

현행지적도 변형보정을 위한 기준점 매칭 알고리즘 개발

윤여상 · 이규성 · 김병국
인하대학교 지리정보공학과

1. 서론

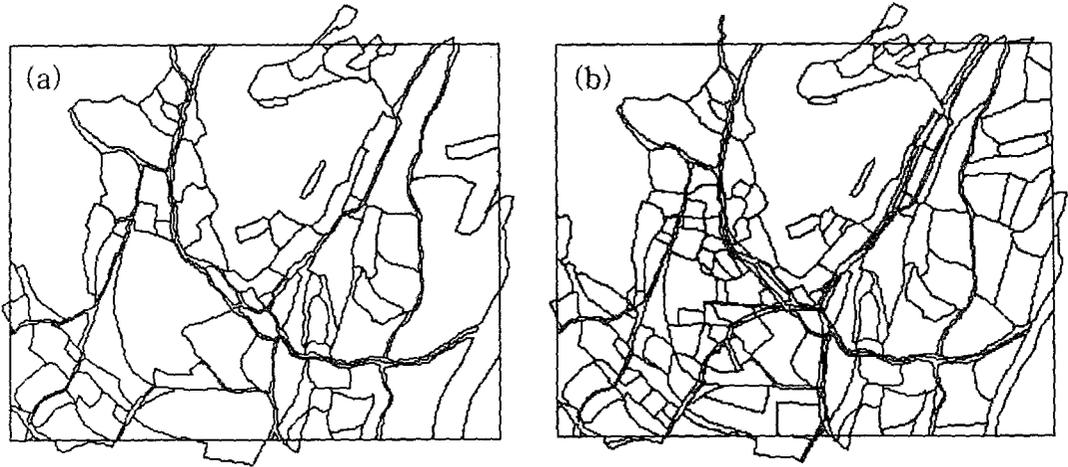
지리정보시스템을 이용한 국토의 효율적 관리에 있어서 국토정보의 기반이 되는 지적도 전산화의 필요성이 끊임없이 제기 되어 왔다. 그러나 현행 지적도는 1910년대에 제작된 이래 오랜 기간동안 지속적인 사용으로 인하여 도면에 많은 신축이 발생하였고, 지질의 변화와 마모 또한 심각한 상태이다. 이러한 상황에서 최선의 방안은 전 국토에 대한 지적도를 재구성 하는 것이나 이러한 작업은 막대한 예산과 시간이 걸리는 작업이므로 그 기간동안 이를 대체할 만한 것이 있어야 할 것이다. 이를 위해 현재 이용되고 있는 지적도를 전산화하여 사용하는 방법이 있을 것이나, 현행지적도는 앞에 언급한 바와 같이 신축변형 및 훼손으로 인하여 그대로 전산화할 경우 실무에 직접 이용될 수 없는 한계를 가지고 있다.

본 연구는 1910년대 측량 당시의 원형이 비교적 양호한 상태로 보존되어 있는 세부측량원도를 이용한 변형보정 과정의 첫 단계로 계획되었다. 즉 보관상태가 용이하여 상대적인 오차가 덜한 세부측량원도를 이용하여 현행지적도를 보정하기 위하여 두 도엽간에 공통적으로 분포하는 도곽점, 격자점, 굴곡점을 자동으로 찾을 수 있는 알고리즘을 제시하고, 이러한 결과를 토대로 도엽내 변형의 유형과 특성을 파악하고 현행지적도 변형보정을 위한 정확한 기준점을 제공하고자 하였다.

2. 연구의 자료 및 방법

가. 연구 자료

본 연구를 위하여 사용된 수치지도자료는 청주시 강서동 일대의 지적도로서 세부측량원도와 현행지적도 각 6도엽에 해당하는 지역이다. 대상도엽의 수치지도화 작업은 지적공사에서 좌표독취기로 시행되어 DXF 파일의 형태로 공급되었다. 연구 지역은 전체적으로 지적선이 복잡한 도면 및 단순한 도면을 고루 갖추고 있다. 다음 <그림 1>은 본 연구에 이용된 지적 자료 중 일부도면으로서, 세부측량원도와 현행지적도의 차이를 잘 보여 주고 있다. 이 도면은 도시지역으로서, 측량당시와 비교하여 필지의 분할, 지목의 변경, 하천 및 도로 정비로 인하여 세부측량원도에 비하여 현행지적도의 사정선이 훨씬 많아지고 필지 수도 많이 늘어난 복잡한 형태를 갖고 있다.



<그림 1> 청주시 강서동 일대의 (a) 세부측량원도 및 (b) 현행지적도

나. 기준점 매칭 알고리즘

본 알고리즘을 통하여 제공되는 두 도엽간에 일치하는 상응점은 현행지적도의 변형을 보정하기 위한 기준점으로 제시되므로 일반적인 매칭 알고리즘에서 중시하고 있는 보다 많은 매칭점 수를 얻는 방식과는 상이한 부분이 존재한다. 이는 지적도면의 변형을 보정하기 위한 기준점이므로 오류 매칭점이 발생되면 변형보정에 치명적인 왜곡이 발생하게되어 보정의 의미 자체가 없게되므로 정확도 측면이 가장 중시되었으며, 기준점이 어느 한쪽으로 치우쳐도 기준점으로서의 의미가 없으므로 지적도면 전체에 기준점이 고르게 분포하도록 하였다. 또한 모든 알고리즘이 그러하듯이 효율성 역시 중요한 요인이 되었다.

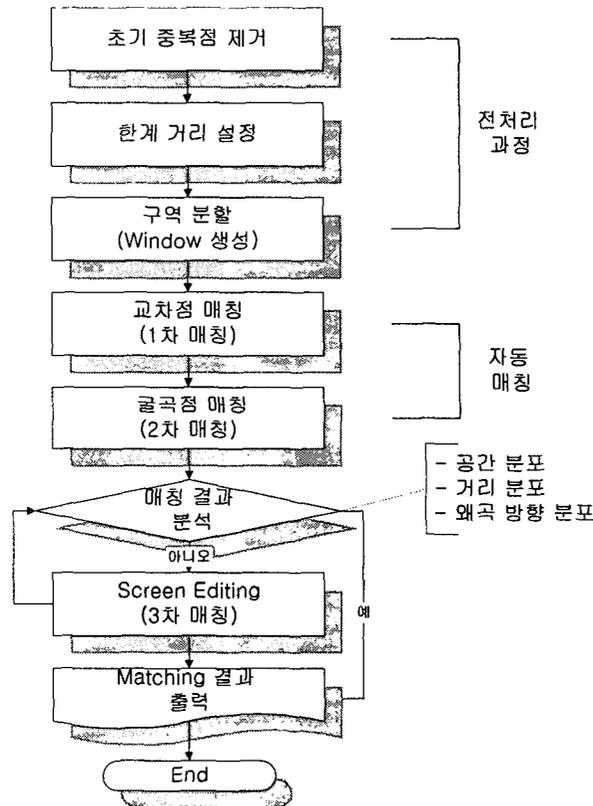
본 알고리즘은 이러한 조건을 전제로 전처리 과정, 교차점 매칭, 굴곡점 매칭의 세 부분으로 나누어 기준점 매칭 알고리즘을 개발하였으며, 본 알고리즘을 기반으로 프로그램을 개발하였다<그림 2>. 또한 지적도에 나타나는 필지 경계선상의 모든 점들은 굴곡점이라고 하나, 편의상 이를 교차점과 굴곡점이라는 용어로 분리하여 사용하였다. 교차점은 지적선의 분할이 세 개 이상 나타난 모습을 갖는 굴곡점을 말하며, 굴곡점은 이를 제외한 모든 점을 지칭한다.

본 알고리즘의 첫 번째 과정인 전처리 과정은 전체 알고리즘 개발의 주요한 목표인 매칭점의 정확도와 고른 분포를 위한 과정으로서 DXF 자료의 특성상 점들이 중복되어 나타나는 데 이를 찾아 중복이 없는 점들로 구성하며, 또한 한계거리 설정이라는 방법을 이용하여 매칭의 정확도 및 고른 분포 얻을 수 있도록 하였다. 이러한 한계거리는 보정의 기준으로 이용하는 세부측량원도의 점을 기준으로 버퍼링(Buffering)을 적용하는 방식과 유사한 개념이다. 또한 지적도면의 신축이 지적도면 전체에서 단일의 방향으로 발생되지 않으므로, 지적도면을 일정 간격으로 분할하여 그 분할된 영역 내에서 기준점을 매칭하는 것이 보다 적절한 방법일 것이므로 본 과정에서 도면을 4등분하여 이용하였다.

교차점 매칭 알고리즘은 세부측량원도의 교차점의 분할선 수의 개수를 기준으로 동일 분할 영역에 속하는 현행지적도의 교차점들 중 같은 분할선 수를 갖는 점들을 검색하고, 한 점

이상 검색이 된 경우 이를 앞서 언급한 한계거리를 적용, 한계거리 안에 몇 개의 매칭점이 검색이 되는지를 다시 파악한다. 이때 파악되는 점이 단지 한 점인 경우만을 정확한 매칭점으로 인정하며, 나머지 점들은 다음 과정으로 넘긴다.

마지막 과정인 굴곡점 매칭 알고리즘은 위의 교차점 매칭 알고리즘을 수행 후 나머지 점들에 대한 매칭을 하기 위한 방법으로서, 세부측량원도의 굴곡점을 기준으로 동일 분할 영역에 속하는 현행지적도의 모든 굴곡점들에 대해 최근거리를 계산하고, 각 최근거리와 한계거리를 비교하여 한계거리 안에 속하는 굴곡점이 몇 개인지 파악하여 단지 한 개의 매칭점만이 존재 할 경우 이를 매칭점으로 인정한다.



<그림 2> 기준점 매칭 알고리즘을 이용한 프로그램 흐름도

다. 현행지적도 변형 유형 분석

이 과정은 세부측량원도와 현행지적도에 적용된 매칭알고리즘을 적용하여 구해진 매칭점들을 통하여 현행지적도의 기하왜곡 상태를 파악하기 위한 과정으로서, 왜곡 방향 및 변형된 길이에 중점을 두었다. 앞서 제시한 것과 같이 모든 매칭 과정은 지적도면의 구역을 분할하여 이루어지는데 각 분할영역에서의 매칭 방향을 히스토그램으로 표현하여 각 구역별 도면

의 신축의 방향을 제시 할 수 있으며, 또한 이를 기반으로 도면의 전체적인 신축의 모습을 파악 할 수 있다.

3. 결과 및 토론

가. 매칭 알고리즘 적용 결과

본 알고리즘은 한계거리라는 버퍼링 방식을 적용하고 있어 이에 따라 매칭의 정확도 및 분포의 모습이 변하게 된다. 그러므로 한계거리 값의 적용에 대해 교차점 매칭의 경우 여러 번의 실험을 통하여 각 세부측량원도와 현행지적도의 굴곡점 간 최근거리들 중 최장거리의 1/8정도(대략 1.5mm) 거리를 적용하였으며, 굴곡점 매칭의 경우도 적절한 한계거리 값은 제시가 되나 이 값이 항상 정확한 거리라고 판단할 수 없으므로 전체적인 굴곡점의 분포를 히스토그램으로 제시하여 이를 기준으로 한계거리를 변경하여 적용할 수 있도록 구성되어있다.

다음 <표 1>은 연구에 사용된 여섯 도엽의 도면을 교차점 매칭 알고리즘에 적용하여 얻어진 결과이고, <표 2>의 경우는 여섯 도엽 중 앞의 <그림 1>의 도면에 한계거리를 달리하여 굴곡점 매칭 알고리즘을 적용하여 얻은 결과이다.

<표 1> 교차점 매칭 알고리즘 적용 결과

도면 번호	매칭 비율(%)				매칭점 수(매칭점/전체굴곡점)				전체 매칭점 수	전체 매칭 비율(%)
	좌하	우하	좌상	우상	좌하	우하	좌상	우상		
(a)	4.50%	9.30%	4.20%	5.60%	8/176	24/259	11/261	6/108	49/804	6.09%
(b)	11.20%	9.20%	10.10%	8.90%	46/412	44/477	22/218	29/326	141/1433	9.84%
(c)	5.90%	8.70%	7.90%	6.60%	4/68	16/183	21/266	27/410	68/927	7.34%
(d)	3.70%	4.90%	5.40%	6.30%	7/189	10/204	22/405	21/335	60/1133	5.30%
(e)	9.10%	9.40%	0.00%	6.60%	1/11	32/339	0/3	9/137	42/490	8.57%
(f)	7.70%	7.40%	7.60%	8.20%	32/413	27/365	17/225	23/281	99/1284	7.71%

<표 2> 한계거리 변경에 따른 굴곡점 매칭 결과(그림 1의 자료 이용)

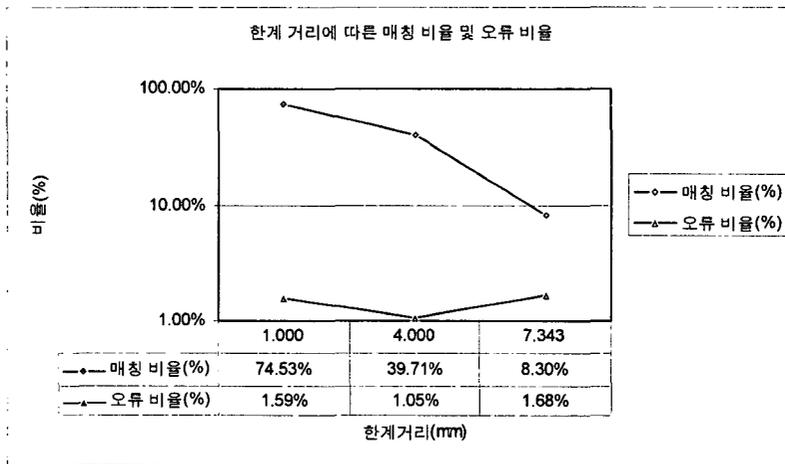
한계거리	매칭 비율(%)				매칭점 수(매칭점/전체 굴곡점)				전체 매칭점수	전체 매칭 비율(%)
	좌하	우하	좌상	우상	좌하	우하	좌상	우상		
7.343mm	10.20%	5.00%	12.40%	8.00%	42/412	24/477	27/218	26/326	119/1433	8.30%
4.000mm	38.80%	37.30%	34.90%	47.50%	160/412	178/477	76/218	155/326	569/1443	39.71%
1.000mm	75.00%	70.90%	73.90%	79.80%	309/412	338/477	161/218	260/326	1068/1443	74.53%

교차점 매칭의 경우 한계거리를 알고리즘에서 제공하는 값을 그대로 적용하였으며, 굴곡점 매칭의 경우는 한계거리 값을 변화시키면서 매칭 결과를 살펴보았다. 전체 굴곡점을 기준으로 교차점 매칭의 경우 8%정도의 매칭률을 보이고 있으며, 굴곡점 매칭의 경우는 한계거리의 설정에 따라 매칭률의 변화가 심하게 발생하였다.

본 매칭 결과에 대한 정확도 검증은 매칭된 세부측량원도와 현행지적도를 중첩하여 파악하였으며, 교차점 매칭의 경우 오류 매칭점이 없는 것으로 나타났으며, 굴곡점 매칭의 경우는 다음 <표 3>과 같았다. 굴곡점 매칭의 경우 한계거리를 줄이면 매칭률은 급증하는 반면 오류 매칭률은 2% 미만으로 거의 비슷한 수준을 보이고 있음을 알 수 있었다<그림 3>. 그러므로 이러한 한계거리 값은 용도 따라 적절한 거리 값을 적용하여 사용하면 좋을 것이라 판단된다. 그러나 본 연구는 매칭점들이 현행지적도의 변형을 보정하기 위한 기준점으로 제공되므로 단 한 점의 오류점도 허용되지 않으므로 이러한 오류 매칭점들은 DXF Editor를 이용하여 제거할 수 있도록 구성하였다.

<표 3> 한계거리 변경에 따른 굴곡점 오류 매칭 분석 결과(그림 1의 자료 이용)

한계거리	매칭 비율(%)	매칭점 수 (매칭점/전체 굴곡점)	오류점 비율(%)	오류점수 (오류 매칭점/매칭점)
7.343mm	8.30%	119/1433	1.68%	2/199
4.000mm	39.71%	569/1433	1.05%	6/569
1.000mm	74.53%	1068/1433	1.59%	17/1068



<그림 3> 한계거리에 따른 매칭점의 매칭 비율 및 오류 비율의 변화 모습

나. 변형 유형

매칭 결과를 기준으로 얻어진 매칭 방향 및 거리를 통하여 현행지적도의 신축방향이 일정하지 않으며, 도면의 일부분에서만 왜곡이 심하게 발생하는 경우도 있음을 알 수 있었다. 본 연구에 사용된 현행지적도면의 경우 세부측량원도를 기준으로 대략 3mm ~ 10mm 정도의 신축이 다양한 방향으로 나타나는 변형 특성을 파악할 수 있었으며, 계속되는 변형보정 과정에서 이러한 변형 패턴을 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 세부측량원도를 이용한 현행지적도의 변형보정을 위한 기준점을 효율적으로 제공할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 이를 현행지적도에 적용하여 그 정확도 및 사용 가능성에 대해 알아보는데 본 알고리즘에서 제시된 한계거리를 그대로 이용한다면 대략 전체 굴곡점의 20 ~ 30% 정도의 매칭점을 얻을 수 있는데 매칭점의 정확도가 매우 높고 분포가 적절하므로 정확한 변형보정에 효율적으로 사용 될 수 있을 것이다. 또한 이러한 매칭 결과를 기반으로 현행지적도의 변형 유형도 파악하여 보았다.

본 연구에서 제시된 알고리즘을 현행지적도에 적용하여 기준점을 찾았으나 아직은 그 정확도 및 분포가 완벽하지는 않기 때문에 이를 보완하기 위해 반자동으로 이를 점검하여 매칭점을 추가 및 삭제 할 수 있는 DXF Editor를 추가적으로 개발하였으며, 이를 적절히 이용한다면 그 활용 가치가 매우 높을 것이라고 판단된다.

더 나아가 현행지적도의 변형의 모습을 유형별로 정리하여 일정 모델을 제시한다면 이를 기반으로 더 효율적인 보정과정을 수행 할 수 있을 것이며, 매칭점의 유형에 따른 변형보정 결과 분석 또한 필요할 것이다.

참고 문헌

1. 리진호, 1999. 한국지적사, 도서출판 바른길, 1136 pp.
2. 내무부, 한국전산원, 1993. 한국종합토지정보시스템 구축방안.
3. 정동훈, 1998. 도곽선을 이용한 지적도 신축보정 연구.
4. Dale, P.F., 1988. Land Information Management, Clarendon Press, Oxford Press, 259 pp.
5. Paul R. Wolf, Charles D. Ghilani, 1997, ADJUSTMENT COMPUTATIONS : Statistics and Least squares in Surveying and GIS.