

자기쌍극자원에 의한 구형도체의 주파수영역 전자반응 역산

정현기¹⁾, 서정희²⁾, 주형태³⁾

1. 서론

본 연구에서는 자기쌍극자원에 의한 구형도체의 주파수영역 전자반응의 일반해 계산에 있어 좌표계회전을 이용하여 전반적 계산과정을 훨씬 간단하게 함과 동시에 반응함수의 계산에 있어서도 연분수 전개를 적용하여 보다 넓은 범위의 반응변수에 대해서도 정밀한 계산을 가능하게 하고 임의의 다중극에 대해서도 간단히 계산할 수 있게 한(정현기, 1985) 연구를 바탕으로, 나아가 이러한 개선된 방법을 이용하여 주어진 임의의 측정자료에 최근 각종 비선형 역문제에 효과적으로 널리 쓰이고 있는 능선회귀법(Lee, 1984; 서정희, 1985; 서정희, 1986)을 적용시켜 지하도체의 위치, 크기 및 전기적 물성을 최적 추정하게 되는 주파수영역 전자탐사자료의 역문제를 시도한다. 이는 구형 매질 도전체의 신속한 탐지 필요 현장의 발생과 더불어 최근의 저전력 고속 전자 IC의 등장에 힘입어 휴대용 신속 현장 그래픽 탐지기 하드웨어 설계에 일조하기 위함이다.

2. 탐지기 발달의 하드웨어적 측면

구형 도전체의 전자반응 해석은 3차원 수치모델링을 수행할 경우 계산 시간이 많이 소요되므로 지상 및 항공 전자탐사에서 탐사 대상체가 덩어리형일 경우 구형으로 가정하여 신속한 반응 해석을 시도한다. 이 고전적 해석해는 최근까지 주파수영역 지뢰 전자반응 응용에도 유용하다(Won, 1998). 더구나 구형도체의 크기, 전기전도도, 위치 등을 파악하기 위한 탐사 주파수 및 최적 측정 등의 선정을 위한 대량의 3차원 역산 실험은 거의 불가능하므로 해석해를 실용적으로 동원한다. 이러한 응용은 근래에 매장 도전체 또는 지뢰 등의 신속한 광역 탐사 필요성과 더불어 고속 대용량 저가격 FPGA 칩이나 초저전력, 초소형 명함 크기의 펜티엄급 모듈(1W당 1000MIPS 연산 가능)의 최신 등장에 힘입어 아예 탐지기내에 역산 알고리즘을 내장할 수 있는 응용을 가능하게 하고 있다. 이 경우 C로 작성된 충분히 검증된 프로그램은 특별한 cross-compiler에 의해 간단히 칩으로 이식될 수 있다. 이는 휴대용 소형 단말기의 급격하고 다양한 상업화 추세에 비추어 볼 때 가까운 시일내에 지구물리 탐사 장비도 $\Delta-\Sigma$ 방식 gain조정 불필요 초정밀 24bit A/D 칩과 인터페이스되어 착용(wearable) PC 형태로 발전될 것이 예견된다. 이 때 송신부는 필요시 출력 규모에 따라 여차피 다소 대형화를 피할 수 없다

3. 결과 및 고찰

그림 1은 여러 가지 경우의 역산을 위한 측선상 측정점들을 보여주고, 표 1은 이들에 대한 역산 결과들이다. 주어진 측정 자료의 조건에 따라 다소 차이가 있으나 전체적으로 역산이 양호하였다. 그림 2는 지표면상의 4측점자료에 의한 역산을 위한 측정도이고, 표 2는 이 경우에 대한 무작위 잡음 첨가시의 역산 결과들이다. 무작위 잡음을 최대 20%까지 섞은 측정

주요어 : 자기쌍극자원, 주파수영역 전자반응, 구형도체 전자탐사 역산

- 1) 한국자원연구소 탐사개발연구부
- 2) 서울대학교 지구환경시스템공학부
- 3) 한국해양연구소 해양지질연구단

자료의 경우에도 역산 결과가 추적 가능하였다. 이 때 채택된 측정 및 구의 기하학적 모델은 Lee(1984)의 시간영역 전자탐사 경우와 동일한 조건에서 비교할 수 있게 채택하였다. 다만 시간영역 coincident loop TEM 방식대신 주파수영역 horizontal loop EM 방식이 채택되고, 한편 동일 조건을 유지하기 위해 4채널 TEM 반응대신 4개 주파수 전자탐사 반응이 선정되었다. 표 3은 그림 2의 경우에 대한 역산에 있어 초기치 및 첨가잡음 정도의 효과를 보여주는 것으로 잡음보다는 너무 참값에서 떨어진 초기치의 추정시 양호하지 못한 결과를 보여준다. 그러나 이는 실전 응용시에는 대개 어느 정도의 탐측 대상정보를 알고 들어가므로 극복할 수 있는 사항이다.

4.결 론

자기쌍극자원 송신의 주파수영역 전자탐사 역산 전산 모델링 결과를 추정 매개변수별로 다량 전산실험 획득하여 추후 실시간 그래픽 표시 매설 전도체 탐사시스템 개발 최적 설계에 응용할 수 있게 하였다.

참고문헌

1. 정현기, 서정희, 1985, "자기쌍극자원에 의한 구형도체의 주파수영역 전자반응 : 제1보 일반해 계산", 대한광산학회지, Vol. 22, no. 1, pp. 17-24.
2. Lines, L.R. and Treitel, S.,1984, "A review of least-squares inversion and its application to geophysical problems", Geophysical prospecting, Vol. 32, pp. 159-186.
3. 서정희, 정현기, 1985, "Cole-Cole 모델을 이용한 Spectral IP법의 자료해석", 대한광산학회지, Vol. 22, no. 4, pp. 301-309.
4. 서정희, 주형태, 정현기, 1986, "이차원 중력치 역해계산에서 선형방법과 비선형방법의 비교", 대한광산학회지, Vol. 23, no. 2, pp. 47-53.
5. Won. I. J., 1998, "Electromagnetic induction spectroscopy", JEEG, Vol. 3, pp. 27-40
6. Lee, T.J., 1984, "Inversion of transient electromagnetic data from spherical conductor", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 22, pp. 14-20.

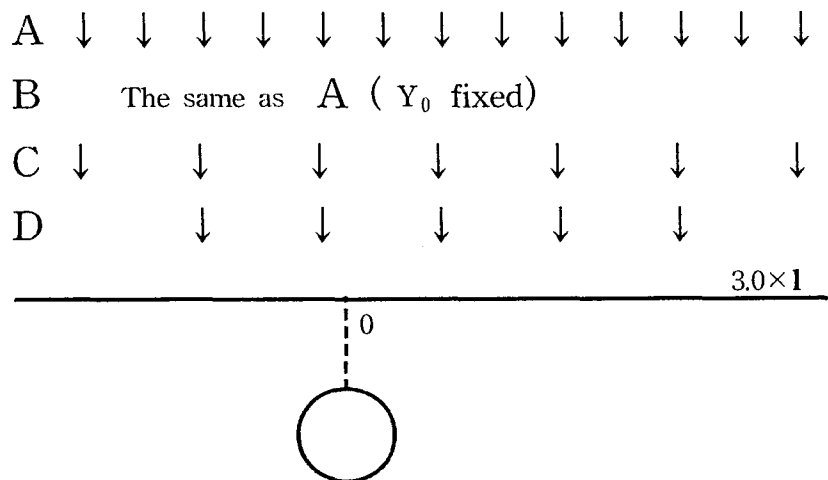


그림 1. 여러 가지 경우의 역산을 위한 측선상 측정점들

표 1. 그림 1의 경우들에 대한 역산 결과

	True value	Initial value	A.13 data	B.13 data Y ₀ fixed	C.7 data	D.5 data 4 frequencies
X ₀	62.5	50	62.499	62.50	62.49	62.49
Y ₀	80	100	80.329	(80)	78.92	78.99
Z ₀	15	17	14.990	15.026	14.90	14.885
a	5	4	4.998	5.011	4.985	4.97
σ	955	1000	955.64	951.4	952.5	963.17
w			1000Hz	1000Hz	1000Hz	500, 1000 2000, 4000Hz

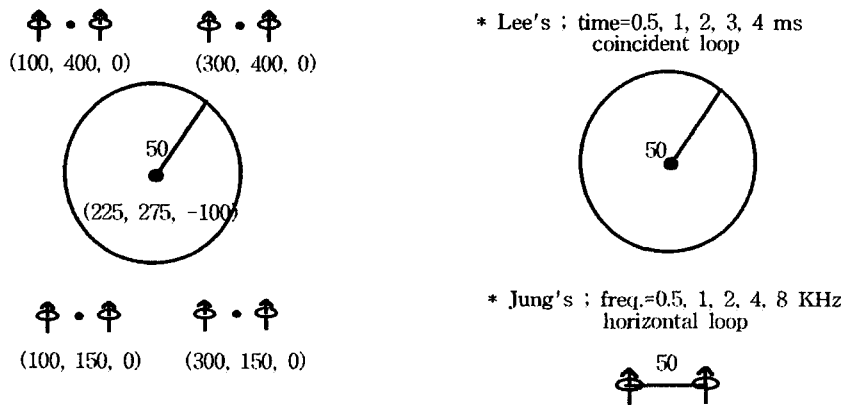


그림 2. 지표면상의 4측점자료에 의한 역산을 위한 측정도

표 2. 그림 2의 경우에 대한 무작위 잡음 첨가시의 역산 결과들

Parameter	True value of parameter	Estimates of parameter	Final value for 0% noise	RANDOM ERROR		
				5%	10%	20%
(σ _m)	0.0 (0.01)	(0.005)		(0.01)	(0.01)	(0.01)
σ ₀	5.0 (5.0)	2.50	4.91	4.87 (4.90)	4.79 (4.60)	4.82 (4.88)
a	50.0 (50.0)	30.0	50.48	50.62 (50.47)	51.00 (51.72)	50.72 (51.16)
X ₀	225.0 (225.0)	190.0	225.31	225.02 (225.05)	224.83 (224.02)	223.83 (222.21)
Y ₀	275.0 (275.0)	290.0	275.00	274.72 (274.64)	274.42 (275.79)	273.83 (273.77)
Z ₀	100.0 (100.0)	60.0	102.62	103.57 (100.53)	105.67 (102.39)	104.36 (102.70)

표 3. 그림 2의 경우에 대한 역산에 있어 초기치 및 첨가잡음 정도의 효과

Random noise	X_0 (225)	Y_0 (275)	Z_0 (100)	a (50)	σ (5)	Iterations	Results
0%	190 (225.31)	290 (275.00)	60 (102.62)	30 (50.48)	2.5 (4.91)	9	EXCELLENT
0%	1025	1075	60	30	2.5	0	DIVERGE
0%	625	675	60	30	2.5	0	DIVERGE
0%	325 (220.24)	375 (275.00)	60 (34.60)	30 (43.80)	2.5 (6.91)	27	POOR
0%	275 (220.66)	325 (275.00)	60 (45.71)	30 (43.64)	2.5 (6.69)	28	POOR
0%	275 (222.43)	325 (275.00)	70 (73.97)	35 (46.13)	3 (5.90)	12	FAIR
0%	210 (232.04)	260 (275.00)	60 (-148.04)	30 (61.25)	10 (3.37)	9	POOR
0%	190 (252.07)	290 (275.00)	60 (-235.38)	30 (94.31)	10 (-1.52)	16	POOR
0%	210 (239.95)	260 (270.00)	60 (187.37)	100 (74.23)	2.5 (2.35)	16	POOR
0%	190 (257.66)	290 (275.00)	60 (254.46)	100 (103.49)	2.5 (1.30)	17	POOR
0%	210	260	200	30	2.5	0	DIVERGE
0%	190 (227.98)	290 (275.00)	200 (122.87)	30 (54.70)	2.5 (4.19)	16	FAIR
5%	190 (225.34)	290 (274.97)	60 (100.66)	30 (50.22)	2.5 (4.88)	14	GOOD
10%	190 (230.53)	290 (274.93)	60 (135.42)	30 (58.02)	2.5 (3.63)	16	FAIR
10%	210 (223.51)	260 (274.94)	60 (80.56)	30 (47.15)	2.5 (5.47)	14	FAIR
10%	190 (220.28)	290 (274.95)	70 (-17.94)	35 (42.75)	3.0 (6.88)	25	POOR