

1. Course overview

가. Data science process : OSEMN

- 1) Obtain Data : 데이터를 직접 수집 혹은 내려받기
- 2) Scrub data : 미리 결정된 형식에 따라 데이터를 표준화하는 프로세스
 - 가) Changing all date values to a common
 - 나) Fixing spelling mistakes or additional spaces.
 - 다) Fixing mathematical inaccuracies or removing commas from large numbers.
- 3) Explore data :
 - 가) Data exploration is preliminary(사전단계의) data analysis that is used for planning further(향후) data modeling strategies.
 - 나) Data scientists gain an initial understanding of the data using descriptive(기술하는, 묘사하는) statistics and data visualization tools.
 - 다) Then they explore the data to identify interesting patterns that can be studied or actioned.
- 4) Model data
 - 가) Software and machine learning algorithms are used to gain deeper insights, predict outcomes, and (prescribe, 권장하다) the best (course of action, 조치).
 - 나) Machine learning techniques like (**association 연관**), (**classification 분류**), and (**clustering, 클러스터링**) are applied to the training data set.
 - 다) The data model can be (fine-tuned, 미세조정되다) many times to improve result outcomes
- 5) Interpret data
 - 가) Data scientists work together with analysts and businesses to convert data insights into action.
 - 나) They make diagrams, graphs, and charts to represent trends and predictions
 - 다) Data (summarization, 요약) helps (stakeholders 이해관계자) understand and implement results effectively.

나. Data science techniques

1) Classification 분류

가) Classification is the sorting, 구분 of data into specific groups or categories.

나) Computers are trained to identify and sort data. 식별된 Known data sets are used to build decision algorithms in a computer that quickly processes and categorized the data

2) Regression 회귀

가) the method of finding a relationship between two seemingly unrelated data points

나) Connections is usually modeled around a mathematical formula and represented as a graph or curves

다) When the value of one data point is known, regression is used to predict the other data point

3) Clustering 클러스터링

가) The method of grouping closely related data together to look for patterns and anomalies.

나) Clustering is different from sorting because the data cannot be accurately classified into fixed categories

다) Hence the data is grouped into most likely relationships, new patterns and relationships can be discovered with clustering.

다. Different data science technologies

1) Artificial intelligence

2) Cloud computing

3) Internet of things

4) Quantum computing

라. What is EOS(Earth Observation Satellite)

- 1) a type of satellite that is specifically designed to gather info about the Earth's surface, atmosphere, and other environmental parameters using various remote sensing technologies.
- 2) It provide valuable insights into the earth's natural processes, climate changes, weather patterns, land use, natural disasters, and other phenomena.
- 3) crucial role in monitoring and understanding the earth's dynamic systems.
- 4) 다양한 역할
 - 가) Environmental monitoring
 - 나) Climate studies
 - 다) Weather forecasting
 - 라) Natural Disaster Management
 - 마) Resource Management
 - 바) Oceanography
 - 사) Ecological생태학적 studies

2. EOS 데이터 소개

가. 숫자 체계

1) 십진수, Decimal number system

가) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 => 10개의 symbols(digit이라고 함)

나) Positional notation(위치 기수법) 사용 : 각 자리마다 독자적인 기호를 사용하지 않고 숫자가 놓인 위치에 따라 자릿값을 바로 나타내는 방식

다) Least-significant digit(가장 오른쪽의 숫자) = 10^0 = 1을 의미

라) Second-most digit은 10^1 = 10을 의미, Third...는 10^2 를 의미.

2) 이진수, Binary number system

가) 0, 1 => 2개의 symbols

나) Bit : A binary digit

다) Byte : 8 bits.

3) 16진수

가) 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F => 16개의 symbols => Hex digit

| Hexadecimal | Binary | Decimal |
|-------------|--------|---------|
| 0 | 0000 | 0 |
| 1 | 0001 | 1 |
| 2 | 0010 | 2 |
| 3 | 0011 | 3 |
| 4 | 0100 | 4 |
| 5 | 0101 | 5 |
| 6 | 0110 | 6 |
| 7 | 0111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| A | 1010 | 10 |
| B | 1011 | 11 |
| C | 1100 | 12 |
| D | 1101 | 13 |
| E | 1110 | 14 |
| F | 1111 | 15 |

4) 16진수에서 2진수로 변환

가) Hex digit 1개는 bit 4개로 풀어쓸 수 있다.

(1) A3C5H = 1010 0011 1100 0101B

(2) 102AH = 0001 0000 0010 1010B

5) 2진수에서 16진수로 변환

가) 가장 오른쪽부터 bit 4개씩 묶어 1개의 Hex digit으로 만든다.

(1) 1001001010B = 0010 0100 1010B = 24AH

(2) 10001011001011B = 0010 0010 1100 1011B = 22CBH

나. Bit & Byte

1) Bit

가) Binary digIT.

나) 물리적으로 비트는 “ON”과 “OFF”의 두가지 상태 중 하나를 가질 수 있는 작은 전자 스위치에 저장됨. 개념적으로 이러한 상태는 각각 1과 0으로 표시

2) Byte

가) 메모리에 있는 8개의 인접한 비트. 왼쪽(Most Significant Bit, 최상위 비트)부터 오른쪽(Least Significant Bit, 최하위 비트)까지의 각 비트에는 2^7 에서 2^0 으로 감소하는 고유한 비트 값이 저장됨. 어떤 비트가 “ON”인지에 따라 바이트의 “값”이 결정된다.

다. 이진수를 십진수로 변환

1) 이진수의 각 숫자는 2의 거듭제곱을 나타낸다.

2) 가장 오른쪽 digit에서부터 시작, 2의 거듭제곱으로 더하기

3) 예제

가) 이진수 : $(1010)_2$

나) 십진수 : $1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 0 * 2^0 = 8 + 0 + 2 + 0 = 10$

라. 부호 있는 이진수 (Signed binary numbers)

1) 1byte : 1bit(sign bit) + 7 bits(magnitude)

가) sign bit

(1) 0 => positive

(2) 1 => negative

나) 예제

(1) $(00110101)_2$: Sign bit = 0 (양수), $0110101 = 53 \Rightarrow +53$

(2) $(10110101)_2$: Sign bit = 1 (음수), $0110101 = 53 \Rightarrow -53$

마. 부호 있는 정수 표현하는 다양한 방법

1) Signed bit

가) MSB : sign bit

나) 나머지 : 절댓값

다) n 개의 비트 있을 때

(1) $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$ 까지 표현 가능

(2) $2^n - 1$ 가지 수 표현 가능

2) One's complement representation (1의 보수 표기법)

가) MSB : sign bit

나) 양수와 음수의 관계 : 이진수로 표현한 어떤 정수 A 가 양수라면, $-A$ 는 이진수의 0과 1을 반전시킨 값과 같다. (1의 보수)

(1) $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$ 까지 표현 가능

(2) $2^n - 1$ 가지 수 표현 가능

3) 예제

가) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 : 16비트

(1) Unsigned integer : $2^{15} = 32768$

(2) Signed integer :

(가) Signed bit : - 0

(나) One's complement representation : -32767

바. 바이트 순서

1) ~~Endianness is the order or sequence of bytes of word of digital data in computer memory or data communication which is identified by describing the impact(영향) of the "first" bytes, meaning at the smallest address or sent first.~~

2) ~~Endianness is primarily expressed as big-endian(BE) or little-endian(LE)~~

3) ~~ex) 0A 0B 0C 0D (32 bit integer)~~

가) ~~Big-endian : 0A 0B 0C 0D (큰 놈 먼저)~~

나) ~~Little-endian : 0D 0C 0B 0A (작은 놈 먼저)~~

사.

1) 바이트 순서(Order of Bytes)

가) Endianness : the order or sequence of bytes of a word of digital data

(1) Big-endian : 가장 왼쪽(leftmost) 바이트가 먼저 들어가는 경우

(2) Little-endian : 가장 오른쪽(rightmost) 바이트가 먼저 들어가는 경우

(3) 예제 : 32-bit integer 0A0B0C0D = 00001010 00001011 00001100 00001101

(가) Big endian : 0A 0B 0C 0D

(나) Little endian : 0D 0C 0B 0A

2) Real data (binary to decimal)

가) Single, Float32 (4 byte)

나) Double, Float64 (8 byte)

3) float 32값이 메모리에 저장되는 방식

가) 부동 소수점 실수를 저장하기 위해선 컴퓨터에는 4바이트(32비트)메모리가 필요하다

나) 구성

(1) 1 bit(MSB) : sign, 0 => 양수, 1 => 음수

(2) 8 bits : exponent part

(3) 23 bits : significant part



다) 예제 : 10.75

(1) 이진수로 변환 : 1010.11

(2) $1.xxxx \times 2^x$ 형태로 변환 : 1.01011×2^3

(3) significant part = 01011

(4) exponent part = bias + 3

(가) bias = $2^{(exponent\ part\ 의\ 비트\ 수 - 1)} - 1 = 2^{7-1} - 1 = 127$

(나) exponent = $127 + 3 = 130 = 10000010$

(다) 2¹일 때 exponent 10000000

(5) sign bit = 0 (양수)

(6) 결과 = 0 10000010 010110000000000000000000

4) Data Precision(데이터 정밀도)

가) Integers, unsigned

- (1) **uint** : 32(4)
- (2) uint8 : 8(1)
- (3) uint16 : 16(2)
- (4) uint32 : 32(4)
- (5) uint64 : 64(8)
- (6) **uchar** : 8(1)
- (7) unsigned char : 8(1)
- (8) **ushort** : 16(2)
- (9) **ulong** : 32(4)
- (10) **ubitn** : $1 \leq n \leq 64$

나) Integers, signed

- (1) **int** : 32(4)
- (2) int8 : 8(1)
- (3) int16 : 16(2)
- (4) int32 : 32(4)
- (5) int64 : 64(8)
- (6) integer*1 : 8(1)
- (7) integer*2 : 16(2)
- (8) integer*4 : 32(4)
- (9) integer*8 : 64(8)
- (10) **schar** : 8(1)
- (11) signed char : 8(1)
- (12) **short** : 16(2)
- (13) **long** : 32(4)
- (14) **bitn** : $1 \leq n \leq 64$

다) Floating-point numbers

- (1) single : 32(4)
- (2) double : 64(8)
- (3) float : 32(4)
- (4) float32 : 32(4)
- (5) float 64 : 64(8)
- (6) real*4 : 32(4)
- (7) real*8 : 64(8)

라) Characters

- (1) char*1 : 8(1)
- (2) char : 가변.

5) Radiometric resolution

가) 센서가 얼마나 미세한 밝기 차이를 구별할 수 있는지 나타내는 지표

나) The higher the radiometric resolution, the more shades of grey the user sees

6) Data format

가) Types of Data

(1) Vector

(가) 점, 선, 다각형을 이용하여 현실 세계의 모든 모양을 표현하는 자료구조

(2) Raster

(가) 공간을 일정한 크기의 셀이나 픽셀의 그리드로 나누어 직사각형 모양을 하고, 위치는 행과 열의 위치로 표현되는 자료구조

(나) 각 셀과 픽셀은 하나의 값을 가지므로, 픽셀에 포함된 여러 값 중 우세한 값을 표현하거나 평균값으로 표현합니다.

(다) Remote sensing data는 raster data입니다.

나) Rows & columns in an image

(1) 이미지는 MxN 행렬로 생각할 수 있다.

(2) Rows(행, lines)

(가) '삼행시'할 때 그 행.

(나) 가로줄

(다) row number가 클수록 아래의 가로줄을 가리킨다.

(3) Columns(열, pixels)

(가) Column = 기둥임을 통해 이해

(나) 세로줄

(다) Column number가 클수록 오른쪽의 세로줄을 가리킨다.

(4) Pixel (picture element)

(가) 디지털 화면의 단위로 표현할 수 있는 가장 작은 점

다) Bands in an image

(1) Solar radiation has a continuous spectrum, which is composed of radiation in different wavelength bands.

태양 복사는 여러 다른 파장대의 복사선으로 이루어진 연속 스펙트럼을 갖고 있습니다.

(2) 연속스펙트럼 중 원하는 파장 대역만을 선택하여 이미지를 촬영하는데, 이러한 이미지 각각을 밴드라고 한다.

(3) Landsat MSS 이미지는 태양의 연속스펙트럼의 Green(0.5~0.6 μ m), Red(0.6~0.7 μ m), NIR(0.7~0.8 μ m), NIR(0.8~1.1 μ m)영역으로부터 얻어진다

(4) 즉 MSS는 4개의 Spectrum 대역으로 구성됨

라) Digital Image Terminology

(1) Brightness Value(BV) : (i,j,k) = (Row, Column, Bands)

7) 원격탐사 데이터 저장방법

가) 여러 개의 밴드로 구성된 2차원 표면 데이터인 이미지가 저장매체에 1차원으로 저장되는 방식은 3가지가 존재한다 : BSQ, BIL, BIP

나) 왼쪽에서 오른쪽으로, 위에서 아래로 내려가며 읽는다. 사람처럼!

(1) BSQ (Band-sequential)

(가) The data is saved band by band from the first band to the nth band

(나) Save all data from band1, then save all data from band2, then band 3...

(다) 밴드1의 데이터 모두 저장 => 밴드2 => 밴드3

(라) 첫 번째 밴드부터 n번째 밴드까지 밴드별로 데이터가 나란히 옴.

(2) BIL (Band-Interleaved-by-Line)

(가) The data is stored line by line for each bands,

(나) The data of first line for the band1 is stored, then first line for the band2 is stored, first line for the band3, then second line for the band2, ... and so on.

(3) BIP (Band-Interleaved-by-Pixel)

(가) BIP stores data pixel by pixel for each band. all values of each band for a particular pixel are stored together.

8) 복소수 데이터

가) 일반적으로, Radar data는 픽셀의 DN이 복소수(실수 + 허수)로 저장

나) BIP 형태로 저장됨

9) EOS Metadata(Header file)

가) 데이터, 또는 데이터 에 대한 정보를 포함

나) 대부분의 상용소프트웨어는 remote sensing image에 대한 메타데이터를 정확하게 읽고 저장합니다

다) 기본적인 정보를 제공하기 때문에 매우 중요합니다

라) 포함하는 정보

(1) File name

(2) Date of last file change

(3) Number of image rows and columns

(4) Number of bands

(5) simple statistics(min, max, mean, median, mode, variance)

(6) geo-referencing information(coordinate system, ellipsoid, top-left locatior's latitude and logitude, etc.)

(7) Pixel size

10) Features by Satellite Imagery Level : 만랩은 3레벨

가) Level 0 product : An image that has not undergone any processing

나) Level 1 product : Performs radiometric correction and simple geometry correction

- (1) Remove noise from the image through image processing techniques (stripe effects, panel effects, etc)
- (2) Corrects the effect of the earth's rotation through a simple geometric correction method
- (3) Radiometric correction is a process that improves the quality and accuracy of remote sensing images by removing or reducing the effects of atmospheric, sensor, and illumination factors

다) Level 2 product

- (1) Geometric correction of images according to absolute coordinates
 - (가) Performs image geometry correction from the position calculated from the position and attitude of the satellite using GPS, etc
 - (나) Performs image geometry correction through a calculation formula using a ground reference point (GCP)
- (2) Geometric correction involves identifying raw image coordinates(i.e. row, column) of several clearly discernible point, called GROUND CONTROL POINTs (GCP), in the distorted images, and map them either to their true positions in ground coordinates

라) Level 3 product

- (1) Orthoimage

3. 광학 EOS data

가. Electromagnetic (EM) Spectrum

1) 파장은 주로 마이크로미터 (μm) = 10^{-6}m , 나노미터 (nm) = 10^{-9}m 로 표시됨

2) $c = \lambda v$, $v = \frac{c}{\lambda}$ (frequency)

나. Blue band(400nm)

1) $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$

2) $\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9} \text{ m}$

3) $v = \frac{2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{400 \times 10^{-9} \text{ m}} = 7.50 \times 10^{14} \text{ Hz}$

다. Electromagnetic Spectrum

1) Optical sensors cover the visible light range and parts of the infrared region.

2) LiDAR sensors use the NIR(Near Infrared)

3) Radar sensors cover the microwave region of the spectrum

라. Optics vs Microwave RS

1) Optical

가) Visible, Near Infrared

나) Reflectance (or Radiance)

다) Precision(char[8], uint16[16];integer[8~64], real[32,64])

라) Passive System(방출되는 빛만 수동적으로 받아들임)

마) Sensitive to cloud cover

2) Radar

가) Microwave

나) Backscattering Coefficient & Phase

다) Precision (float32[32]; complex)

라) Active System

마) Being able to penetrate cloud cover

마. Timeline of Landsat Satellites

- 1) Landsat 1 MSS : 1972 ~ 1978
- 2) Landsat 2 MSS : 1975 ~ 1982
- 3) Landsat 3 MSS : 1978 ~ 1983
- 4) Landsat 4 TM : 1982 ~ 1993
- 5) Landsat 5 TM : 1984 ~ 2013
- 6) Landsat 7 ETM+ : 1999 ~
- 7) Landsat 8 OLI : 2013 ~
- 8) Landsat 9 : 2020 ~

9) 설명

- 가) MSS : MultiSpectral Scanner (4 밴드), green(0.5~0.6), red(0.6~0.7), NIR(0.7~0.8), NIR(0.8~1.1)
- 나) TM : Thematic Mapper (7 밴드)
- 다) ETM : Enhanced Thematic Mapper (8 밴드)
- 라) OLI : Operational Land Imager (11 밴드)

바. Landsat MSS & TM Sensor System Characteristics

- 1) MSS : MultiSpectral Scanner
 - 가) 4 bands : Green(4, 0.5~0.6), Red(5, 0.6~0.7), NIR(6, 0.7~0.8), NIR(7, 0.8~1.1)
(Landsat3에서는 10.4~12.6 밴드8 추가로 존재)
 - 나) 6 bits
- 2) TM :Thematic Mapper
 - 가) 7 bands : 1(0.45~0.52), 2(0.52~0.60), 3(0.63~0.69), 4(0.76~0.90), 5(1.55~1.75), 6(10.40~12.5), 7(2.08~2.35)
 - 나) 8 bits
- 3) Landsat Multispectral Sensor(MSS) measures radiation on a 0-63 DN scale.
- 4) Landsat Thematic Mapper (TM) measures it on a 0~255 DN scale.
- 5) Landsat-8 : 16bit radiometric resolution (0~ 65535)

사. Landsat 7, Landsat 8

| Landsat-7 ETM+ bands (μm) | | Landsat-8 OLI and TIRS Bands(μm) | |
|---------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | | Band1 | 30m coastal/aerosol 0.435 0.451 |
| Band1 | 30m blue 0.441 0.514 | Band2 | 30m blue 0.452 - 0.512 |
| Band2 | 30m green 0.519 0.601 | Band3 | 30m green 0.533 - 0.590 |
| Band3 | 30m red 0.631 0.692 | Band4 | 30m red 0.636 - 0.673 |
| Band4 | 30m nir 0.772 0.898 | Band5 | 30m NIR 0.851-0.879 |
| Band5 | 30m SWIR-1 1.547-1.749 | Band6 | 30m SWIR-1 1.566-1.651 |
| Band6 | 60m TIR 10.31-12.36 | Band10 | 100m TIR-1 10.60 11.19 |
| | | Band11 | 100m TIR-2 11.50 12.51 |
| Band7 | 30m SWIR-2 2.064 2.345 | Band7 | 30m SWIR-2 2.107 2.294 |
| Band8 | 15m Pan 0.515 0.896 | Band8 | 15m Pan 0.503-0.676 |
| | | Band9 | 30m cirrus 1.363- 1.384 |

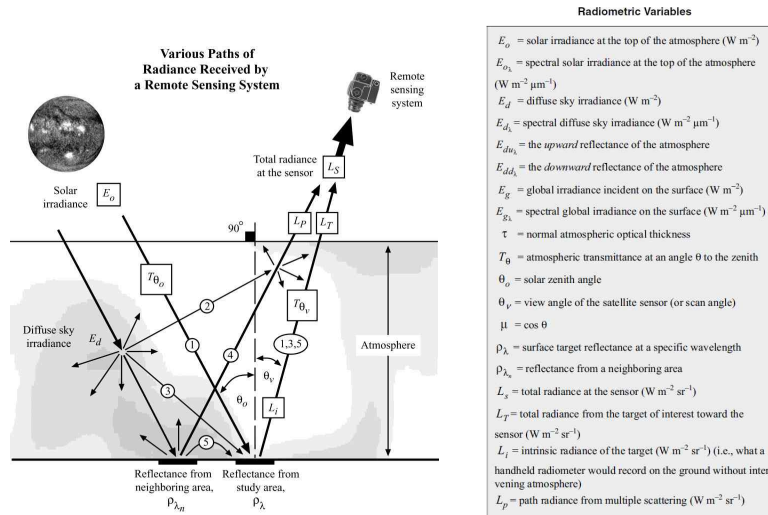
아. AVIRIS hyperspectral Bands vs Landsat

- 1) A Comparison of the sensitivity of the 224 AVIRIS bands with the location of the nine Landsat 8 non-contiguous bands in the region from 400 to 2500nm.

자. Landsat 8 band & useful Mapping

| Band | Wavelength | Useful for mapping |
|----------------------------|-------------|---|
| Band1 - coastal aerosol | 0.43 0.45 | Coastal and aerosol studies |
| Band2 - Blue | 0.45 0.51 | Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation |
| Band3 - Green | 0.53 0.59 | Emphasize peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor |
| Band4 - Red | 0.64 0.67 | Discriminates vegetation slopes |
| Band5 - NIR | 0.85 0.88 | Emphasize biomass content and shorelines |
| Band6 - SWIR1 | 1.57 1.65 | Discriminates moisture content of soil and vegetation: penetrates thin clouds |
| Band7 - SWIR2 | 2.11 2.29 | Improved moisture content of soil and vegetation : penetrates thin clouds |
| Band8 Panchromatic | 0.50 0.68 | 15 meter resolution, sharper image definition |
| Band9 - Cirrus | 1.36 1.38 | Improved detection of cirrus cloud contamination |
| Band10 - TIRS 1 | 10.60 11.19 | 100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture |
| Band11 - TIRS 2 | 11.50 12.51 | 100 meter resolution, Improved thermal mapping and estimated soil moisture |

차. Various paths of Radiance Received by a RS system



$$1) L_s = L_T + L_p$$

(L_s : Total radiance at the sensor ($Wm^{-2}sr^{-1}$))

L_p : path radiance from multiple scattering ($Wm^{-2}sr^{-1}$)

L_T : Total radiance from the target of interest toward the sensor($Wm^{-2}sr^{-1}$)

$$2) L_T = \frac{1}{\pi} \rho T_{\theta_v} (E_{o\Delta\lambda} T_{\theta_o} \cos \theta_o \Delta\lambda + E_d)$$

카. Atmospheric Correction

- 1) Digital number(DN)
- 2) Total spectral radiance at sensor's aperture
- 3) Top of Atmosphere(TOA) reflectance
- 4) 2에서 3으로 가는 과정을 Atmospheric correction이라고 함.

타. Optic sensor data precision

- 1) Digital number : char(1byte), uint16(2byte)
- 2) Radiance : float32 (4bytes)?
- 3) Reflectance : float32 (4bytes)?

파. Conversion to TOA Radiance

- 1) $L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$
 - 가) L_{λ} = TOA spectral radiance ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m$)
 - 나) M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata
(RADIANCE_MULT_BAND_x, x is the band number)
 - 다) A_L = Band-specific additive rescaling factor from the metadata
(RADIANCE_ADD_BAND_x, x is the band number)
 - 라) Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)
- 2) DN(uint16) 및 메타데이터 사용해 Radiance(float32) 정밀도를 계산

4. Image Coordinate System

가. Geographic Coordinate System(GCS)

- 1) spherical or geodetic coordinate system for measure and communicating position directly on the earth as latitude and longitude
- 2) geographic coordinate system은 cartesian이 아니다. 측정값이 각도로 나타나기 때문. 또한 평면이 아니기 때문.

나. Elipsoid vs Spheroid vs Geoid

1) Spheroid (oblate spheroid)

- 가) approximation of the earth's shape as an ellipsoid, which is essentially a sphere that is slightly flattened at the poles and bulging at the equator.
- 나) it approximates the earth's shape fairly accurately.

2) Ellipsoid

- 가) more general mathematical shape that can be either prolate(elongate) or oblate(flattened).
- 나) Earth => oblate spheroid
- 다) An ellipsoid is characterized by its semi major axis (equatorial radius) and its semi minor axis(radius)

다. Ellipsoid의 flattening f, eccentricity e

- 1) 장반경 : a, 단반경 : b라고 할 때,
- 2) flattening $f = \frac{a-b}{a}$ (0과 1 사이 값)
- 3) eccentricity $e^2 = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2}$

라. Geoid

- 1) complex, irregular, undulating
- 2) true shape of the earth's gravitational field
- 3) determined by earth's mass distribution and gravity field. it is affected by variations in the density of materials within the earth
- 4) provide a reference for determining mean sea level and is essential for accurate surveying, map-making, and GPS-based navigation.
- 5) Geoid undulation?
 - 가) The difference between two height : height obtained by measuring from above reference ellipsoid surface, height obtained by measuring from above surface geoid.

마. UTM Coordinate System : Universal Transverse Mercator(UTM)

- 1) 지구를 수평좌표로 표현
- 2) ignores altitude, treats the earth surface as a perfect ellipsoid
- 3) 지구를 경도를 기준으로 60등분, 한 zone당 경도 6도,
- 4) UTM system divides the earth into 60 zones, each 6 degree of longitude in width .
- 5) Zone 1 : 180W ~ 174W
- 6) 남극 : 80S까지, 북극 : 84N까지

바. Converting Coordinates from UTM to GCS

- 1) UTM은 GCS와 달리 2d cartesian coordinate system이다.
- 2) 절차
 - 가) Understand UTM Zones
 - 나) Determine the UTM Zone
 - (1) 관심영역이 어떤 zone에 위치하는 지 확인
 - 다) Calculate the Parameters
 - (1) UTM 각각의 zone은 각자의 좌표계에 서로 다른 매개변수 세트를 사용한다.
 - (2) 매개변수에 포함되는 것
 - (가) central meridian
 - (나) scale factor at the central meridian
 - (다) false easting and northing values
 - ① false easting : each zone's central meridian's easting is defined as 50,000m. to avoid negative number
 - ② false northing : north hemisphere : 0(equator), south hemisphere : 1000,000m(equator)

라) Apply the conversion formulas

- (1) Calculate meridian radius of curvature(ρ) and the prime vertical radius of curvature(ν) using the WGS84 ellipsoid parameters

(가) $M = \frac{Northing}{k0 * \nu}$

(나) foot point latitude(ϕ_1)

$$\phi_1 = (M + (1 - e^2) * \sin^2(\phi_1)) / (a * (1 - e^2) * \sqrt{(1 - e^2 * \sin^2(\phi_1))})$$

(다) radius of curvature (ν_1)

$$\nu_1 = a / \sqrt{(1 - e^2 * \sin^2(\phi_1))}$$

(라) Calculate the difference in longitude

$$\delta_\lambda = (easting - easting_{false}) / (k0 * \nu_1)$$

(마) Calculate the longitude

$$\lambda = \lambda_0 + \delta_\lambda$$

(2) a = 장반경

(3) e^2 = square of eccentricity of ellipsoid

(4) k0 = scale factor at the central meridian

(5) easting_false and northing_false : 이름그대로

(6) lambda0 = central meridian of the UTM Zone