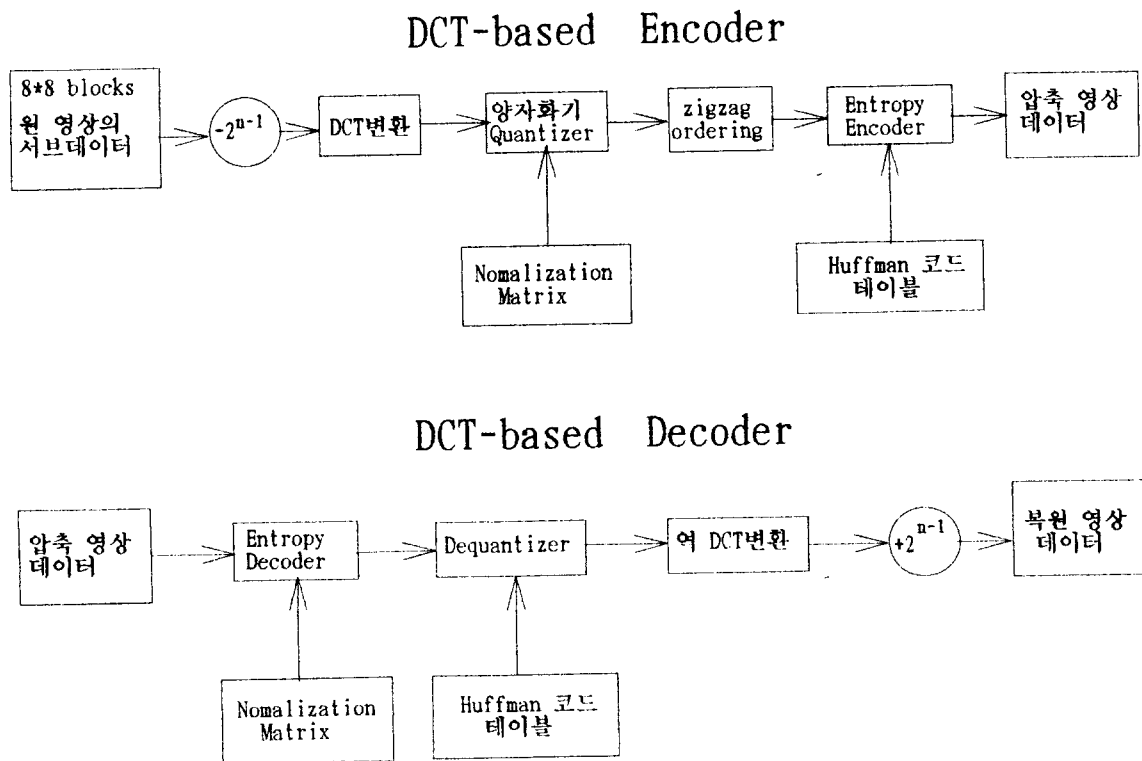


그림1. JPEG표준 영상압축기법의 처리단계

#### ①. DCT 변환기법

이 변환기법은 화상내에서 인접화소간에 존재하는 높은 상관도를 이용하는 방식으로써

원래화면의 모든 화소에 분산된 에너지를 상관성이 없는 변환계수를 갖도록 변환한 후 분산이 큰 몇개의 변환계수만을 처리함으로써 데이터 감축 효과를 얻을 수 있다. 원래의 영상을  $N * N$ 의 작은 구역으로 분할하여 2차원 DCT를 행하며 일반적으로  $N$ 이 증가할 수록 화소들의 상관성이 고려되어 변환성능이 증가하나  $16*16$ 이상의 크기를 갖는 DCT인 경우 더 이상의 성능향상은 미비하다. 그래서 일반적으로  $8*8$ 인 경우를 많이 사용한다.

일반적으로  $x$  및  $y$ 가 각각  $0, 1, 2, \dots, N-1$ 의 값을 갖는 이차원 이산함수  $f(x, y)$ 의 변환인  $F(u, v)$ 는 다음과 같다.

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) g(x, y, u, v)$$

$$u, v = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

여기서 모든 변환의 특성은 변환 커널(kernel)  $g(x, y, u, v)$ 의 특성에 의해 결정된다. 크기가  $N * N$ 인 2차원 DCT변환 및 이의 역변환은 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F(u, v) = a(u) a(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right]$$

$$\text{for } u, v = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$a(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{for } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{for } u = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

이의 역변환은 다음과 같다.

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} a(u) a(v) F(u, v) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right]$$

$$\text{for } x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

## ②. 양자화(Quantization)

DCT계산후 각각의 DCT변환된 계수들은  $64(8*8)$ 개의 요소들을 갖는 양자화 테이블(Quantization Table)을 가지고 양자화 된다. 이들 각각의 요소들은 1부터 255까지의 어떤 정수 값들을 갖는다. 이 값들은 그것의 대응되는 DCT계수들에 대한 양자화 계수를 나타내준다. 양자화의 수행 목적은 영상화질의 질에 영향을 준다고 보다는 더 좋은 압축비를 달성하기 위해서이다. 다시 말하면 시각적으로 중요하지 않은 정보를 버리기 위해서 이런 과정을 수행하는 것이다.

양자화 과정은 각각의 DCT계수( $F(u, v)$ )를 그것의 대응되는 양자화 계수( $Q(u, v)$ )로 나누어서 그 결과값의 가장 가까운 정수로 반올림 하는 것으로서 정의 된다. 이를 간단한 수식으로 나타내면 다음과 같다. 양자화 수행결과값을  $T(u, v)$ 라 하면

$$T(u, v) = \text{Integer Round} \left( \frac{F(u, v)}{Q(u, v)} \right)$$

Dequantization은 이것의 역과정과 같다.

$$\text{Dequantization results} = T(u, v) * Q(u, v)$$

### ③. 가변길이코드 할당

JPEG에서 제안하는 코딩방법은 허프만 코딩(Huffman coding)과 산술 코딩(arithmetic coding)의 두 가지 방법이 있는데 본 연구에서 수행한 방법은 허프만 코딩방법이다[9]. 일반적으로 이런 코드 할당은 2가지 단계를 처리함으로써 달성되어 진다. 첫째는 양자화된 계수들을 지그재그(zigzag)순서로 나열하는 것이고, 둘째는 이 지그재그로 나열된 요소들을 허프만 코드 표를 사용하여 테이블 참조방식으로 코드를 할당하는 것이다.

이를 상세히 설명하면 첫번째로 전체 영상을 8\*8크기의 화소 블록(pixel block)으로 나누어서 왼쪽에서 오른쪽, 위에서 아래로 처리진행한다. 각 8\*8 블록의 서브영상(subimage)이 처리될 때마다 그것의 각각의 64 화소들은  $2^{8-1} = 128$ 회 값을 뺀다. 그리고 나서 그 블록의 2차원 DCT가 계산되어 지고 8\*8 정규화 매트릭스(Normalization matrix)에 의해 양자화된다. 양자화된 계수들을 일차원 순서로 형성하기 위해 지그재그 순서방법(zigzag ordering)에 의해 재순서된다. 지그재그 순서의 결과에 의해 일차원으로 재순서된 배열때문에 JPEG 코딩절차는 0의 반복수(long runs)에 대하여 상당한 이점을 보도록 설계되어 졌다. 특히 0가 아닌 AC(alternating current)계수는 계수값과 이전에 나타난 0들의 반복수를 정의하는 가변길이코드를 사용하여 코드화 된다. DC(direct current)계수는 이전의 서브영상의 DC계수와 현재 서브영상의 DC계수 두 값의 차이이다. 지그재그순서와 DC와 AC계수와의 관계를 그림으로 나타 내면 다음과 같다.

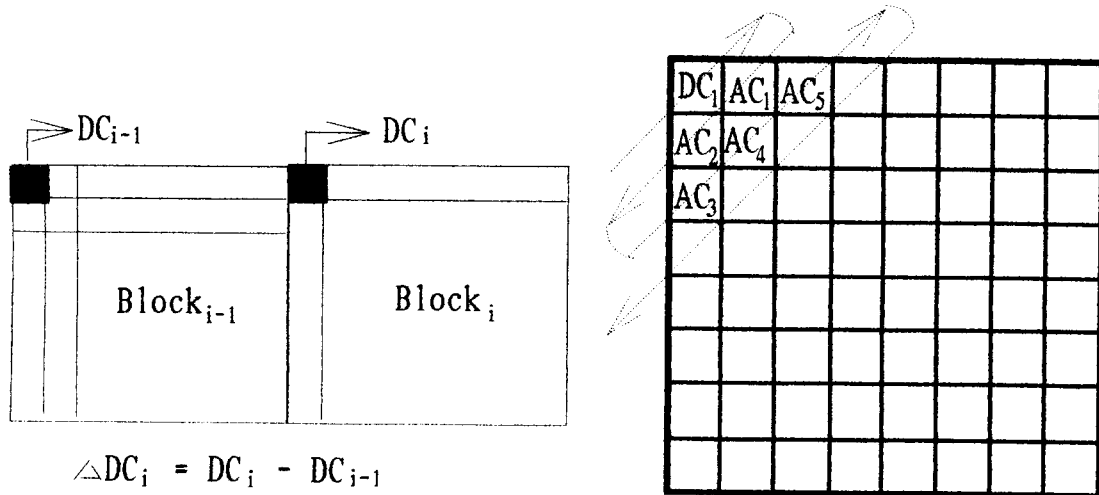


그림2. DC와 AC계수 및 지그재그 순서

양자화 행렬은 다양한 압축 수준들을 제공하기 위해 척도화(scale)되어 질 수 있다. 디폴트 코딩 표(default coding tables)와 입증된 양자화 배열이 주어져 있을 지라도, 사용자는 스스로 사용자(custom) 표나 배열들을 만들어 사용할 수 있다.

압축된 서브영상을 풀기 위해서는, 처음에 압축된 비트 스트림(bit stream)을 이끌어 주는 정규화된 변환 계수(normalized transform coefficients)를 다시 만들어 주어야 하지만 2진수 시퀀스(binary sequence)로 코드된 허프만코드는 즉각적이고 유일하게 해석되기 때문에, 이런 단

계는 단순한 표 참조방식(lookup table)으로 달성되어 진다. 압축영상을 복원하는 과정은 지금까지 과정의 역으로 풀어나가면 된다. 즉 압축된 비트 스트림을 푼 다음, 정규화 배열을 가지고 역 DCT를 적용시켜서 각각의 역변환된 화소에  $2^{-1}$ 을 더하면 복원된 영상이 나온다.

### 3. camera와 두 지점간의 위치관계

두 지점간의 거리를 계산하기 위해서는 좌표계시스템의 정의, 종횡비(aspect ratio), 초점거리(focal length), 카메라 위치(camera position)등 고려해야 할 여러가지 상황이 있다. 이를 단계적으로 설명하면 다음과 같다.

#### ①. 좌표계 시스템의 정의

두 지점간의 거리를 계산하기 위해서는 카메라 좌표계, 화면 좌표계, 월드 좌표계의 좌표시스템이 필요하다. 첫번째로 월드 좌표계 시스템은 좌표계의 가장 중심이 되는 좌표계로서  $(X_w, Y_w, Z_w)$ 로서 표시된다. 일반적으로 물체가 위치한 좌표로서 원점은  $O_w$ 로 표시된다. 두 번째 좌표계인 카메라 좌표계는 카메라가 위치하고 있는 좌표로서 카메라의 시축을  $Z_c$ 축으로 하고  $X_c$ 축과  $Y_c$ 축은  $Z_c$ 축에 따라 왼손법칙에 의해 결정된다. 그리고 세번째 좌표계인 화면 좌표계  $(X_s, Y_s)$ 는 영상평면(image plane)에서의 영상좌표이다.

#### ②. aspect ratio계산

영상평면의 가로와 세로의 비율로서 이 비율에 따라 실제 영상은 영상평면상에 왜곡되게 나타나는데 이 왜곡된 영상은 종횡비에 의해서 보정될 수 있다. 구하는 절차는 하얀 백지위에 정확한 원을 그린다. 그리고 이 원형표식을 인식시킨후 최대, 최소의 X좌표를 구한 후 두점간의 거리를 계산한다. 또한 최대, 최소 Y좌표를 구한 후 두 점간의 거리를 계산한다. 계산된 두거리의 비를 종횡비로 정의 하면된다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

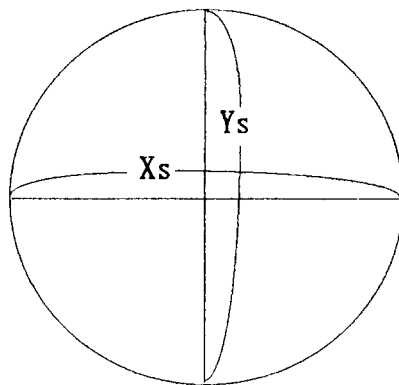


그림3. 종횡비를 구하는 그림

$$aspect\ ratio = \frac{X\text{좌표의최대거리}}{Y\text{좌표의최대거리}} = \frac{X_s}{Y_s}$$

### ③. 초점거리(focal length)계산

초점거리란 영상평면의 중심과 렌즈 중심과의 거리로 정의 된다. 초점거리는 비전 시스템의 정밀도에 중요한 영향을 미친다.

이 초점거리를 구하는 방법은 마찬가지로 위의 원의 중심에 점을 하나 찍는다. 그리하여 이 원의 반지름과 영상평면상에 나타난 반지름과의 삼각공식(trigonometric relation)을 이용하여 초점거리를 구할 수 있다. 실제 물체의 반지름을 R이라고 하고 렌즈 중심과 물체의 수직 거리를 D라고 하고 영상평면상에 나타난 반지름을 r이라고 하면 초점거리를 구할 수 있다.

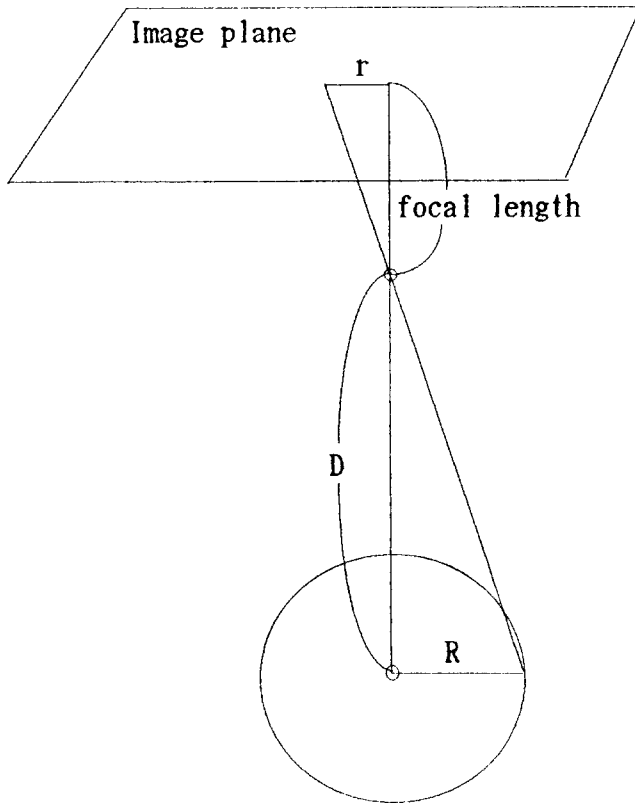


그림4. 초점거리에 관하여

$$focal\ length : r = D : R$$

$$\therefore focal\ length = \frac{(D * r)}{R}$$

### ④. 카메라위치(camera position)의 정의

물체를 기하학적인 접근으로 처리하기 위해서는 카메라가 어느 위치에서 어떤 형태로 자세를 취하고 있는가의 정보는 상당히 중요하다. 이런 카메라 위치에 관한모수(viewing parameter)는 스윙(swing) 각, 팬(pan) 각, 틸트(tilt) 각, 카메라 위치, 카메라와 참조점과의 거리등이 있다.

① 스윙 각 :  $X_e$ 축과  $Z_n (=0)$  평면과 평행하지 않을때  $Z_e$ 축을 중심으로 카메라의

회전때문에 발생하는 각을 말한다.

- ② 팬 각 :  $X_w$ 와  $Z_w$ =( $X$  평면에 대하여 시축의 사영직선과의 이루는 각도를 말한다. 이는 인간의 고개가 좌우로 보는 과정과 비슷하다.
- ③ 틸트 각 :  $Z_w$ 와  $Z_e$ 축 사이의 각을 말한다. 이는 인간의 고개가 끄덕이는 과정과 비슷하다.
- ④ 카메라 위치 : 월드좌표 시스템에서 즉 실제 좌표상에서 카메라의 실제위 치를 말한다.

### ⑤. 두지점 간의 거리 계산

우리가 사용한 시스템은 계산상의 정확도와 수행시간의 감소등의 이유로 스윙각과 팬각을  $0^\circ$  로 그리고 틸트각은  $90^\circ$  로 하였다. 그리하여 물체와 카메라와의 수직거리를 수동으로 측정해서 이 거리와 초점거리, 그리고 영상평면에 나타난 두 지점간의 거리를 유클리드 거리 (Euclidean distance) 공식을 이용하여 구한다. 이 3가지의 결과치의 비례식을 이용하여 물체의 두 지점간의 거리를 구할 수 있다.

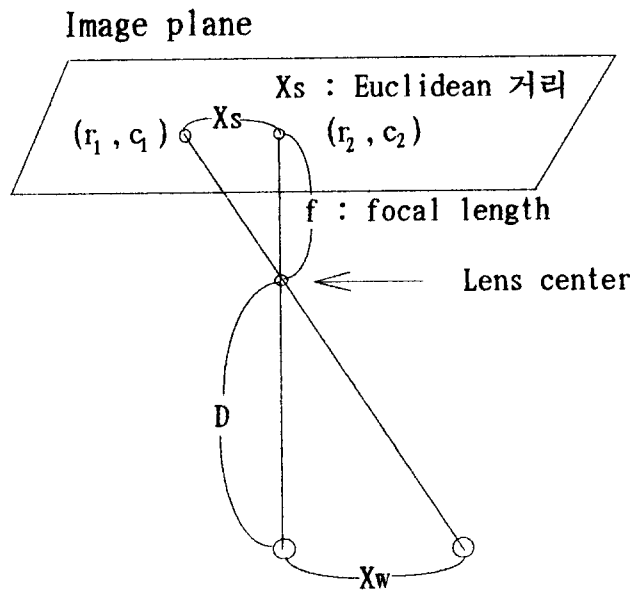


그림5. 두지점간의 거리와 모수들간의 관계

영상 평면상의 두 지점 :  $(r_1, c_1)$  ,  $(r_2, c_2)$

$$Euclidean \text{ 거리}(d) = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (c_1 - c_2)^2}$$

실제 두 지점간의 거리 :  $X_w$

focal length ;  $f$

렌즈 중심과 참조 포인트(reference point)와의 수직거리 :  $D$

$$X_w : D = f : X_s$$

$$\therefore X_w = \frac{D * f}{X_s}$$



#### 4. 실험결과

실험 결과로는 압축효과, 원래영상과 복원영상과의 회색도값의 차이, RMSE, 두 지점간의 거리오차로서 4가지에 대하여 실험하였다. 실험결과는 다음과 같다.

##### ①. 압축효과 :

원래 영상을 표현하기 위해 필요한 bits수와 이 영상을 압축된 형태로 표현하기 위해 필요한 bits수와의 비율

시행횟수	원 영상	압축영상	압축 효율
1	2097152 bits/image	182764 bits/image	11.47 : 1
2	2097152 bits/image	164560 bits/image	12.74 : 1
3	2097152 bits/image	108036 bits/image	19.41 : 1
4	2097152 bits/image	112017 bits/image	18.72 : 1

##### ②. 원래영상과 복원영상과의 평균(mean) (단위 : gray levels) :

원래영상의 전체 회색도 값의 평균치와 복원영상의 전체 회색도 값의 평균치와 이값들의 차이

시행횟수	원 영상의 gray level값의 평균값	복원 영상의 gray level값의 평균값	평균값의 차이
1	72.4	78.3	-5.9
2	72.7	71.74	0.96
3	118.01	118.41	0.4
4	90.81	87.6	3.21

##### ③. RMSE (단위 : gray levels) :

원래영상의 전체 회색도값과 복원영상의 전체 회색도 값의 RMSE이다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다

$$image\ size : M*N$$

$$원래영상의\ gray\ level : f(x, y)$$

$$복원영상의\ gray\ level : \widehat{f(x, y)}$$

$$e_{rms} = \left[ \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{ \widehat{f(x, y)} - f(x, y) \}^2 \right]^{1/2}$$

시행횟수	RMSE
1	6.733398
2	0.568379
3	5.75921
4	3.2617

##### ④. 두지점간의 거리 오차 :

실제거리와 컴퓨터 비전 시스템으로 측정된 측정거리와의 차이를 구했고 복원영상으로

구한 거리와의 오차도 구했다.

시행횟수	두지점간 실제거리	두지점간 측정거리	실제거리와 측정거리의 오차	복원영상의 두지점 거리	실제거리와 복원영상간의 거리 차
1	50 mm	49.83 mm	-0.17 mm	49.83 mm	-0.17 mm
2	100 mm	99.76 mm	-0.24 mm	99.76 mm	-0.24 mm
3	200 mm	200.37 mm	0.37 mm	200.37 mm	0.37 mm
4	500 mm	500.21 mm	0.21 mm	500.21 mm	0.21 mm

## 5. 결론

본 연구에서 사용한 표준영상압축 시스템은 정지영상에 대하여 11:1 ~ 20:1 정도의 압축 효율을 보였다. 원래영상과 압축복원 영상의 회색도값 평균은 약 1 ~ 6회색도값 정도의 차이가 났으며, RMSE에서는 1 ~ 6 정도의 회색도값 차이가 났다. 영상을 전체적으로 볼때 이 정도의 차이는 인간 시각의 비선형성 때문에 시각적으로 구분하기 힘들다. 두 지점간의 거리는 실제거리와 비전 시스템으로 측정한 거리의 오차는 약  $\pm 0.2$  mm 정도의 오차가 생겼고 전송되어진 복원영상과 원래 영상과의 거리 차이는 거의 없음을 알 수 있다.

본 연구에서 수행한 표준 영상압축 방법은 거의 소프트웨어적으로 처리하였기 때문에 이를 수행하는데 많은 수행 시간이 걸렸다. 앞으로 이런 영상압축 기법들을 제조기업의 응용에 실시간으로 사용하기 위해서는 소프트웨어의 처리에서 걸리는 시간을 하드웨어적인 VLSI(대규모 집적 회로)칩의 구현으로 속도면에서 걸리는 시간을 줄여야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 정지흑백영상에 대한 압축방법만을 이용하였지만 동(動)영상에 대한 압축 기법에 관한 연구도 많이 필요하다.

## 6. [참고문헌]

- [1]. Gonzalez, r.c., Woods, R.E. [1993], "Digital image processing.", Addison Wesley
- [2]. Ang, P.H., Ruetz, P.A., and Auld, D., "Video Compression Makes Big Gains.", IEEE Spectrum, vol. 28, pp.16-19(1991).
- [3]. Fox, E.A., "Advances in Interactive Digital Multimedia Systems.", Computer, vol. 24, pp.9-21[1991].
- [4]. Wallace, G., "The JPEG Still Picture Compression Standard", Communications of the ACM, vol. 34, pp.30-44[1991].
- [5]. Le Gall, D., "MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications", Comm. ACM, vol. 34, pp.46-58[1991].
- [6]. Liou, M. "Overview of the px64 Kbit/s Video Coding Standard", Comm. ACM, Vol. 34, pp. 59-63. [1991].s
- [7]. M.H.Han and S.Y.Rhee, "Camera Calibration for Three-dimensional Measurement", Pattern Recognition 25, 155-164(1992)
- [8]. Z.Q., Hong and J.Y., Yang, "An Algotiyhm for Camera Calibration Using a Three-dimensional Reference Point", Pattern Recognition 26, pp.1655-1660(1993)

- [9]. Huffman, D.A., "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes." , Proceedings IRE, Vol. 40, pp. 1098-1101 [1962].
- [10]. Rao, K.R., and Yip, P., Discrete Cosine Transform - Algorithms, Advantages, Applications., Academic Press, London, 1990