

Kompsat 영상을 이용한 유역인자의 결정

Determination of Basin Parameter Using Kompsat

최현* · 강인준** · 조석호*** · kwakjae****

Choi, Hyun · Kang, In Joon · Cho, Sok Ho · Kwak, Jae ha

1. 서론

1999년 12월 발사된 아리랑 1호 위성은 6.6m의 해상도와 적합한 기선 대 고도비 및 입체영상의 획득이 가능하여 소축척, 또는 중축척 지도 제작, 농림, 수산, 해양, 환경, 지질 등에서 이용 가능한 자료를 우리나라 자체적으로 획득할 수 있게 되었으며, 접근 불가능한 지역에 대한 3차원 위치결정 등 필요한 자료를 제공하는데 중요한 자료가 되고 있다. 수치표고모델을 이용한 지형인자추출은 기존의 방식보다 경제적이고 정밀하며, 추출된 각종 수치자료들은 지형공간정보를 이용한 수문학적 분석 및 처리가 간단해졌다. 현재까지 하천유역의 수문지형정보를 취득하기 위해 행해오던 재래식 방식은 시간적, 경제적인 어려움이 많았다. 특히 접근이 곤란한 지역이나 방대한 지역에서의 수문지형정보 유역인자의 결정은 많은 문제점이 있다. 그러나, 위성영상에서 추출된 수치표고모델을 이용하여 각종지형정보추출에 관한 연구가 시도되어 오고있으나, 응용단계에는 많은 문제점을 내포하고있다. 따라서 유역인자 결정을 위해서 지형정보 및 위성영상자료를 이용하여 광범위한 지역에 대하여 보다 적은 관측과 시간과 적은 경비를 이용하여 훨씬 더 정확한 자료를 얻어낼 수 있는 방법을 연구하고 효율적이고 정확한 유역인자결정을 하고자한다. 본 연구는 지형정보와 위성영상자료를 이용하여 하천유역의 유역특성을 추출하기 위한 방법을 제시하여 수문학적 지형특성을 하고자한다.

2. 기본이론

2.1 KOMPSAT

KOMPSAT(Korea Multi-Purpose Satellite)은 우리나라에서 1999년 12월 발사되었으며, 지상고도 685km에서 하루에 지구를 14번 선회하며 탑재된 고해상도 카메라로 한반도를 촬영하여 그 영상을 항공우주연구원(KARI)에 있는 지상국에 전송한다. 아리랑 1호 위성은 현재 전자광학카메라(EOC), 해양관측카메라(OSMi), 이온층 측정기(IMS), 고에너지 입자 검출기(HEPD)의 4개의 탑재체로 이루어 졌다. EOC의 주된 임무는 우리영토를 원격 촬영하여 국토의 수치 고도모델의 만들어 지도를 제작하는 것이다. 수치고도모델에서 생성한 등고선과 정사영상을 중첩하여 디지털 화하여 전자지도를 만드는 자료로 쓰이며, GIS(지리정보시스템)의 바탕이 되어 국토관리와 재해예방 등에 쓰일 수 있다. EOC는 510 730 nm파장대역에서 지상의 흑백(Panchromatic) 영상을 수집하며, 지상국에서 여러 궤도의 영상들을 혼합 처리 하여 입체영상(Stereo Image)을 얻는다. 지상해상도는 6.6m이고 수직 촬영시 관측폭

* 부산대학교 생산기술 연구소 연구원 · 051-510-2353(E-mail: xhyun@pusan.ac.kr)

** 정희원 · 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · 051-510-2353(E-mail: ijkang@pusan.ac.kr)

*** 부산대학교 지형정보 석사과정 · 051-510-3209(E-mail: lagoon75@hanmail.net)

**** 부산정보대학 건설환경시스템과 · 051-330-7148(E-mail: jhkwak@bit.ac.kr)

(Swath)은 17 km이며, 한 궤도당 800 KM의 지상길이에 대해 연속촬영이 가능하다. 궤도 수명은 3년 이상이며 그 기간동안의 신뢰도를 보장한다. 촬영조건에 따라 영상신호를 지상에서 명령할 수 있는 Programmable Gain 기능을 가지고 있다. EOC는 센서부(Sensor Assembly)와 전자 회로부(Electronics Assembly)로 나뉘고 중량은 약 3.5kg, 최대 전력소모는 50 W, 영상자료 전송률은 25Mbps 이하이다. EOC의 저장능력(Duty Cycle)은 2분이면 약 800 km의 거리를 촬영할 수 있다. 아리랑 1호 위성은 DEM을 제작할 수 있도록 EOC를 최대 45 까지 돌려 (Roll)인접한 두궤도에서 동일지역을 촬영할 수 있다. 지상국에서 두 궤도에서 얻어진 영상을 자료 처리 시에 결합시켜 입체지도를 제작할 수 있다. EOC는 30 까지의 회전(Roll)을 고려하면 영상획득은 39회 중 20회까지 가능하다. 향후 KOMPSAT-II위성의 개발로 인한 1m 급 고해상도 위성영상은 항공사진에 비해 광범위한 지역에 대하여 주기적으로 비교적 경제적인 영상을 취득할 수 있으며, 정보갱신이 용이할 뿐 아니라 비접근 지역에 대한 관측도 가능할것으로 판단된다.

2.2 수치표고모델(DEM) 생성원리

DEM은 지상의 공간적 분포를 수치적으로 표현한 것으로서 일반적으로 2차원 평면상에서 일정 간격의 격자 형태나 불규칙 삼각망 형태로 표현할 수 있다. 위성영상을 이용하여 DEM을 생성하기 위해서는 동일한 지역을 각도로 달리 하여 촬영한 한쌍의 위성영상이 필요하다. 스테레오 위성영상이 있을 경우 동일한 지역이 각 영상에서 어느 곳에 위치하였는가를 알게 되면 그 지역의 3차원 정보, 즉 DEM을 추출할 수 있다. 수치 표고모델의 생성은 카메라 모델링 단계와 영상정합단계로 구분할 수 있다. 카메라 모델링이란 촬영시의 영상좌표계와 카메라좌표계, 지상좌표계의 기하학적 관계를 복원하는 것으로 카메라 모델링의 정확도는 수치표고모델의 성능에 직접적인 영향을 미친다. 카메라 모델링이란 촬영순간의 위성체의 위치와 자세에 따른 지상좌표와의 관계를 나타내는 것인데 항공사진의 경우 입체영상과 지상기준점을 이용한 공선방정식을 세우고 이 방정식의 외부표정 6요소를 구하는 공간 후방 교선 단계와 구해진 계수와 공선방정식을 이용하여 실제로 입체 영상에서 얻어진 상응점을 3차원 좌표로 변환하는 공간정방교선 단계를 거친다. 그러나 위성영상의 경우 항공사진과달리 촬영순간의 위치와 자세가 수시로 변하기 때문에 항공사진의 카메라 모델링보다 복잡하다. 아리랑 1호 EOC 영상은 각 라인마다 중심투영으로 데이터를 취득하므로 각각의 라인에 대하여 6개의 외부표정요소가 존재하며, full-scene(17km×17km)은 6개의 외부표정요소가 존재하게 된다. 각각의 라인마다 외부표정요소를 모두 적용할 수 없기 때문에 위성이 등속 원운동 한다는 가정 하에 외부 표정요소를 시간 또는 라인의 함수 형태로 단순화하여 모델링 해야 한다. 일반적으로 입체영상에서 지상기준점의 매 관측마다 두 개의 공선조건식이 생성된다. 촬영영역이 겹치고 촬영각도가 다른 좌우 영상에서 정합점을 찾는 과정을 영상정합이라 하는데 일반적으로 특성기반 정합알고리즘과 영역기반 정합알고리즘으로 나눌 수가 있다. 특성기반 정합알고리즘은 영상내에 존재하는 경계점이나 선 등과 같은 특성정보를 이용하는 기법으로써 영역기반 정합알고리즘에 비해 속도가 빠르지만 특성정보가 없는 지역에서는 정합이 불가능하다. 영역기반 정합알고리즘은 영상의 화소값을 사용하는 기법으로 좌우 두 영상간의 픽셀의 밝기값을 이용하여 유사도를 측정하기 때문에 영역기반 정합 알고리즘에 비해서 시간이 많이 걸린다. 본 연구에서는 영역기반 정합알고리즘을

사용하여 보다 조밀하게 고도 정보를 복원하였다. 영역기반 정합알고리즘은 초기 정합후보 점을 사용자로부터 입력받아 정합을 수행하고 정합점과 인접한 점을 다시 정합 후보점으로 사용하여 정합후보점이 존재하지 않을 때까지 반복하는 기법이다. 영역기반 정합알고리즘은 영역을 확장해 나가는 과정에서 정합후보점을 사용하여 매우 효율적으로 전체영사에 대한 정합점을 계산할 수 있으나, 오류전파의 단점이 있다. 이러한 오류전파는 정합점으로부터 3차원 좌표를 구하고, 이와 인접한 점의 고도점을 정합점의 고도와 같다고 가정한 후, 해당하는 우측 영상점을 다시 역으로 산출하여 정합후보점으로 사용하면 된다.

2.3 DEM 생성

본 연구에 이용된 영상은 2000년 8월 11일(좌측영상)과 2001년 3월 15일(우측영상)을 이용하였으며 주요 제원은 표 1와 같다. 연구대상지역에 대한 취득시기가 최대한 비슷하여야 정확한 DEM의 추출이 가능하나 촬영시기가 비슷하지 않는 관계로 Kompsat DEM의 정확도가 다소 떨어질 것으로 예상된다. 연구에 이용된 지상기준점은 1:5,000 수치지도를 기준으로 각각 25 ~ 27개를 취득하였다.

표. 1 위성 영상 제원

Sense	Kompsat-1 EOC	
	부산광역시 수영천 일대	부산광역시 수영천일대
연구지역	부산광역시 수영천 일대	부산광역시 수영천일대
자료 취득일	2000년 8월 11일	2001년 3월 15일
촬영 경사각(tilt angle)	-19.427 °	19.260 °
공간 해상력(m)	6.6m	6.6m
화소	2592, 2792	2592, 2797
위성고도(km)	687.17	685.42
지상기준점	27	25

연구에 이용된 영상정합 알고리즘은 선형 푸리브룸 방식으로 촬영된 좌우 위성영상에서 쌍곡선 형태로 표현되는 에피폴라 특성곡선상의 각 점들간의 정규화된 상관계수를 구하고 이중 최고치를 정합점쌍으로 결정하는 기법을 사용하였다. 수치표고모델을 생성하기 위해서 먼저 에피폴라 입체영상을 생성하였으며, 입체영상에서 공액점들을 선정하고, 궤도표정요소 계산결과와 기하학적 모델링을 통하여 공액점들의 3차원 위치를 계산한후, 일정한 격자간격으로 고도값을 보간함으로써 수치고도모형이 제작된다. 본 연구에서는 격자간격은 10m 로 하였으며 매칭 상관관계는 0.98로 하였다. 그림 1은 영상정합과 Kompsat영상으로부터 추출된 수치표고모델을 보여주고 있다. 연구대상지역에서의 표고차는 최대 534m로 나타났다. 또한 농지, 하천, 수면(회동저수지)등이 골고루 분포되어있어 다양한 지역에 대한 분석이 가능하다. 산악지역은 기복에 대한 화소값의 원인이라 단정할 수 없기 때문에 대상 지역의 지형이 미치는 매칭오류의 영향을 분석하기 위해 경사각, 고도값, 산 사면의 방향각 등 여러 요인으로 분석을 실시하여야 한다. 본 연구결과 매칭오류의 발생은 위성영상의 촬영시기의 자연환경조건에 따라 많은 영향을 받고 있다. 특히 촬영시기의 구름, 하천의 토사, 농경지의 변화, 그리고 태양을 등진 산 사면의 그림자 등이 매칭오류의 중대한 원인으로 작용하였다. 현재 국내에는 본 연구와 유사한 분야에 대한 경험을 가지고 있는 전문가가 얼마 되지 않고, 또 비슷한 문헌도 부족한 형편이다.

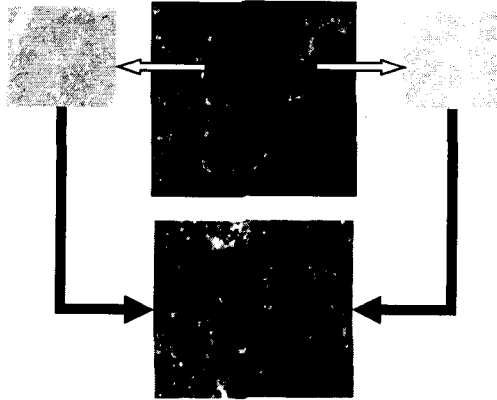


그림 1. 연구대상지역에 대한 영상정합과 수치 표고모델

3. 수치표고모델로부터 유역인자 결정

하도망분석의 정량적 해석은 Horton(1945)에 의해 차수에 따른 하도망구축기법이 소개되었다. Strahler(1950)는 Horton분류와 다른 하천의 길이, 형상 발원을 고려하는 방식을 개선시켰다. 그림 1은 Strahler 하천 차수방식에 따른 하도망구축의 예를 나타낸 것이며, 하나의 유출구를 가지고 있다. 여기서 내절점은 선이나 하천의 결합점이고, 외절점은 이들로부터 선이나 하천으로부터 발원하는 하나의 하천에 대한 유출구를 의미한다. 각절점은 서로 연결되어 있으며, 내절점은 서로 연결되어 있고, 외절점은 하류측 내절점들과 연계되어있다. 먼저, 수원지에서 발원하는 하도망을 1차 하도망이라 정의하고, 차수가 인 두 개의 하천이 합류하면 이 된다. 다른 차수가 합류될 때는 하류에 따르는 차수는 상류하천중 차수가 큰 차수를 따르게 된다.

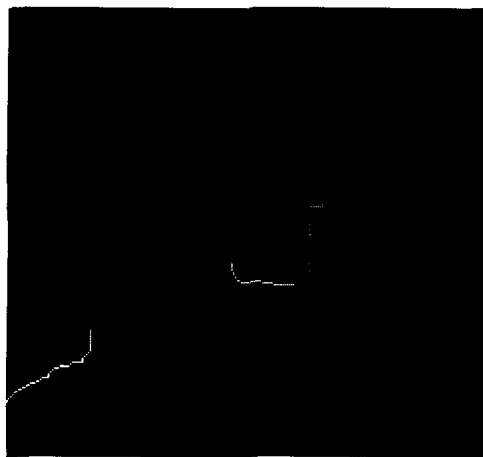


그림 1. 연구대상지역의 하도망

유역차수는 가장 높은 하천차수()와 같다. 1차 이상의 차수를 갖는 Strahler차수는 몇 개의 연결고리로 구성된다. 유역특성은 수치표고모델로부터 흐름 방향을 결정할 수가 있는데

흐름방향에는 4개의 방위에 따라 흐름방향을 결정하는 4방향 모델과 8개의 방위에 따라 흐름방향을 결정하는 8방향 모델이 있는데 본 연구에서는 8방향모델을 적용하였다. 일반적으로 수치표고모델은 3차원 지형분석시에는 별다른 수정이 필요 없으나 수문해석에서 이용되는 수치표고모델은 수렴점이나 발산점에 대한 고려를 해야 한다. 본 논문에서의 수치표고모델 및 발산점, 수렴점, 평지점에 대한 분석 및 자료처리는 MGE 지형정보처리 프로그램을 이용하였고, PCI 영상처리 프로그램은 하도망 추출 및 자료처리에 이용하였다.

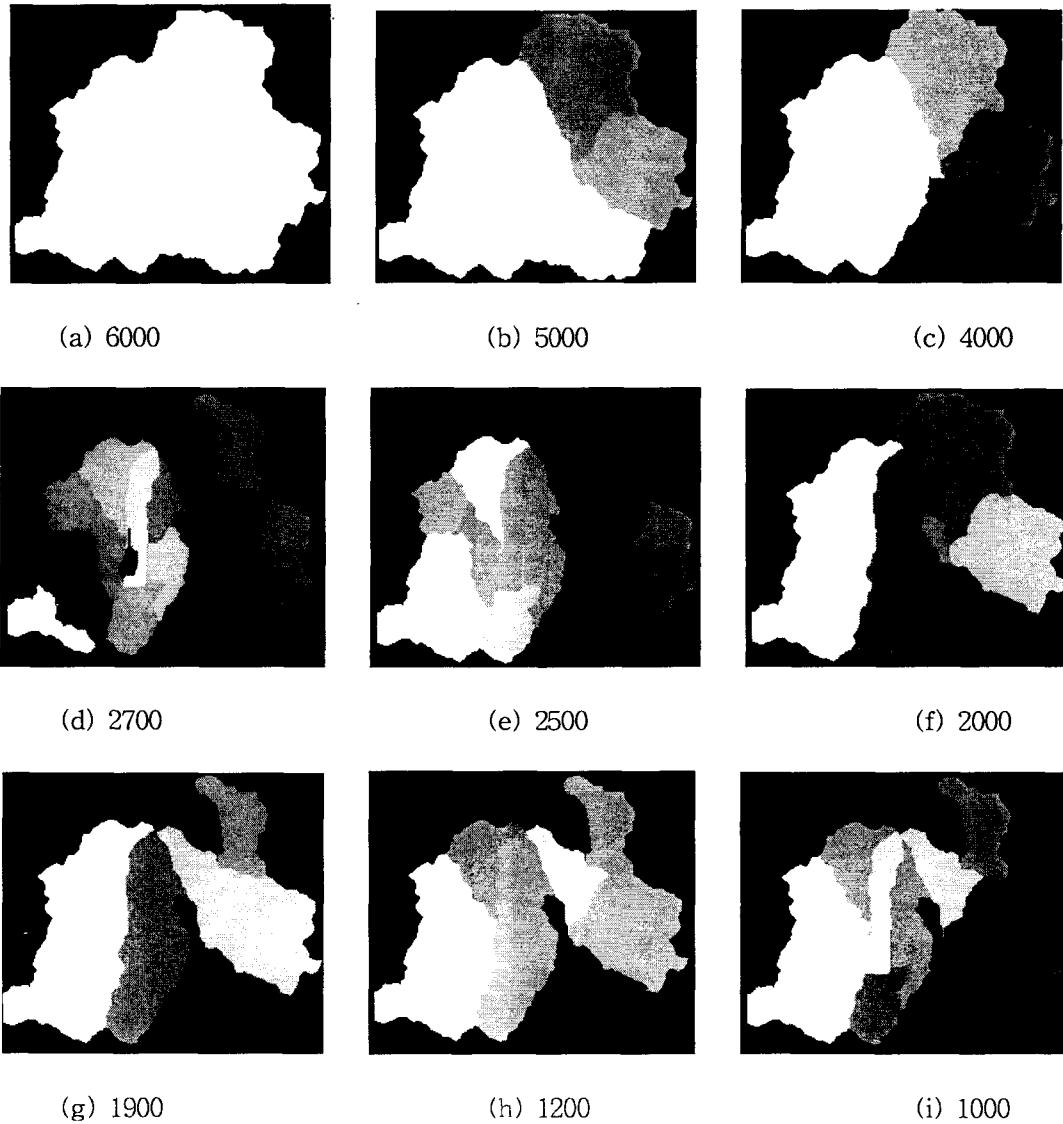


그림 3. 임계치에 따른 유역의 분할

누가흐름량의 임계치(threshold)는 유역의 생성 및 개수에 영향을 미치게 되는데 일반적으로 지수함수적으로 감소하는 경향을 보인다. 누가흐름 임계치는 유역면적을 표현하기 때문에 유역의 크기와 유역의 개수는 지수함수적으로 반비례하는 경향이 있다. 본 연구에서의 유역의 분할은 누가흐름도와 경사방향도를 이용하여 누가흐름량의 연산임계치를 변화시켜 수치표고모델의 격자크기별로 하나의 유역이 형성되도록 임계치를 설정하였다. 그림 2는

각각 임계치에 따른 유역이 분할된 것이다. 하천유역의 기하학적 특성은 대상하천을 이해하고 유역의 유출 특성을 분석하는데 주요한 인자들로서 유역면적, 유로 연장, 유로 경사, 유역 평균폭 및 형상 계수 등이 있다. 수영강의 수원으로부터 철마천, 석대천, 온천천 등의 지류합류점과 기타 수문, 수리 검토가 요구되는 지점을 13개의 소유역으로 나누고 각 소유역 및 전체유역의 기하학적인 특성을 GIS 와 위성영상모형을 이용하여 작성한 수치지도를 이용하여 분석하였으며 표 2와 같다.

표 2. 유역 특성 분석 결과

하천명	유역명	유역 면적 A(km ²)	유로 연장 L(km)	고도차 H(km)	유로 평균경사 S(H/L)	유역 평균폭 A/L(km)	형상 계수 A/L ²	비고
수영강 본류 소유역	SY0	24.7542	7.2319	0.633	0.0875	3.4229	0.4733	
	SY1	20.7060	7.5939	0.499	0.0657	2.7267	0.3591	
	SY2	14.2599	6.8755	0.473	0.0688	2.0740	0.3017	
	HD	7.8701	3.7146	0.374	0.1007	2.1187	0.5704	회동댐자기유역
	상류	67.5902	20.5411	0.700	0.0341	3.2905	0.1602	
	SY3	5.5909	3.1654	0.014	0.0044	1.7663	0.5580	
	SY4	9.1352	6.2264	0.545	0.0875	1.4672	0.2356	
	SY5	7.4586	2.6410	0.272	0.1030	2.8242	1.0694	
	전체	89.7749	29.5479	0.717	0.0243	3.0383	0.1028	
철마천 소유역	CM1	20.1921	6.0468	0.463	0.0766	3.3393	0.5522	
	CM2	12.0591	9.0590	0.477	0.0527	1.3312	0.1469	
	전체	32.2512	11.9033	0.510	0.0429	2.7094	0.2276	철마천 전유역

4. 결론

본 연구는 Kompsat위성영상을 이용한 유역인자의 결정에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 궤도표정요소 계산결과와 기하학적 모델링을 통하여 공액점들의 3차원 위치를 계산한 후, 일정한 격자간격으로 고도 값을 보간 함으로써 수치고도모형이 제작된다. 본 연구에 사용하는 격자간격은 10m로 하였으며 매칭 상관관계는 0.98로 나타났다.

둘째, 위성영상자료를 이용하여 유역특성을 분석한결과 수영강본류의 유역면적은 87.775km², 유로면적은 29.548km, 철마천유역은 32.252km², 유로면적은 11.903km²으로 나타으며, 유역특성은 수치표고모델의 흐름에 따라 형성되기 때문에 실제하천과는 다소 상이한 결과는 나타나지만 형성된 기본 수계에는 큰차이가 발생하지 않으며 유량산정에 더욱 적절한 적용이 가능할 것으로 판단된다.

셋째, 유역인자의 결정은 대규모 공간의 분석에서는 수치지도보다는 위성영상자료를 이용하는 것이 효과적이다.

참고문헌

- 1) Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R.(1991) "Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications", Hydrological Processes, No. 5, pp. 3-30.
- 2) Valdes J.B., Y Fiallo and I. Rodriguez-Iturbe(1979), "A Rainfall-runoff analysis of the geomorphologic IUH", Water Resour. Res., No.15, pp. 1412-1434.
- 3) Miller, C.L., Laflamme, R.A.(1958), "The digital terrain model - theory and application", Photogrammetric Engineering, No. 24, pp. 433-442.
- 4) 강인준, 최현, 이병걸, 김홍태(1998) "합천댐 유역의 Horton 수계망 형성과 지형적 특성에 관한 연구" 1998년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.505-508.
- 5) 강인준, 최현, 이병걸(2001) "수치지도를 이용한 유역특성분석", 한국측량학회지 논문집, 한국측량학회, pp.505-508.229-236.
- 6) C.S. Ye, B.M.Jeon, and K.H. Lee, 1998, A method on digital elevation model extraction using satellite images, Proceeding
- 7) Doorn, B., P. Agouris, R. Al-Tahir, T. Stefanidis, and O. Zilberstein 1991. Digital Stereo Matching in Perspective, Technical Notes in Photogrammetry 10, Department of Geodetic Science and surveying, The Ohio State University Columbus, Ohio, 15 p.
- 8) Hannah, M.J., 1988. Digital stereo image matching techniques, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 27(B3): 280-293.
- 9) Wrobe, B.P., 1988. Least-squares methods for surface reconstruction from images, International Archives of Phothogrammetry and Remote Sensing, 273(B3): 806-821.

감사의글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호:R02-2000-00378)으로 지원으로 수행되었음.