김일성종합대학학보 JOURNAL OF **KIM IL SUNG** UNIVERSITY
(자연과학) (NATURAL SCIENCE)
주체103(2014)년 제60권 제8호 Vol. 60 No. 8 JUCHE103(2014).

기하학적형태에 자동적응된 불규칙삼각망생성방법

조정성, 박정호

불규칙삼각망(TIN)은 해안선이나 해저기복과 같은 다양한 지형들의 공간분포특성을 정규살창망(DEM)보다 정확히 반영한다.[1－3]

우리는 간석지수역의 해안선, 섬경계선, 제방선 등에 적응된 유한요소그물망의 자동생성방법과 내부마디점의 자동조종에 의한 그물망의 밀도조종방법을 연구하였다.

그 원리와 방법은 다음과 같다.

2차원도형의 기하학적특징에 근거하여 전반적인 요소그물망크기를 $s_{\max}$, 2차원분석구역을 Ω, P를 Ω내의 한 점이라고 하자.

그물망을 생성할 때 구역내의 특징에 맞게 설정한 최소요소크기를 $s_{\min}$, $s_{\min}$으로부터 $s_{\max}$까지의 이행거리를 L이라고 하면 그물망의 크기는 이 거리상에서 등비례적으로 이행한다. 즉

$$L = s_{\min} + ks_{\min} + k^2 s_{\min} + \cdots + s_{\max} \tag{1}$$

여기서

$$s_{\max} = k^n s_{\min},\ \ 1.0 < k \le 2.0$$

식 (1)로부터 이행거리를 다음과 같이 얻을수 있다.

$$L = (ks_{\max} - s_{\min})/(k-1) \tag{2}$$

그물망을 조밀하게 생성하기 위하여 그물망을 생성하는 구역의 곡선을 ζ_i라고 하면 ζ_i가 위치하고있는 곳에 설정한 요소크기는 s_{ζ_i}이다. 그러면 점 P가 놓인 곳은 곡선 ζ_i를 따라 그물망을 생성하면 요소크기 $s_p^{\zeta_i}$는 다음식으로 계산된다.

$$\left.\begin{array}{ll} s_p^{\zeta_i} = s_{\zeta_i} + \dfrac{h_{\zeta_i}}{L_{\zeta_i}}(s_{\max} - s_{\min}) & 0 \le h_{\zeta_i} \le L_{\zeta_i} \\ s_p^{\zeta_i} = s_{\max} & h_{\zeta_i} > L_{\zeta_i} \end{array}\right\} \tag{3}$$

여기서 h_{ζ_i}는 점 P에서 ζ_i까지의 거리, L_{ζ_i}는 s_{ζ_i}에 근거하여 식 (2)로 계산된다.

점 P가 놓인 곳의 요소크기 s_p^{ζ}는 다음식으로 계산된다.

$$s_p^{\zeta} = \min_{i=1}^{q}(s_p^{\zeta_i})$$

여기서 q는 구역에 생성된 그물망수이다.

Ω에서 점 P가 놓인 곳의 요소크기 s_p는 다음식으로 확정한다.

$$s_p = \min(s_p^K,\ s_p^{\zeta}) \tag{4}$$

Ω내의 임의의 곳에 위치한 요소크기는 유일값을 가진다.

이것은 분석도형의 기하학적특징을 고려한 기초에서 분석대상에 자동적응된 그물망의 요소크기마당을 구조화하였다는것을 말한다.

다음으로 분석대상에 자동적응된 그물망을 생성하기 위하여 Ω경계에 자동적응된 리산점모임을 P_s 라고 하자.

P_s 에 대하여 Delaunay삼각망을 생성하고 위상과 적합성을 검사하여 그 요구를 만족시키는 초기그물망을 생성한 후 내부의 새로운 마디점과 새로운 삼각형요소를 생성한다.[3]

내부의 새로운 마디점을 생성하기 위하여 $DT(P_s)$ 로 생성된 3각형요소들은 새로운 마디점으로 생성된 3각형요소모임(Δ_{TS})과 새로운 마디점으로 생성되지 않은 3각형요소모임(Δ_{FS})으로 분류한다.

가령 어떤 3각형요소의 세변의 길이를 e_1, e_2, e_3 이라고 하면 $e_1 < e_2 < e_3$ 으로 되며 Δ_{TS} 가 만족되는 조건은 다음과 같다.

$$\left.\begin{aligned} e_1 &\le 2s_c \\ e_3 &\ge 0.8\sqrt{3}s_c \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

여기서 s_c 는 3각형의 중심 C가 있는 곳의 요소그물망크기이다.

식 (5)를 만족시키지 않는 요소3각형들은 Δ_{FS} 에 속한다.

그리고 새로운 마디점으로 생성한 최량화된 요소3각형 Δ_t 를 찾기 위하여 Δ_{TS} 중의 매 요소3각형에 대하여 그것의 제일 긴변 e_{j3} 을 선택하고 3각형의 최량화된 생성변으로 하며 다음식에 따라 새로 생성된 마디점의 적합성정도를 계산한다.

$$\delta_j = \left| e_{j3} - \sqrt{3}s_{M_j} \right| \tag{6}$$

여기서 $j = \overline{1, \mu}$, μ 는 Δ_{TS} 중의 요소3각형의 총수이며 s_{M_j} 는 제일 긴변 e_{j3} 중의 점 M_j 가 놓인 곳의 요소그물망의 크기인데 식 (4)에 의하여 확정한다.

그러면

$$\delta_t = \min_{j=1}^{\mu}(\delta_j) \tag{7}$$

여기서 $1 \le t \le \mu$.

이때 δ_t 에 대응한 Δ_t 를 새로운 마디점으로 생성된 최량화된 3각형요소라고 한다.

Δ_t 의 최량생성변을 따라 새로운 마디점을 생성하기 위하여 Δ_t 의 제일 긴변 e_{j3}의 량쪽 끝점의 위치를 (x_{t1}, y_{t1}), (x_{t2}, y_{t2}) 라고 하자.

새로운 마디점 $N_{new}(x_{new}, y_{new})$ 의 위치는 다음식으로 확정된다.

$$\left.\begin{aligned} x_{new} &= \frac{x_{t1}+x_{t2}}{2} + \frac{y_{t2}-y_{t1}}{e_{t3}}\sqrt{s_{M_j}^2 - \left(\frac{e_{t3}}{2}\right)^2} \\ y_{new} &= \frac{y_{t1}+y_{t2}}{2} - \frac{x_{t2}-x_{t1}}{e_{t3}}\sqrt{s_{M_j}^2 - \left(\frac{e_{t3}}{2}\right)^2} \end{aligned}\right\}$$

현재 있는 그물망에 삽입된 Delaunay삼각망의 유효한 새로운 마디점은 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$\min_{\lambda=1}^{\eta}\|N_{new}W_\lambda\| \ge 0.8s_{M_j}$$

여기서 $\|N_{new}W_\lambda\|$는 새로운 마디점 N_{new}에서 Delaunay방법에 따라 삽입한 다변형의 정점 W_λ까지의 거리, η는 삽입한 다변형의 정점수.

새로운 마디점이 유효한것이라면 차례로 련결된 새로운 마디점 N_{new}와 삽입다변형의 매개 정점으로 삼각형요소를 형성하며 새로 생성된 삼각형요소를 식 (5)에 근거하여 Δ_{TS} 혹은 Δ_{FS}로 분류한다.

반대로 N_{new}를 버리며 Δ_t를 Δ_{FS}에 포함시킨다.

새로운 마디점판단처리후 식 (7)에 근거하여 다시 Δ_t를 확정하며 새로운 마디점을 생성하고 유효성을 판단한다.

내부의 새로운 마디점을 따라 새로운 삼각형요소의 부단한 교체생성을 진행하고 초기 그물망을 부단히 세분화하면 결국 모든 삼각형요소가 Δ_{FS}로 된다.

우의 방법으로 그물망을 생성하면 분석대상의 기하학적특징에 자동적응된 삼각형그물망이 얻어지게 된다.

우리는 이 방법을 ㄷ지역의 물흐름 및 침퇴적분석을 위한 삼각형그물망생성에 적용하였다.[2]

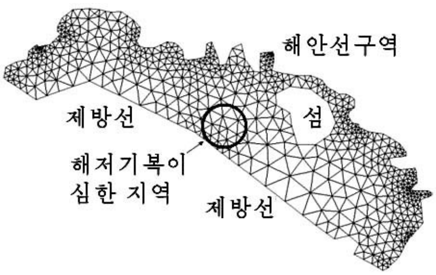

그림 1. 새로운 방법으로 생성된 그물망

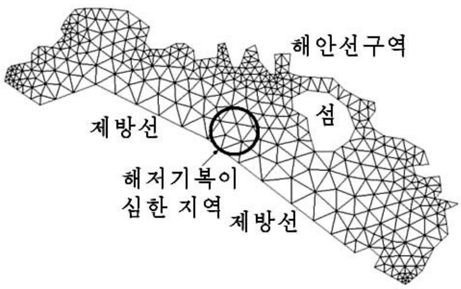

그림 2. 이전 방법[2]으로 생성된 그물망

그림 1, 2에서 보는바와 같이 새로운 방법으로 생성된 계산그물망이 분석대상의 기하학적 및 지형학적특성들을 보다 정확히 반영한다.

맺 는 말

분석대상의 기하학적특징에 자동적응되게 그물망을 생성하는 방법을 리용하면 유한요소법의 전처리단계인 그물망생성의 정확도를 높일수 있다.

참 고 문 헌

[1] 박정호 등; 자연과학론문집 71, **김일성**종합대학출판사, 10～11, 주체92(2003).

[2] 黄晓东; 计算机辅助设计与图形学学报, 16, 7, 923, 2004.

[3] 刘晓红; 海洋测绘, 25, 3, 48, 2005.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

Formation Method of TIN Automatically Adapted in Geometric Form

Jo Jong Song, Pak Jong Ho

Triangulation Irregular Network (TIN) has advantages that reflect spatial distribution characteristics of various topographical objects including costal lines and submarine reliefs more exactly than DEM and its network formation time is rapid.

In this paper, we considered about automatic formation method of finite element network adapted on the 2-D geometric feature object including coastal line, island boundary, bank line of tideland and density control method of network by automatic control of inside nodes.

Key words: TIN, DEM