

## 국가측지 VLBI 사업의 추진전략

김두환<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 아주대학교 대학원 우주측정정보공학과

### <초록>

우리 나라에서도 세계적 추세에 따라 세계공통으로 사용되는 「世界測地系」에 의거한 新國家基準座標系를 결정하고, 大韓民國經緯度原點을 고정도로 유지·관리하기 위해 국립지리원이 주관해서 측지 VLBI 사업을 추진하고 있다. 국내에서는 처음으로 추진되는 측지 VLBI 사업이기 때문에 사업을 성공적으로 수행하기 위해서는 면밀한 사전조사 연구와 추진 전략이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 국가측지 VLBI 사업을 효율적으로 수행하기 위한 추진전략에 대해서 논하였다.

## 1. 세계의 「世界測地系」 현황

### 가. 「世界測地系」의 현황

역사적으로 볼 때, 최근까지의 세계 각국의 측지계는 자국만을 대상으로 독립적으로 구축된 것이었다. 그러나 첨단 과학기술의 발달과 우주측지기술의 실용화로 도입된 측지 VLBI와, GPS·SLR의 인공위성을 이용한 측량을 통해 地球重心系가 설정되어, 세계공통으로 사용될 수 있는 「世界測地系」가 전 세계적으로 보급되고 있는 추세에 있다.

향후, 우주측지기술의 발달로 위치정보기술이 국제사회의 폭 넓고 다양한 분야로 보급될 것으로 예상되고 있으며, 국제 및 국내의 항공·항해분야에서도 「世界測地系」의 채용이 권고되고 있는 狀況이다. 이러한 世界的 추세에 따라 우리나라도 「世界測地系」의 도입을 위해, 국가차원에서 체계적 사전 준비를 갖추어야 하고, 중·장기 사업계획을 수립해야 할 것으로 본다.

이에 대처하기 위해 제일 먼저 시행돼야 할 행정조치로, 법제적 근거를 제정하는 일이다. 이에 따라 국립지리원이 상정해서 통과 (2001.11)된 측량법의 개정법안에 「世界測地系」의 관계조항을 포함시키고 있다 (제5조).

### 나. 「世界測地系」의 요건

지구를 扁平한 회전타원체로 상정하고, 그 회전타원체가 충족해야 할 3가지 조건을 다음과 같이 규정하고 있다.

- i) 회전타원체의 장반경 및 扁平率은 지리학적경위도의 측정에 관한 국제적인 결정에 의거하고 있으며, 법령으로 정해지는 수치이어야 한다.
- ii) 회전타원체의 中心이 지구의 重心과 일치해야 한다.
- iii) 회전타원체의 단축이 지구의 자전축과 일치해야 한다.

## 다. 「世界測地系」의 실현 절차

실제로 「世界測地系」를 실현하는데 있어서는 地心直交座標系를 사용하고 있다. 그리고 「世界測地系」를 도입하는데, 지구규모의 관측이 필요하기 때문에, 초 장거리 (수천 km)에서도 고정밀도의 관측이 가능한 측지 VLBI 관측을 실시하고 있다. 그 절차는 대략 다음과 같다.

- i) 국제 및 국내 VLBI 관측으로, 국내에 설치되어 있는 VLBI 관측국의 「世界測地系」에 의거한 정확한 위치를 구한다.
- ii) VLBI 관측소 지점의 위치를 토대로 해서, 전국에 산재하고 있는 GPS 전자기준점의 「世界測地系」에 준거한 정확한 위치를 구한다.
- iii) 전자기준점 위치를 기초로 주요 삼각점의 「世界測地系」에 준거한 위치를 구한다.
- iv) 그 외의 3각점에 대해서는, 주요 삼각점과의 상대적 위치관계에 변화가 없는 것으로 가정하고, 주요 삼각점의 「世界測地系」에 준거한 정확한 위치를 기초로, 과거의 측량결과들을 사용한 평균계산을 다시 하여, 「世界測地系」에 준거한 정확한 위치를 구한다.

이러한 절차에 따라 전국에 배치돼 있는 삼각점의 「世界測地系」에 의거한 정확한 경위도의 수치가 구해지며, 이 새로운 경위도 수치는 개정 측량법에 의해 공식적으로 국내외에서 사용하게 된다. 개정 측량법의 시행에 따라, 기본측량이나 공공측량은 「世界測地系」에 따라 실시해야 하며 측량성과는 모두 「世界測地系」로 변경하여 사용해야 할 것이다.

## 라. 측량법 개정

세계적인 추세인 「世界測地系」를 도입해서 新국가기준좌표계를 결정하는 일은 지금까지 국내에만 통용된 측지계의 틀에서 벗어나 세계공통으로 사용되는 측지계를 구축하게 될 뿐 아니라, 일제강점시대의 유물을 씻고 민족의 자긍심을 가질 수 있게 될 것이다. 국립지리원이 상정한 측량법의 개정법안의 「世界測地系」 관련 부분을 발췌하면 다음과 같다.

第5條(測量的 基準) ①----- (생략) -----

1. 位置는 地理學的 經緯도와 平均海面으로부터의 높이로 표시한다. 다만, 地圖製作 등에 필요한 경우에는 直角座標 및 平均海面으로부터의 높이, 極座標 및 平均海面으로부터의 높이 또는 地球重心直交座標로 표시할 수 있다.
2. 地理學的 經緯도는 世界測地系에 따라 測定한다.
3. 距離 및 面積은 回轉橢圓體面上的 값으로 표시한다.
4. -----

②제1항의 규정에 의한 世界測地系, 回轉橢圓體 및 測量的 原點 값의 決定 등에 관하여 필요한 세부 사항은 大統領令으로 定한다.

## 2. 국가기준좌표계와 우주측지기술

### 가. 국가기준좌표계의 구축

측량법에 의해, 국립지리원에서는 정밀 측지측량의 기초를 확립하기 위해 1981~1985년에 걸쳐 정밀 천문측량을 실시하여 국립지리원 구내에 大韓民國經緯度原點을 설치하였다. 또한 국립지리원의 측량 고유업무로써, 이 경위도원점을 정기적인 반복측정을 통해서, 고정로 정확한 위치좌표를 결정하고 관리하게 돼 있다.

최근에 우주측지기술의 등장에 따라 세계공통으로 사용되는 측지계를 고정도로 구축할 수 있게 되었다. 현재 전 세계에 보급되고 있는 「世界測地系」로 WGS (World Geodetic System)-84, 그리고 ITRF (International Terrestrial Reference Frame)가 사용되고 있다.

최근까지 세계각국의 측지계는 역사적으로 자국만을 대상으로 해서 독립적으로 구축된

것이였다. 그러나 첨단 과학기술의 발달과 우주기술의 실용화로 도입된 측지 VLBI 관측과 SLR (Satellite Laser Ranging) 및 GPS 등의 인공위성을 이용한 초정밀 측량으로 地球重心座標系가 설정됨에 따라, 세계공통의 「세계측지계」가 전 세계적으로 보급되고 있다. 향후, 이러한 우주측지기술의 발달로 위치정보기술이 국제사회의 폭 넓고 다양한 분야로 보급될 것이며, 세계적으로 국제 및 국내의 항공·항해 분야에서도 「世界測地系」의 채용이 권고되고 있는 상황에 있다.

이와 같이 세계 각국은 新國家基準座標系를 결정하기 위해 「世界測地系」를 도입하고 있는 추세에 있으며, 이에 따라 우리 나라도 1995년에 한·일 측지 VLBI 공동관측을 통해 「世界測地系」에 의거한 VLBI 관측점을 국립지리원 구내에 위치하고 있는 대한민국경위도 원점 근방에 설정하였다.

앞으로 국가 차원에서 해야 할 일은 국립지리원의 고유업무의 일환으로, 「世界測地系」에 의거한 정확한 위치정보를 제공하기 위해, 이미 정해져있는 측지 VLBI 관측원점의 위치 좌표를 고정도로 정확하게 유지·관리하는 일이며, 이를 위해 지속적인 측지 VLBI 관측을 실시해야 할 것이다.

#### 나. 우주측지기술의 비교·검토

우주측지기술의 대표적인 수단으로 VLBI, GPS, SLR 등을 들 수 있다. 그러나 현재 당장 시급한 것은 「世界測地系」에 의거한 新國家基準座標系를 구축하기 위하여, 국립지리원 구내에 설치된 측지 VLBI 관측원점을 유지·관리하는 일이기 때문에 이들 측지기술에 대해 다음과 같은 사항들을 고찰하였다.

국제기구인 IERS (국제지구회전사업)는 세계의 측지 관측 데이터를 수집해서 國際地球基準座標系(ITRF: International Terrestrial Reference Frame)인 세계측지계와 天球基準座標系(ICRF: International Celestial Reference Frame) 그리고 지구회전변동을 결정하고 있으며, 그 중에서도 VLBI, GPS, SLR이 수행하고 있는 기능적 역할을 비교하면 다음과 같다.

구분 관측방법	ITRF	ICRF	지구회전변동		
			極運動	UT1	歲差·章動
VLBI	○	○	○	○	○
SLR	○	×	○	△	×
GPS	○	×	○	△	×

- : ITRF에 의거한 觀測局 위치, ICRF에 의거한 기준 천체위치 그리고 지구회전의 3 parameter 값에 대해 정상적인 데이터 공급이 가능
- △ : 초기치로서 VLBI에 의한 UT1 (地球回轉系の 世界時)의 값이 주어지면 단기 간의 推定은 可能
- × : 원칙적으로 불가능

#### 다. 新國家基準座標系의 구축

ITRF에 준거한 觀測局의 위치를 고정도로 측정하고, 국내 측지망을 구축하는 것은 VLBI, SLR 모두 可能하나,

- i) SLR의 경우 수 cm의 고정도를 얻기 위해 觀測局의 위치와 위성의 궤도를 동시에 추정할 필요가 있으므로, 그 觀測局 뿐 아니라 세계의 다수 觀測局들이 실시한 일정 기간의 관측 데이터를 수집해서, 역학계산을 포함한 복잡하고 대규모의 해석 프로그램에 의한

계산을 수행하게 됨

- ii) 측지 VLBI에서는 ITRF에 의거해서, 위치가 잘 알려진 觀測局을 상대로 한 1 基線만의 관측해석으로 고정도의 觀測局 위치가 얻어진다. (※ 예 : 1995년의 韓·日 VLBI 觀測)

### 3. 국가측지 VLBI 사업의 추진전략

#### 가. 測地VLBI事業의 必要性

국가의 측량 고유업무인 經緯度原點을 관리하기 위해 국립지리원 구내에 설정돼 있는 VLBI 관측점을 정기적으로 반복 측정하고, 세계적인 추세에 따라 「세계측지계」를 도입해서 新國家基準座標系를 결정하기 위해서는 측지 VLBI 시스템을 구축할 필요가 있다.

그리고 「世界測地系」를 도입해서 基準座標系를 결정하기 위해 GPS, SLR보다 VLBI가 사용되는 이유 (필요성)는 다음 세 가지로 요약될 수 있을 것이다.

#### (1) 超長基線觀測의 精밀성·정확성

- 超長距離 (수 천 km)에서도 고정도의 관측이 가능함
  - 측지 VLBI는 수 천 km의 超長基線 관측에서 수 mm 의 精밀도로 측정이 가능함
  - 「世界測地系」를 결정하기 위해서는, 지구규모의 관측을 하기 때문에 超長距離에서도 고정도의 관측이 가능해야 함
- 측지 VLBI 관측망은 전 세계에 구축돼 있음
  - 세계의 어디에서도 고정도의 좌표를 결정할 수 있으며, 이 좌표위치의 값은 세계공통으로 사용됨
- 지구회전 변수의 검출이 가능해 측정된 기준좌표의 정확도는 매우 높음
  - 관성좌표계의 VLBI 관측으로 지구회전 등의 전 지구적인 현상을 추정(좌표의 보정)할 수 있기 때문에 측정된 좌표의 정확도는 매우 높음
  - GPS는 단거리 관측에서는 VLBI에 필적하는 정확도를 가지고 있으나, 지구를 주회하고 있는 인공위성을 기준으로 하고 있으므로, 지구규모의 超長基線 관측에서는 정확도가 떨어지므로 측지 VLBI를 사용함

#### (2) 관측기준·관측 data의 장기적 안정성

- 국가기준을 결정하기 위해서는 장기적으로 안정된 관측기준의 사용이 필수적임
  - 「世界測地系」의 도입은 국가기준계를 결정하는 것과 동일하기 때문에 장기간에 걸쳐 매우 안정된 관측기준이 필요함
  - 측지 VLBI의 관측기준은 수 억~수 십억 光年 멀리 있는 電波星을 대상으로 하고 있기 때문에 거의 不動으로 간주할 수 있어, 매우 安定된 관측기준이 확보돼 있음
  - 한편 GPS, SLR 관측은 인공위성을 기준으로 하고 있기 때문에 장기적으로는 안정하다고 보장할 수 없음 (위성의 궤도계산 오차 발생 등)
- 안정된 天文基準座標系에 의거한 VLBI 관측 data는 장기적으로 안정됨
  - GPS 등 다른 우주기술의 관측 데이터의 장기 안정성을 위한 지침이 됨

#### (3) 관측점 (측위점) 좌표의 명확성

- 「世界測地系」를 도입할 때는 기준이 되는 관측점의 좌표가 명확해야 함
  - 측지 VLBI의 관측점 (측위점)은 안테나 축의 Az·EI 교점에 위치함
- GPS 관측으로 얻어진 관측점은 GPS 안테나의 位相中心에 위치함
  - 이 관측점의 좌표치를 실제 측량에 적용시, 오차가 발생할 우려가 있음
  - 位相中心은 외부의 電磁氣 환경에 의해 변위될 수 있음

## 나. 측지 VLBI사업의 추진전략

### (1) 事業計劃의 背景

최근에 세계 각국은 우주측지기술을 국내의 측량업무에 도입한 결과, 新國家基準座標系의 결정을 비롯해서, 실생활에 있어서의 다방면의 편의 제공과 더불어 지진방재, 지구물리학 연구 등 많은 분야에서 기여하게 되었다. 이러한 세계적 추세에 따라 우리 나라도 국립지리원이 주관해서 「世界測地系」를 도입하기 위한 여러 가지 행정적인 조치와 함께 측지 VLBI 사업계획을 수립해야 할 것이다.

국내 측지 VLBI 사업의 기본계획 수립배경을 요약하면 다음과 같다.

- 세계 각국은 국가차원에서 측량 관련 기관들이 우주측지기술을 도입
  - 「世界測地系」에 근거한 국가측량기준점 관리를 위한 체제정비 추진
- 우리 나라도 한·일 VLBI 협력사업의 일환으로 측지 VLBI 관측점 설치
  - 국립지리원은 정기적이며 지속적인 측지 VLBI 관측점의 관리를 위해 측지 VLBI 관측 계획의 필요성 제기
- 국내의 정밀 측지 인프라 구축을 위한 측지 VLBI 관측계획 수립
  - 韓國天文研究院의 KVN 사업과 연계해서 국내 VLBI 측지망 구축
- 최근에 국내외적으로 지진발생과 연관된 방재에 대한 관심이 높아짐
  - 지진예지를 위한 기초자료 확보를 위해서 측지 VLBI/GPS 관측으로 미세한 지각변동의 감시에 관한 범 정부 차원의 대책이 수립돼야 함

### (2) 測地 VLBI 技術의 先進化 戰略

#### (가) IVS 등의 국제기구에 가입

우리 나라의 측지 VLBI 기술의 선진화를 위해서는 국립지리원 구내에 고성능의 측지 VLBI를 구축하고, 적극적으로 국제협력사업에 참여할 필요가 있다. 대표적인 국제협력기구로서는 IVS (International VLBI Service)가 있으며, 이것은 측지 VLBI와 위치천문학 등의 연구를 목적으로 1999년에 발족했으며, 2년마다 총회가 개최된다.

그 역할과 구성원은 다음과 같다.

- IVS를 통해 각국의 측지계를 「世界測地系」와 연계하고, 측지 VLBI 기술발전에 기여
  - 우리 나라도 「世界測地系」를 도입하기 위해서는 IVS 가입이 필수적임
  - 측지 VLBI 관측성과에 대한 이용자 간의 상호교류를 활성화
  - IVS 관측으로 대륙의 이동량, 지구자전의 변화 등의 지구물리 연구
- 15 개국의 30 Network 관측소를 비롯해서 73 Component가 참가
  - 연구목적은 다르지만 관측에 사용되는 관측장치 및 觀測局은 공통되는 부문이 많기 때문에 기술개발은 상호협조

#### (나) 관·학·연의 협력체제 구축

우리 나라에서는 최근까지 측지 VLBI 관측시설·장비가 없었기 때문에 측지분야의 VLBI 관측연구는 일본 등의 선진국가와 공동연구를 통해 지식과 기술을 축적하면서 간접적인 방법으로 연구하는 실정이었다. 따라서 앞으로는 다음 단계로 지도제작의 기본이 되고 있는 측지원점의 관리·개선과 측지 VLBI의 주요 연구대상인 한반도의 지각변동 등을 측정할 수 있는 독자적인 VLBI 관측을 수행할 단계에 이르고 있다.

이러한 국가적 차원의 측지 VLBI 사업을 효율적으로 수행하기 위해서는 효과적인 추진 체제를 구축할 필요가 있다.

- 국내 측지 VLBI 기술 관련분야의 전문요원 및 기술력 부족의 보완
  - 각 기관의 장점(인력과 기술력 등)을 활용하고 효율적으로 VLBI 사업을 추진하기 위

- 해 관 · 학 · 연의 협력체제를 구축
- 측지 VLBI 관련 분야의 저변확대
  - 측지 · 측량학계의 전환기를 맞이하여, 관련 대학 및 연구기관과 공동으로 추진함으로써 시너지 효과를 기할 수 있음
- 안테나, 수신기 등의 국내 개발
  - 대학의 측지 VLBI 관련 연구센터 및 민간 기업체와의 공동개발
  - 선진국의 관련 기관과의 공동연구개발 사업 추진

#### 4. 측지 VLBI 사업의 발전계획 및 장래전망

##### 가. 발전계획의 기본방향

##### (1) 국립지리원의 조직확대 및 제도개선

- 측지 VLBI 사업의 담당을 위한 조직확대
  - 측지 VLBI 분야의 행정담당 및 연구담당을 신설하고, 연구원제도 도입
  - 중 · 장기적으로 IVS 및 IGS (국제 GPS Service) 사업을 효율적으로 통합 운영 · 관리하기 위한 우주측지관측소 신설
- IVS 등 국제협력사업의 추진체제를 구비하기 위한 제도개선
  - 「世界測地系」에 준거한 新國家基準座標系를 결정하는 전담팀의 구성
  - 세계 각국이 활발히 추진하고 있는 국제협력사업을 효과적으로 추진하기 위해, 이를 기획 · 관리할 수 있는 국제협력업무의 전담반 구성

##### (2) 국내 VLBI/GPS 측지망의 확장계획

- 소형 (6 m 급)의 이동형 VLBI 관측국의 설치와 GPS 상시관측소의 활용
  - 국가방재시책에 따라 문제지역에 觀測局 설치 (지진다발예상 지역, 원자력발전소 근방, 조석력의 영향이 큰 연안지역 등)
  - 국내의 지각변동량 및 지진예지(豫知)를 위한 VLBI/GPS의 정밀관측 실시

##### 나. 측지 VLBI 사업의 장래 전망 (기대효과)

##### (1) IT시대를 선도하는 우주측지기술의 확보

- 국가기준좌표계의 確立으로 실생활에 있어서 다방면의 편의를 제공함
  - 국가 GIS 구축 등에 필요로 하는 보다 정확한 위치좌표의 제공
  - 문제지역에 대한 VLBI/GPS의 초정밀 측량을 통해 지각변동등의 감시
- 21세기의 IT시대를 선도할 수 있는 우주측지기술의 확보
  - 대용량 정보의 초고속 전송 시스템 등 정보통신 분야의 기술개발에 기여
  - IVS 및 IGS의 국제협력사업에 참여함으로써 최첨단 우주측지기술의 확보

##### (2) 국제협력사업의 활성화 계획

- IVS, IGS 등의 중 · 장기 국제공동 관측계획에 참여
  - 국립지리원의 역할분담 및 정기적인 국제공동 관측계획에 적극 참여
- 동북아시아 지역의 정기적 측지 VLBI 관측 program에 참여
  - 일본, 중국, 러시아, 대만, 인도네시아 등의 국가와 VLBI 측지망 구축