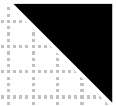


Grid Algorithm for Star Identification



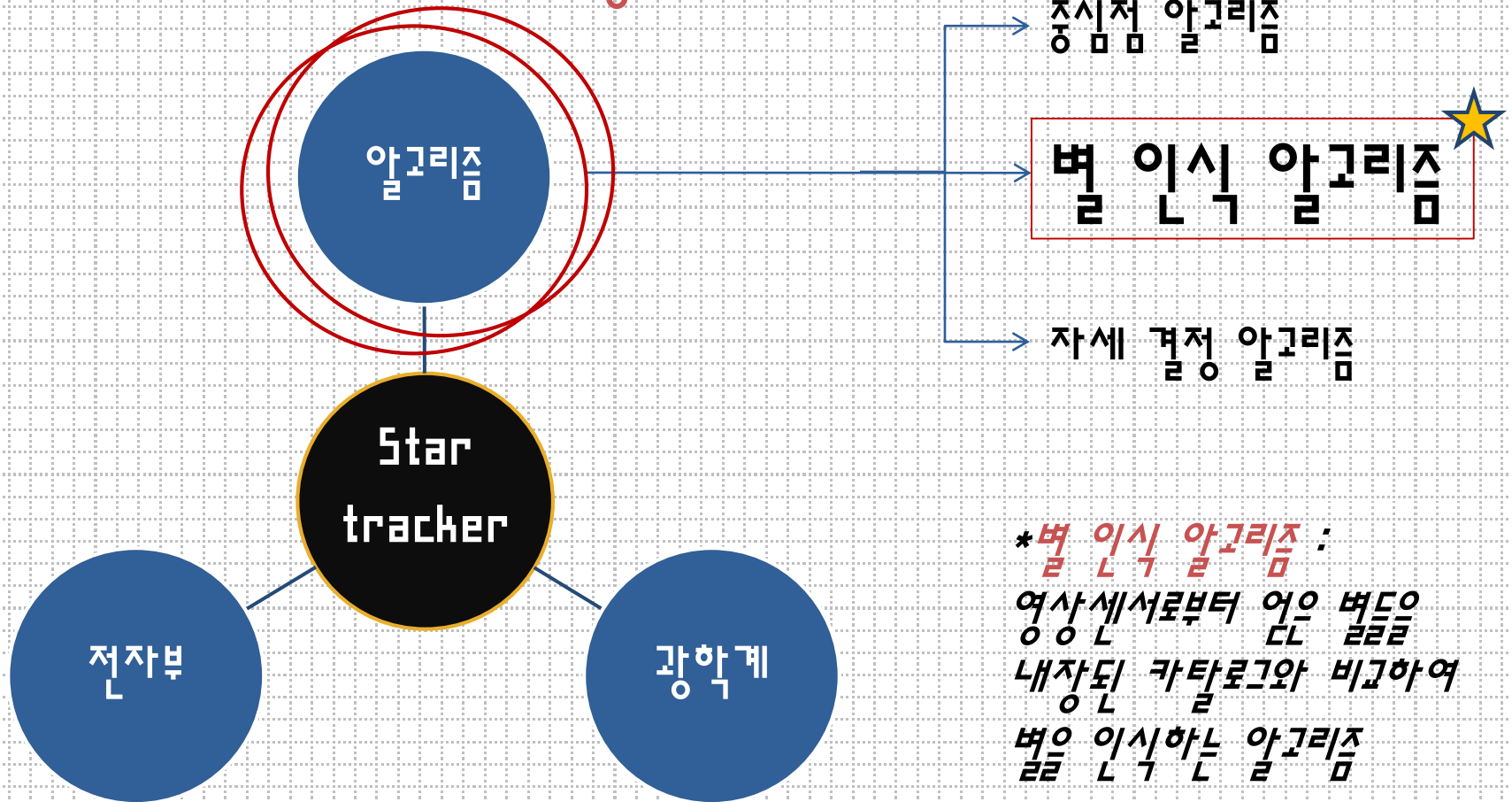
〈Contents〉

1. Introduction.
2. Grid Algorithm.
3. Setting.
4. Pattern Generation.
5. Matching.

1. Introduction

1. Introduction

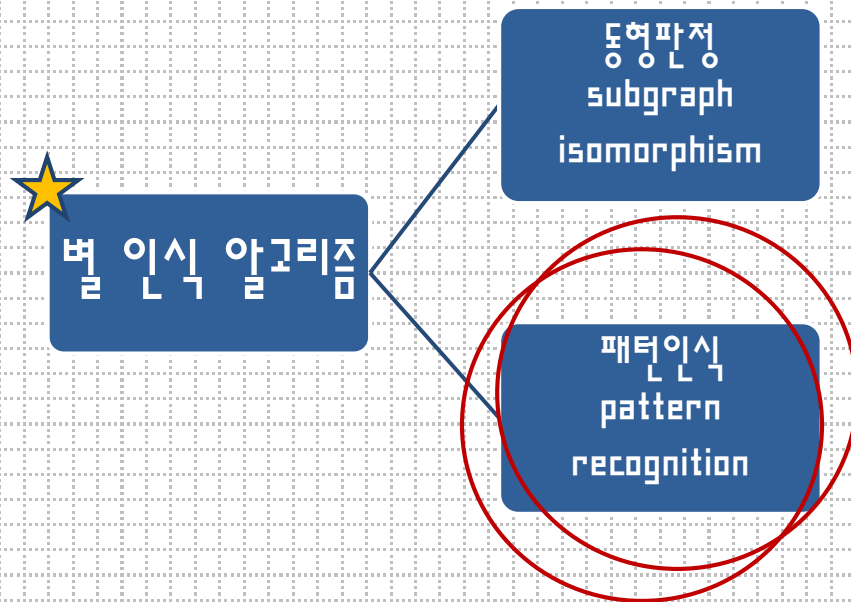
star tracker 의 구성요소



*별 이식 알고리즘 :

여상세서로부터 얻은 별 ID
내장된 카탈로그와 비교하여
별을 이식하는 알고리즘

1. Introduction



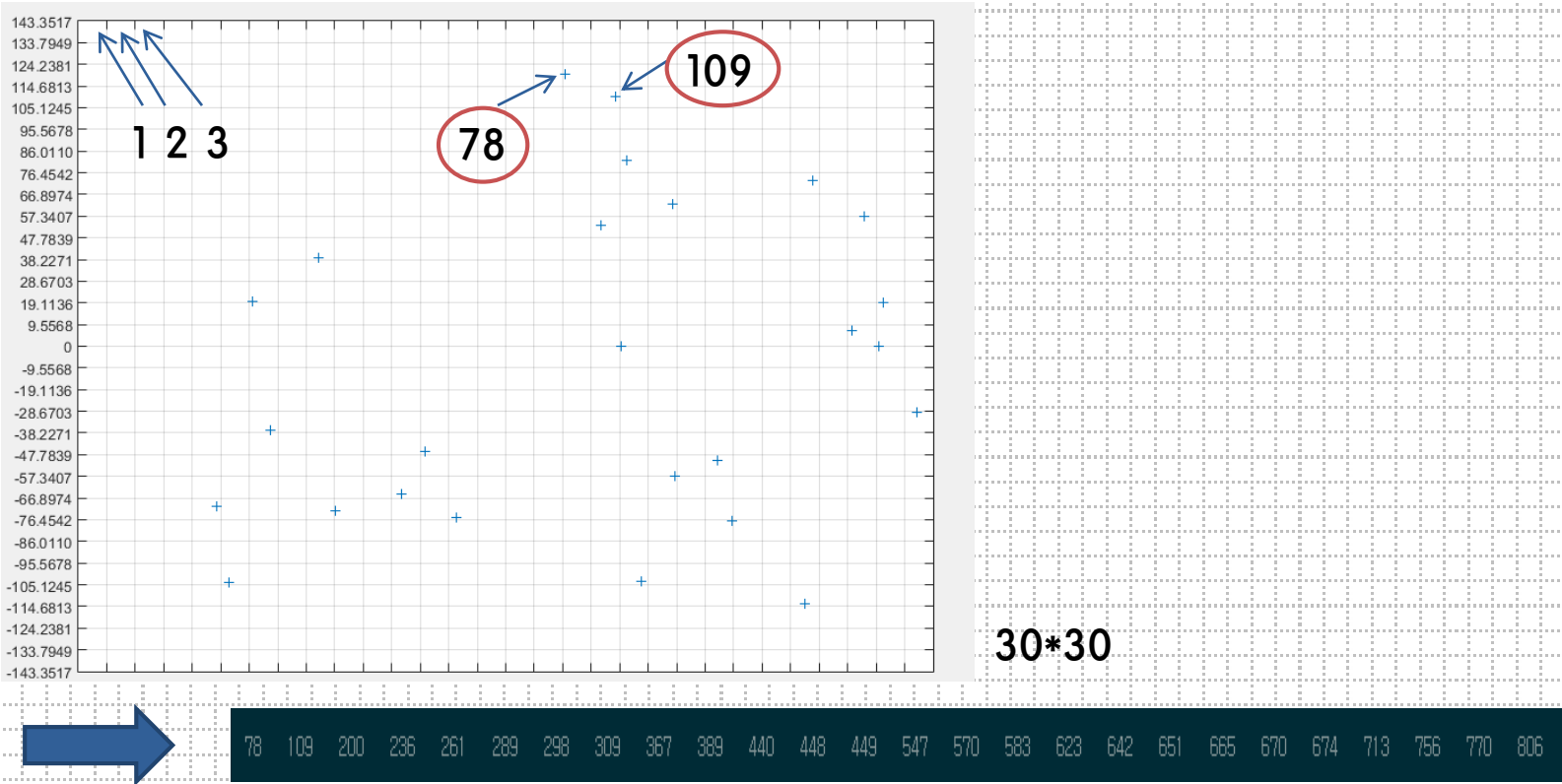
패턴 인식 방법 :

영상에서 이미지의 각
픽셀 기준으로 유니크한 패턴
을 만들어 동일한 방식으로
구성된 카탈로그의 패턴과
비교하는 방식.

2. Grid Algorithm

2. Grid Algorithm

이미지에 그리드를 생성하고 각 셀로 가정하여 별이 존재하는 셀은 번호 부여



2. Grid Algorithm

그리드 칸을 각 셀로 가정하여 별이 존재하는 셀은 번호 부여



78 109 200 236 261 289 298 309 367 389 440 448 449 547 570 583 623 642 651 665 670 674 713 756 770 806

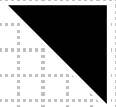
이 나열된 셀들이 이미지의 한 "패턴" 이다.

경도 0.0014851983

위도 0.7830115146

에서의 "패턴"

3. Setting



3. Setting

Pattern Generation 전 사전작업!

1. 카탈로그 생성.
2. 각 별의 경도, 위도를 Position Vector로 모두 변경.
3. 별 추적기 FOV(deg, circular) 내에 들어오는 별 추출.
4. 별 추적기의 시선벡터기준, 별의 Position Vector 계산.
5. 추출한 별들을 $g \times g$ 평면 프레임상에 정렬(사영)

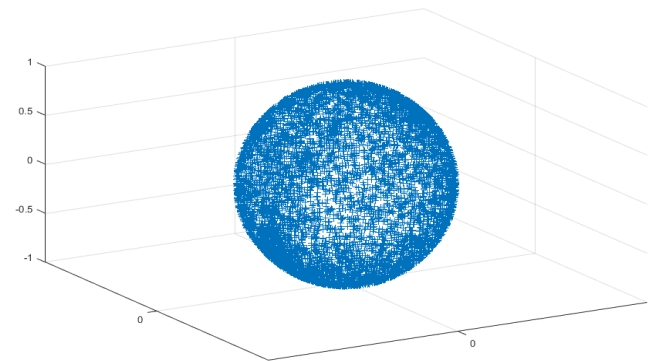
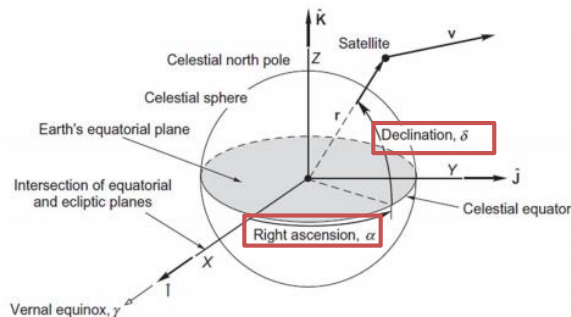
3. Setting

1. 카탈로그 생성

→ 계산시간에 의한 손해를 줄이기 위해, 약 11.7만개의 별 DB에서 별 인식을
영향을 주지 않는 범위 안에서 별의 개수를 적절히 줄인다.
(ex) 밝기 7.5미만 추출 시 약 2.5만개로 줄어듦

2. 생성한 카탈로그 DB 내 별들의 경도, 위도를 Position Vector로

$$\vec{r} = \cos \delta \cos \alpha \mathbf{I} + \cos \delta \sin \alpha \mathbf{J} + \sin \delta \mathbf{K}$$



3. Setting

3. 별 추적기의 FOV(deg,circular)내에 들어오는 별 추출

if) FOV : 8 deg(circular)

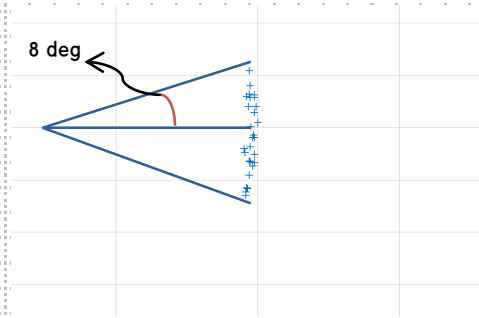
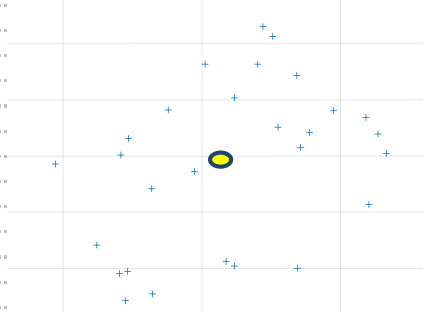
별 추적기의 기준축(시선벡터) 과 DB상의 별 좌표들과 모두 내적하여 8 deg 내에 들어오는 것만 추출

$$A \cdot B = \|A\| \|B\| \cos \theta \longrightarrow \arccos\left(\frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}\right) < \theta$$

if) 현재 별 추적기의 시선벡터가 지구의 Inertia Frame기준으로 Roll,Pitch만큼 기울어져 있다고 가정 하면 [DCM]을 구해 좌표축변환을 이용하여 별 추적기의 시선벡터를 항상 기준으로 잡고 내적을 하여야 한다!

3. Setting

4. 별 추적기의 시선벡터기준, 별의 Position Vector 계산



각 별의 좌표마다 [DCM]을 곱해 별 추적기의 시선벡터를 기준으로 좌표를 재추출 한다.

0.991419045132096	-0.129123581294268	0.020380817037263
0.991678947805020	-0.123177913863894	0.037417456039508
0.992846304579094	-0.116732262592756	-0.025095703887587
0.992041179143405	-0.114539087851684	0.052298147556745
0.994148173861511	-0.090968015564296	0.058260008171281
0.996505253994982	-0.073926264687679	0.038886837743938
0.994495444846512	-0.065066047066524	-0.082129286485850
0.997411375682291	-0.067445735877783	0.024932315806263
0.993889929647253	-0.064438037453000	0.089613319740901
0.997753929297921	-0.051293917372242	0.043081673727583

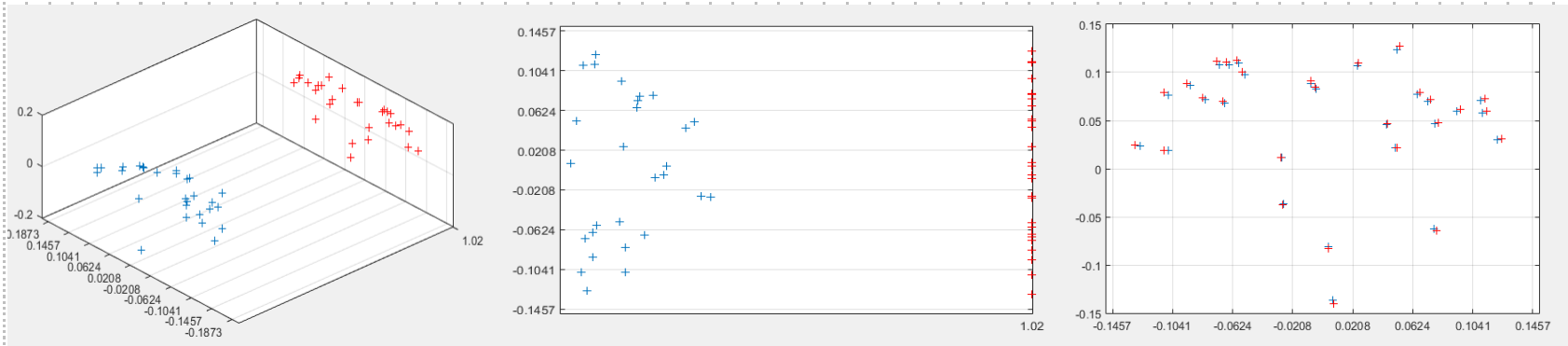
$$\begin{bmatrix} c\theta c\psi & c\theta s\psi & -s\theta \\ s\phi s\theta c\psi - c\phi s\psi & s\phi s\theta s\psi + c\phi c\psi & s\phi c\theta \\ c\phi s\theta c\psi + s\phi s\psi & c\phi s\theta s\psi - s\phi c\psi & c\phi c\theta \end{bmatrix} \times$$

0.620669805783560	0.605766708342868	-0.497810895071658
0.621408600422731	0.616591376945971	-0.483390551414210
0.597260226612326	0.595378127832708	-0.537405904885137
0.619376747254067	0.628218335136006	-0.470865339943297
0.603542365318431	0.646352892982305	-0.466866737944822
0.585094128471263	0.650219742333804	-0.484643319883618
0.539028419703435	0.604062065622335	-0.586990105221626
0.576017173937191	0.648967673544957	-0.497036391045019
0.592095051244855	0.675182473070127	-0.439945540209534
0.569011078175137	0.666470907154973	-0.481708337928664

x y z

3. Setting

5. 추출한 별들을 g*g 평면 프레임상에 정렬(사영)



```
0.993811393116287 -0.110743753440205 -0.008644997758219
0.994718157838575 -0.096245995075606 -0.035672046452911
0.993163001053276 -0.089151018473261 0.075361457284414
0.996720848211619 -0.080783252865435 0.004649386711066
0.991454383969059 -0.070625178904727 -0.109682672347135
0.997430276443355 -0.067888316252845 -0.022891486419328
0.997850904416611 -0.064433725915055 0.011910815238913
0.993332161396421 -0.051624059040619 -0.103083333588346
0.990619124788774 -0.040265693166242 -0.130584928519973
0.993389607768993 -0.038895668703753 -0.108000991350332
```

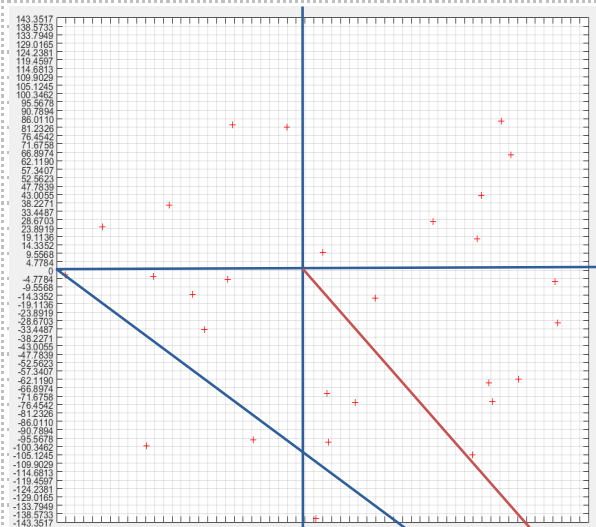


```
1.020000000000000 -0.113662038180911 -0.008872808034254
1.020000000000000 -0.098632191555479 -0.036578690250342
1.020000000000000 -0.091560034703557 0.077397855486543
1.020000000000000 -0.082670005418859 0.004757976572706
1.020000000000000 -0.072658594936496 -0.112840618391545
1.020000000000000 -0.069424484310644 -0.023409472019412
1.020000000000000 -0.065863948353867 0.012175197206239
1.020000000000000 -0.053010002361552 -0.105850796285808
1.020000000000000 -0.041459937529799 -0.134457960438400
1.020000000000000 -0.039937585180629 -0.110894064439374
```

3. Setting

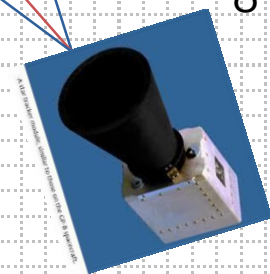


1.0200000000000000	-0.113662038180911	-0.008872808034254
1.0200000000000000	-0.098692191555479	-0.036578690250342
1.0200000000000000	-0.091560034703557	0.077397855486543
1.0200000000000000	-0.082670005418859	0.004757976572706
1.0200000000000000	-0.072658594936496	-0.112840618391545
1.0200000000000000	-0.069424484310644	-0.023409472019412
1.0200000000000000	-0.065863948353867	0.012175197206239
1.0200000000000000	-0.053010002361552	-0.105850796285808
1.0200000000000000	-0.041459937529799	-0.134457960438400
1.0200000000000000	-0.039937585180629	-0.110894064439374



1.02

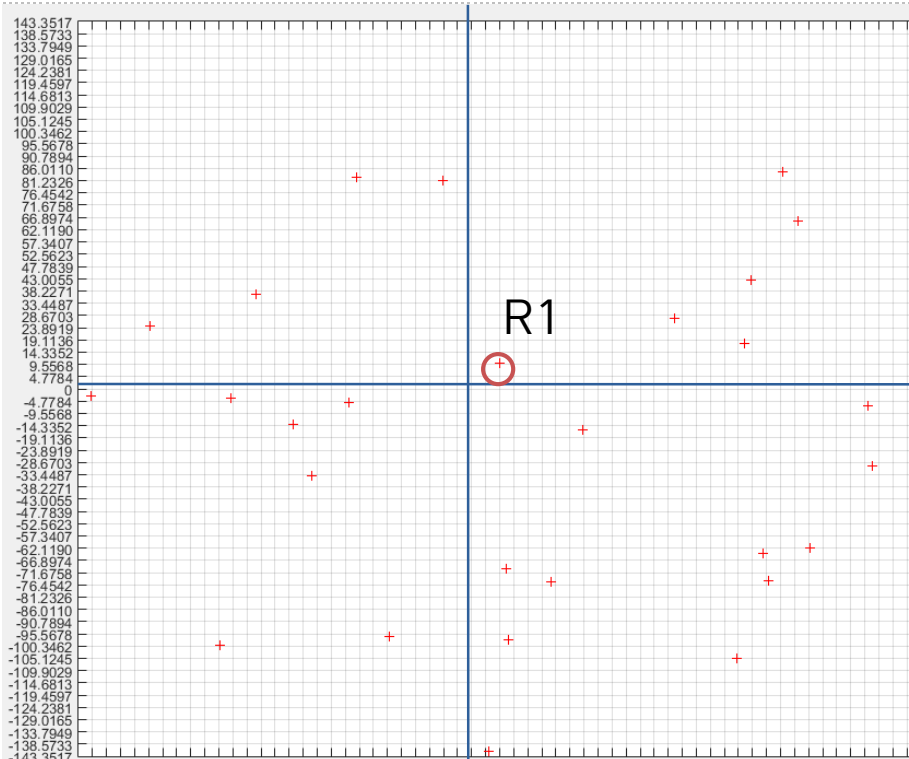
8 deg



4. Pattern Generation

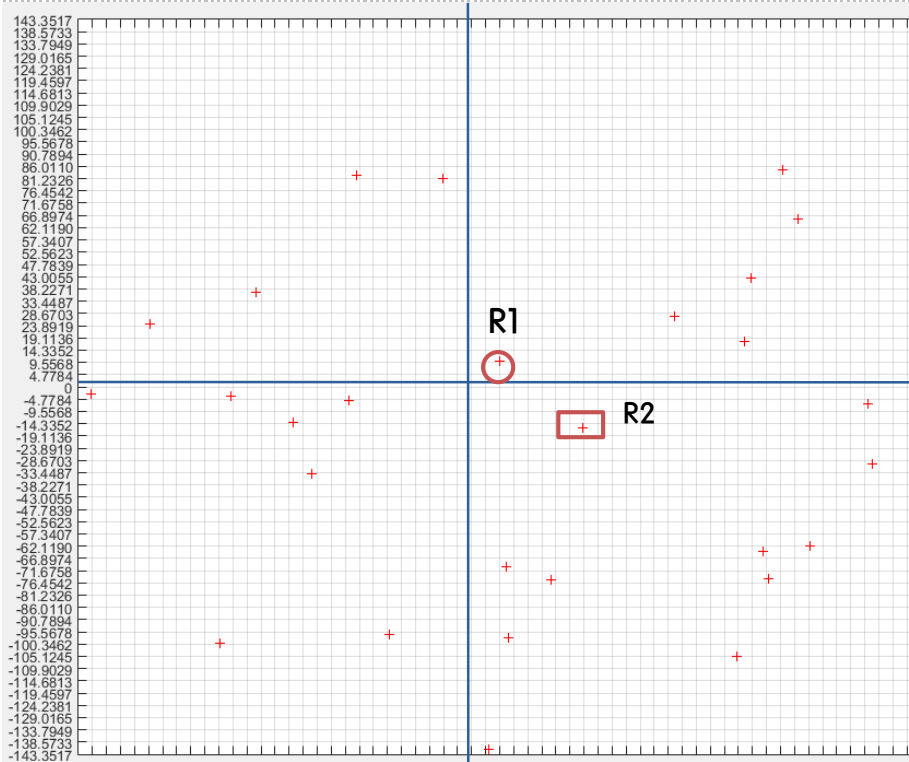
4. Pattern Generation

1. 영상센서 이미지가 맟히는 Frame의 원점을 기준으로 가장 가까운 별 R1 지정



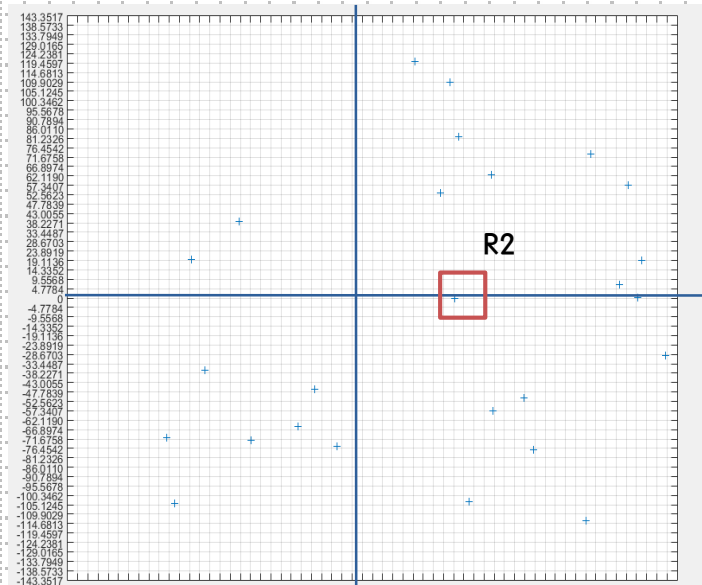
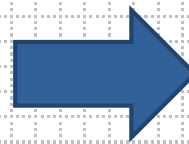
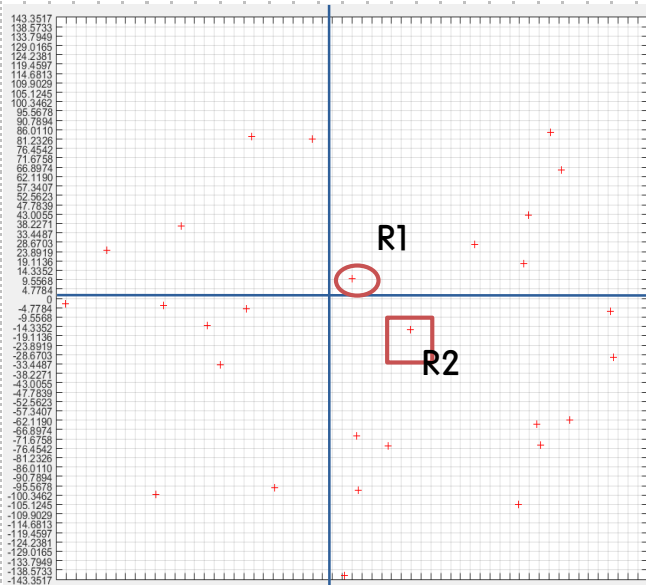
4. Pattern Generation

2. R1에서 가장가까운 별 R2 지정



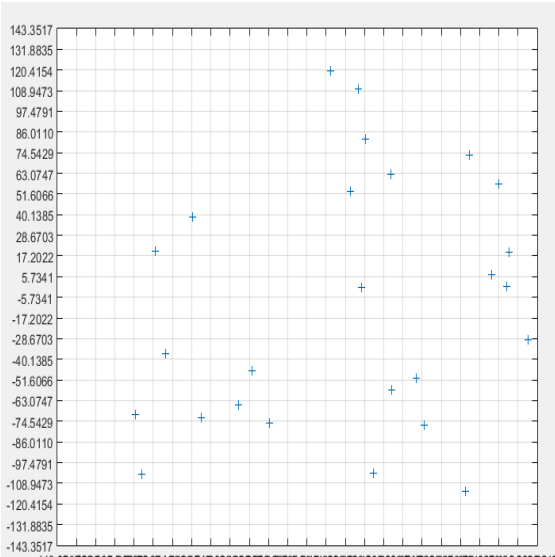
4. Pattern Generation

3. R1을 원점으로 하고 R2를 x축으로 하는 좌표계 생성하고 R1은 제거

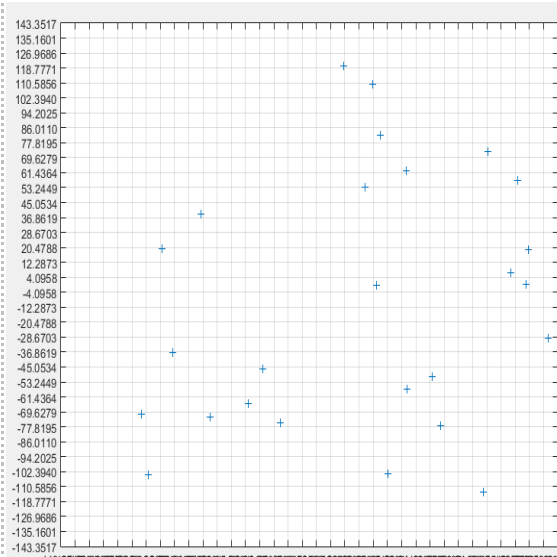


4. Pattern Generation

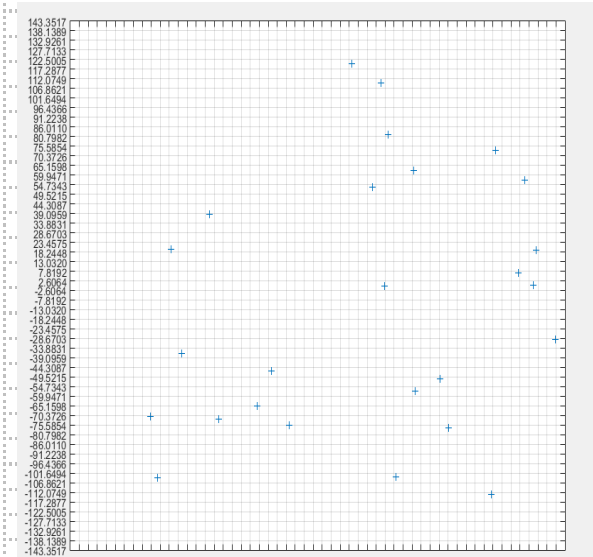
4. 임의 크기의 그리드를 생성



25*25



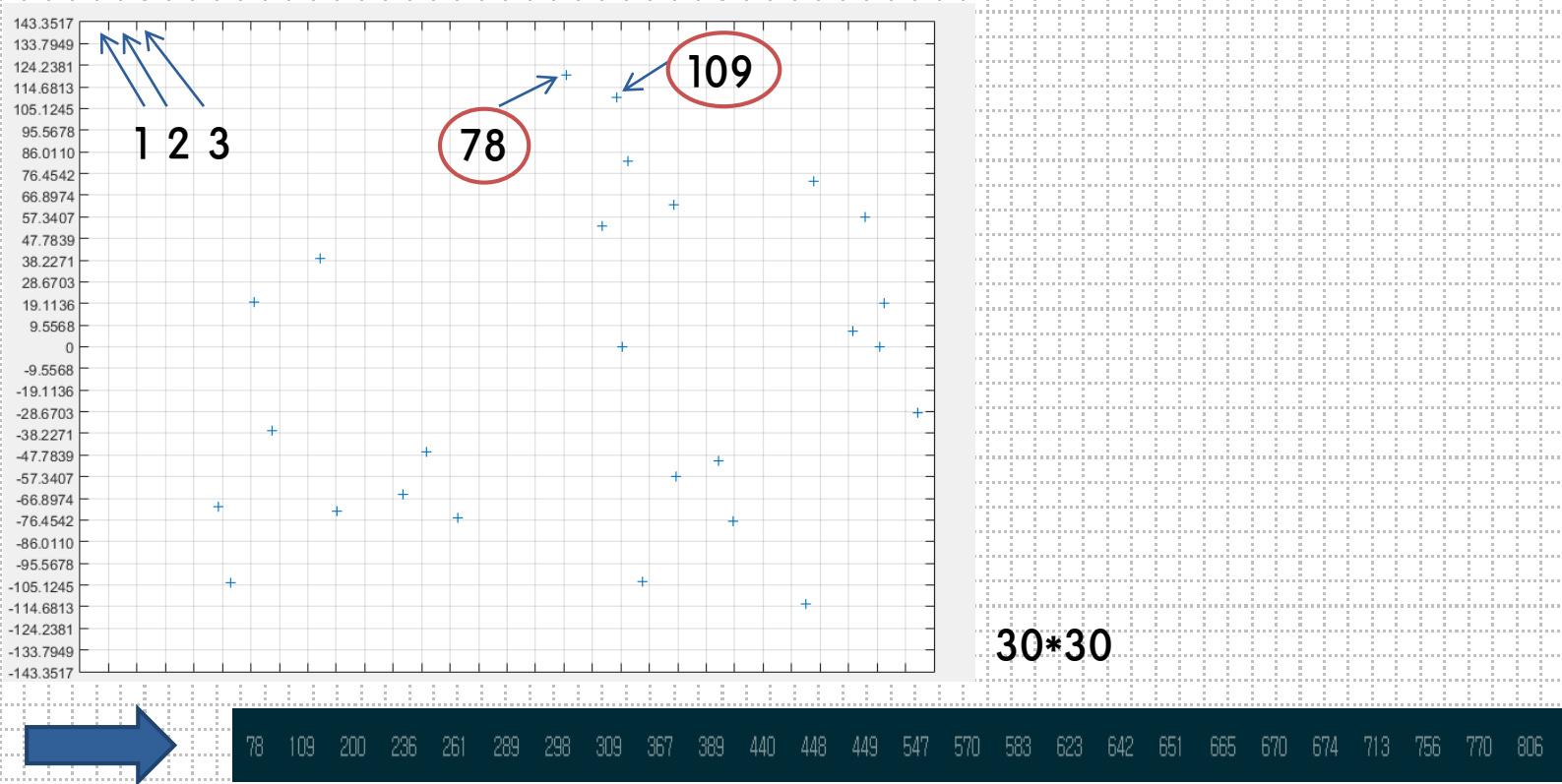
35*35



55*55

4. Pattern Generation

5. 그리드 칸을 각 셀로 가정하여 별이 존재하는 셀은 번호 부여



4. Pattern Generation

5. 그리드 칸을 각 셀로 가정하여 별이 존재하는 셀은 번호 부여



78 109 200 236 261 289 298 309 367 389 440 448 449 547 570 583 623 642 651 665 670 674 713 756 770 806

이 나열된 셀들이 이미지의 한 "패턴" 이다.

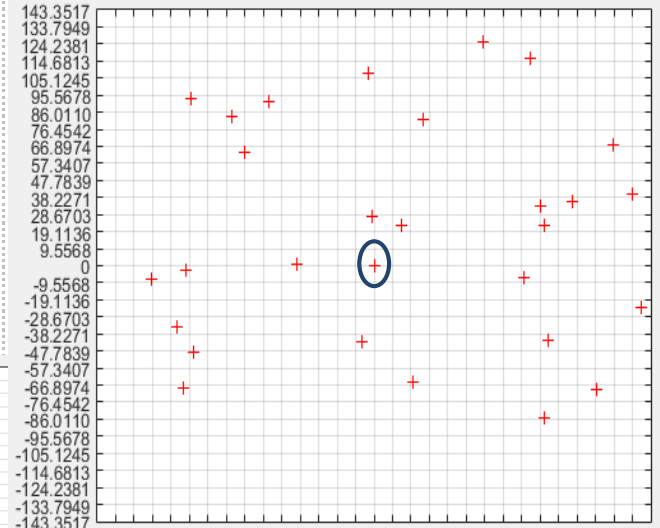
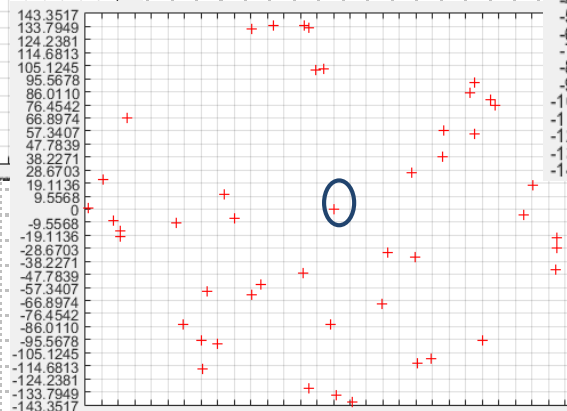
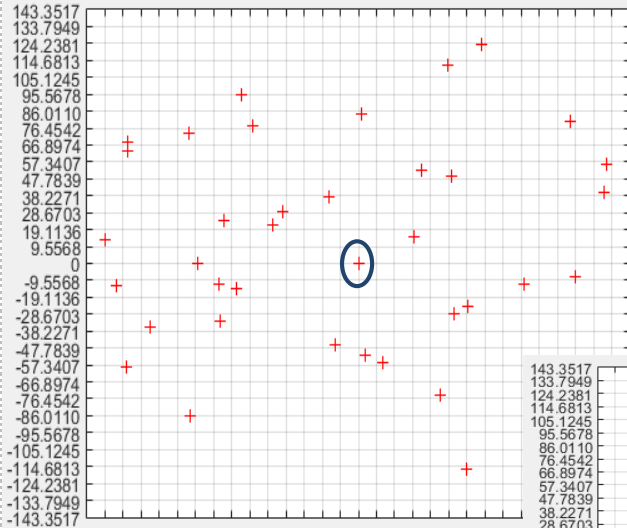
경도 0.0014851983

위도 0.7830115146

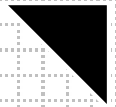
에서의 "패턴"

4. Pattern Generation

6. 카탈로그 DB에 있는 별도 마찬가지로 모두 패턴을 생성할 수 있으며, 패턴 수는 카탈로그 별의 개수와 같다

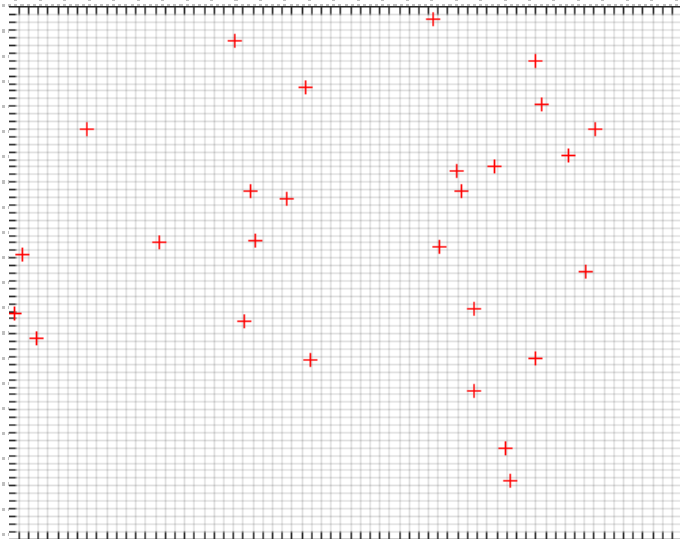


5. Matching



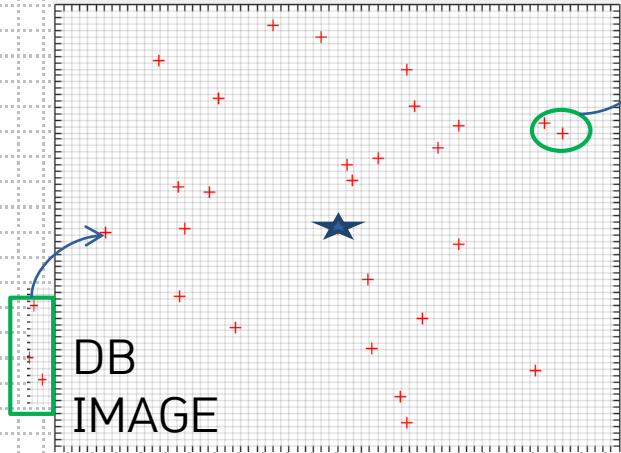
5. Matching

1. 영상의 패턴과 카탈로그의 패턴의 매칭 여부를 판단하기 위해서 먼저 두 패턴에서 매칭된 별의 개수를 계산한다.
2. 별 추적기에서 관측 가능한 별의 수를 적절히 고려하여 매칭된 별의 개수가 M 개 이상이면 두 패턴이 매칭된다고 판단



센서 이미지

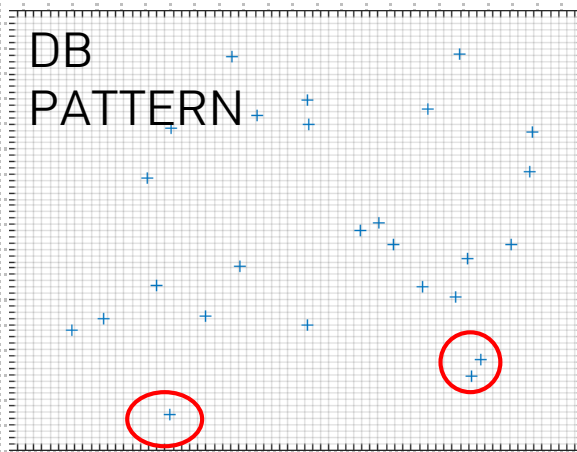
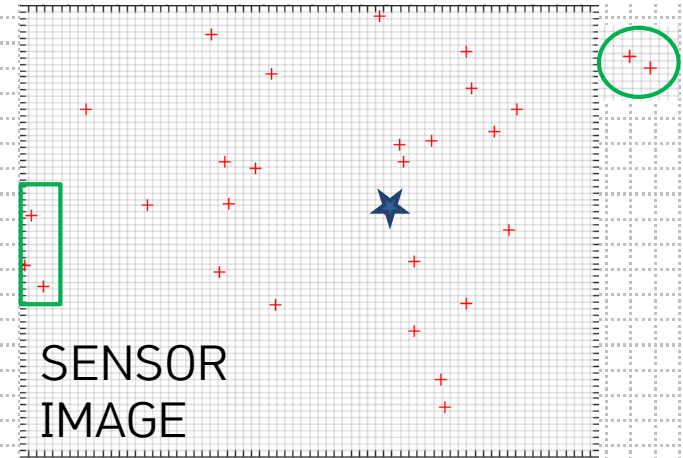
5. Matching



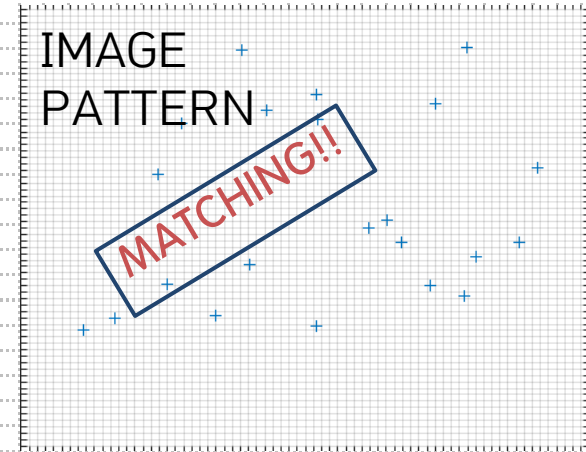
이미지 패턴과
가장 매칭이 많이 된
카탈로그를 선별한 결과
본 카탈로그 패턴에서 매칭
이 되었다고 확인 되었다.

본 그림과 같이
영상이미지 에 따라 DB패턴
별이 탈락 될 수도 있고
카탈로그 패턴에 없는 별이
들어 올 수 있으므로 카탈
로그상의 모든 별이 센서
이미지의 패턴과 맞을 수
는 없음.

따라서 적절히 최소 매칭
개수를 정해야 한다.

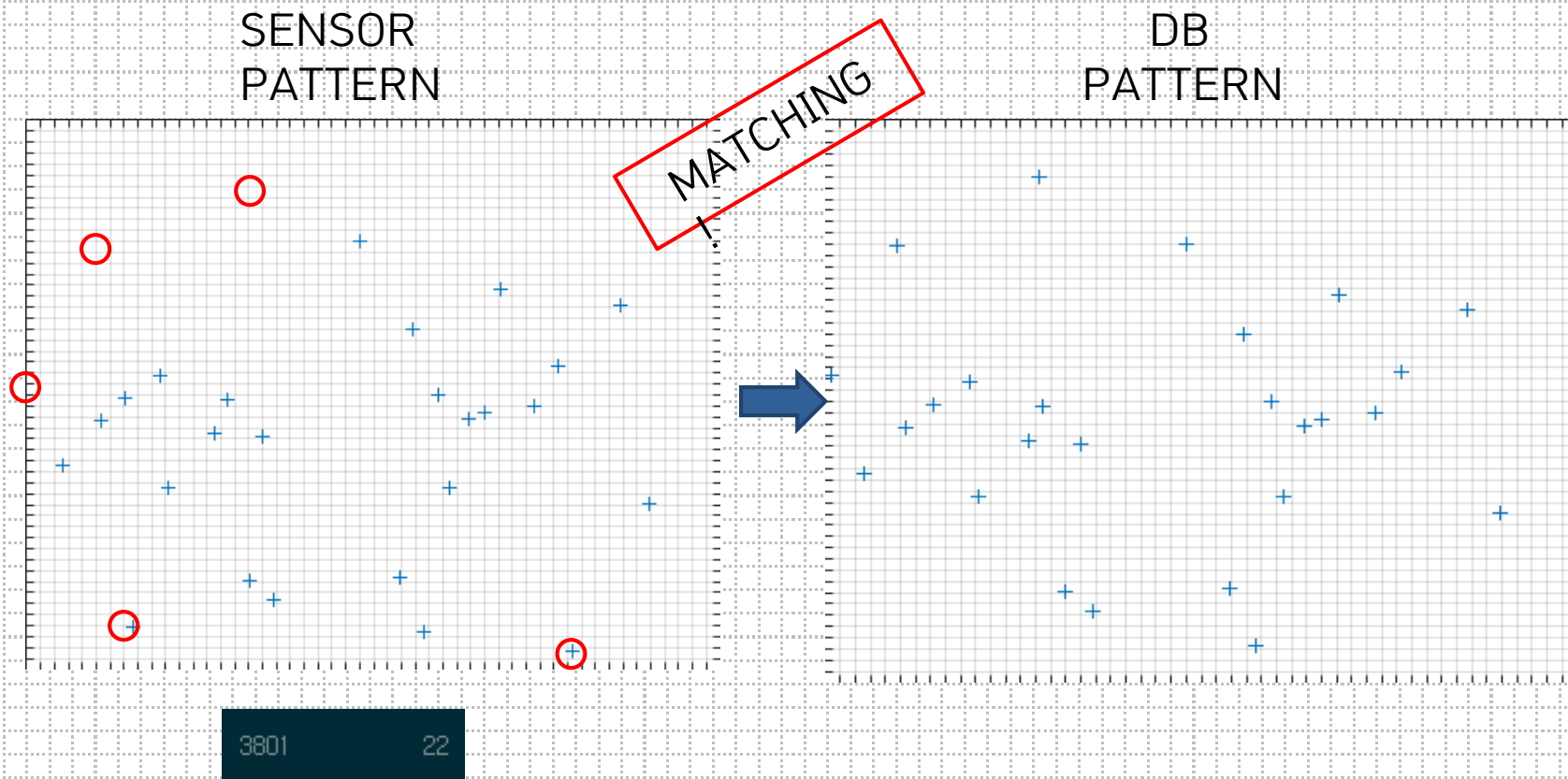


카탈로그 DB 패턴

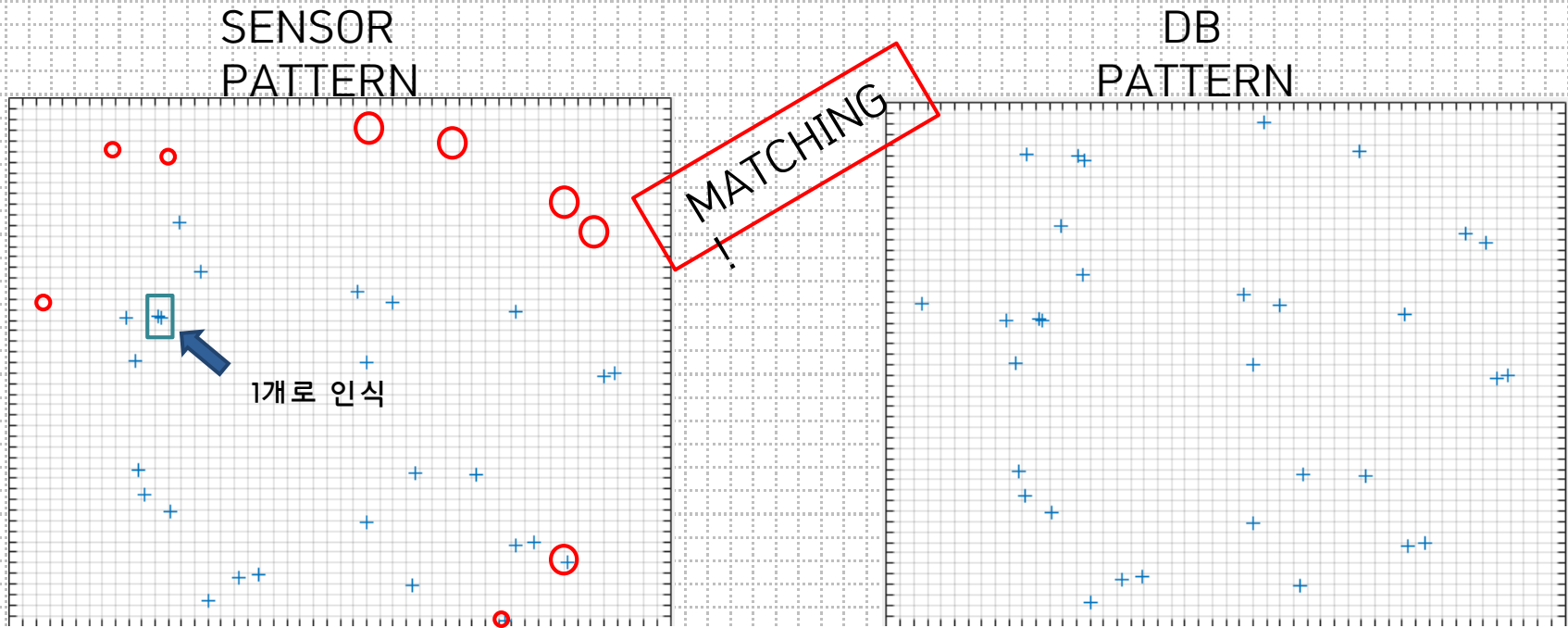


센서 이미지 패턴

5. Matching

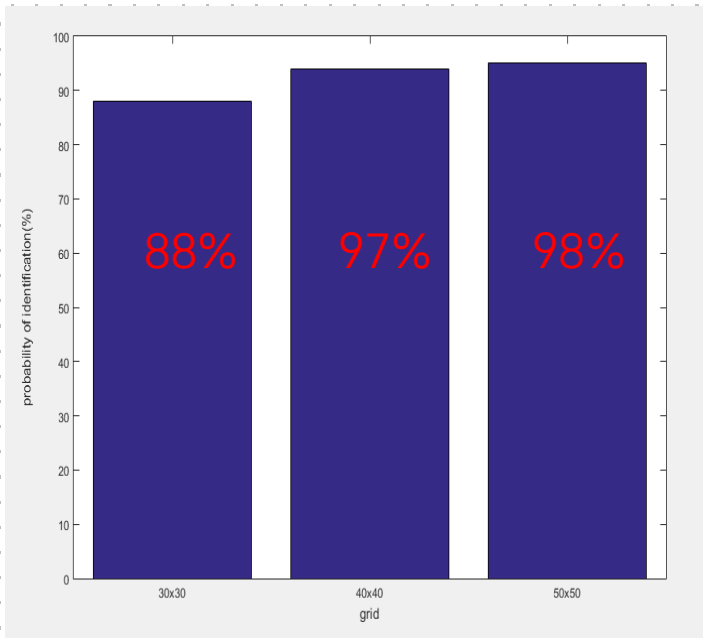


5. Matching

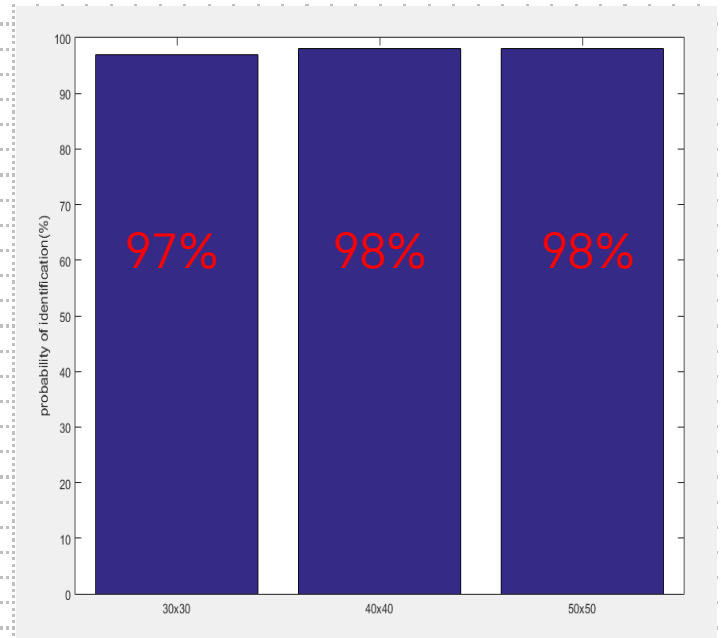


5430 23

5. Matching



밝기 : 6.5미만
FOV : 6 deg
DB패턴당 평균 별 : 25개
인식 최소 별 개수 : 6개



밝기 : 6.5미만
FOV : 8 deg
DB패턴당 평균 별 : 41개
인식 최소 별 개수 : 6개

감사합니다^^
