

數值地形모형을 이용한 林道網 配置모델의 開發¹

李 峻 雨²

Development of Forest Road Network Model Using Digital Terrain Model¹

Jun Woo Lee²

抄 錄

本 研究는 山地에서 合理的으로 林道網을 配置하는 模型을 開發할 目的으로 遂行되었다. 本 研究의 林道網 配置모델은 數值地形解析과 路線選定의 二 부분으로 構成되어 있다. 本 모델에서는 數值地形 모델을 통하여 地況 및 林況에 대한 情報을 提供할 뿐만 아니라 縱斷勾配를 바탕으로 林道開設의 適正性을 評價할 수 있다. 이러한 數值地形解析의 結果를 利用하여 計劃된 林道密度를 滿足시키는 適正 林道網을 수립하게 된다.

路線選定에서는 林道間隔에 따라 路線의 選擇 및 林道配置를 위해 面積分割法을 적용하였으며, 分割面積의 크기는 林道密度에 의해 算出된다. 이 面積分割法은 林道가 偏在되어 配置되지 않도록 해줄 뿐만 아니라 林道計劃 담당자가 融通性있게 林道密度를 調節하여 配置計劃을 수립할 수 있다. 즉, 林道網 計劃에 있어서의 필수요소인 林道密度를 다양하게 적용하여 봄으로써 合理的인 林道網을 구축할 수 있는 것이다. 또한, 路線選定基準은 縱斷勾配, 投資效果, 土工量 및 이상의 세가지 基準의 組合과 같은 4가지 基準을 適用하였다. 林道網 配置모델의 現地 適用可能性을 評價하기 위해 平均集材距離, 集材可能性, 開發指數, 循環路網指數 등과 같은 指標를 使用하였으며, 林道網 計劃時 路線을 選定함 에 있어서 數值地形分析和 面積分割法을 利用하는 것이 效果적인 것으로 判斷된다.

ABSTRACT

This study was aimed at developing a computer model to determine rational road networks in mountainous forests.

The computer model is composed of two major subroutines for digital terrain analyses and route selection. The digital terrain model (DTM) provides various information on topographic and vegetative characteristics of forest stands. The DTM also evaluates the effectiveness of road construction based on slope gradients. Using the results of digital terrain analyses, the route selection subroutine, heuristically, determines the optimal road layout satisfying the predefined road densities.

The route selection subroutine uses the area-partitioning method in order to fully of roads. This method leads to unbiased road layouts in forest areas. The size of the unit partitiones area can be calculated as a function of the predefined road density. In addition, the user-defined road density of the area-partitioning method provides flexibility in applying the model to real situations. The rational road network can be easily achived for varying road densities, which would be an essential element for network design of forest roads.

¹ 接受 1992年 9月 8日 Received on September 8, 1992

² 서울대학교 大學院 山林資源學科

The optimality conditions are evaluated in conjunction with longitudinal gradients, investment efficiency earthwork quantity or the mixed criteria of these three.

The performance of the model was measured and, then, compared with those of conventional ones in terms of average skidding distance, accessibility of stands, development index and circulated road network index. The results of the performance analysis indicate that selection of roading routes for network design using the digital terrain analysis and the area-partitioning method improves performance of the network design model.

Key words: Planning of forest road network, Digital terrain model, Forest road network model, Area-partitioning method, Route selection

結 論

최근에 이르러 林業은 勞動力의 부족 및 高齡化, 人件費의 急上昇 등으로 인해 어려운 상황에 직면해 있으며, 이러한 상황은 林業의 機械化를 이룩하기 위한 基礎段階로서 중요한 生産基盤施設인 林道の 필요성을 더욱 부각시키고 있다.^{2,10,12)} 아울러 山林이 지니고 있는 다양한 기능을 고도로 발휘시키고자 하는 時代的 要請에 따라 木材生産을 주로 한 經濟開發의인 概念과 公益的 機能에 초점을 둔 社會開發의인 概念의 調和가 요구되고 있다.

이러한 時代的 要請은 政策의인 判斷과 결부되어 最近 10年間 우리나라의 山林分野 歲出豫算에서 林道事業豫算이 차지하는 比率이 점차 增加하여 林道事業豫算이 山林分野 總豫算의 約 1/6에 달하고 있다.⁴⁾

林道事業의 重要性和 豫算의 大幅의인 增加에도 불구하고 1991年末 現在 總延長 約 3,600km로써¹²⁾ 아직까지도 林道密度는 約 0.55m/ha(國有林 1m/ha, 民有林 0.4m/ha)에 불과하여,⁵⁾ 2010年 까지의 山林政策의 目標인 10m/ha³⁾를 이루기 위해서는 지금보다 더 많은 豫算과 努力이 투입되어야 할 것이다.

林業經營의 側面에서 林業機械化를 이룩하기 위한 基盤施設로서의 林道는 “山林을 通過하고 주로 山林의 管理 및 經營을 위하여 필요한 交通을 目的으로 建設되는 半永久的인 施設”로 定義¹⁴⁾되고 있는데, 林道の 다양한 機能을 效率化하고 山地의 毀損을 가급적 最小化하기 위해서는 林道事業의 計劃段階인 林道計劃 部分에서 부터 면밀한 검토와 연구가 요구된다.

이제까지 開設되어진 林道는 대부분 國道 및 地方道를 비롯한 기존의 道路網과의 連繫性 및 山地利用에 대한 統合的인 解析을 바탕으로 하지 못하고, 단지 기존 山間마을을 疏通시키거나 生産林地로 향하는 線的인 連結에 불과한 水準이므로 主林道와 副林道, 到達林道와 施業林道, 또는 幹線林道와 支線林道 第一連의 林道를 系統的으로 配置하는 網的인 集合體로서의 林道가 보다 合理的인 山林管理 및 林業經營을 이룩할 수 있을 것으로 보인다.⁶⁾ 또한 林道網 配置에 관한 기존의 研究들은 대부분 線的인 개념의 單一路線이거나 網的인 개념의 林道라 할지라도 몇개의 目標點을 설정하여 路網을 구성함으로써 林道網 配置가 主觀에 따라 좌우될 가능성이 있다고 판단된다.¹⁰⁾ 이러한 觀點에서 林道計劃의 總合的인 研究가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

一般的으로 林道計劃은 넓은 意味에서 山林의 機能別 施業計劃 中에서 搬出施業計劃을 위한 林道の 開設量, 路線配置, 規格 및 構造 등에 관한 計劃을 말하지만, 좁은 意味에서의 林道計劃은 林道密度와 林道配置에 관한 計劃을 말한다.¹⁶⁾ 狹義의 林道計劃의 量的問題인 林道密度와 質的 問題인 林道配置는 서로 聯關되어 “林道網(forest road network)”이라는 概念으로 總合되어 나타난다.

흔히 道路網의 發達程度를 그 나라 文化의 尺度로 評價하듯이 林道網의 發達程度는 그 나라의 林業經營水準을 評價하는 尺度로 看做되며,¹¹⁾ 一般道路가 物的·人的資源의 時間性, 到達性, 安全性, 快適性을 追求하는 것에 반하여, 林道는 그 特殊性으로 인해 技術的·經濟的인 可能性 (technical possibility and economical feasibility)과 生態的·社會的인 適合性(ecological

agreement and social acceptance)을 指向해야 할 것으로 보인다.

一般的으로 林道配置 計劃을 實行하는 方法은 후리핸드計劃法(free hand method), 兩脚器計劃法(divider step method) 및 電算化計劃法(computerized method)으로 구분된다.¹¹⁾ 후리핸드計劃法은 수년전까지 우리나라에서 사용되어 온 方法으로서 目的地에 置重한 나머지 無理한 路綫計劃으로 林道の 縱斷勾配가 急해지거나 急曲線部를 表出시킬 可能性이 매우 높은 方法이다. 또 兩脚器計劃法은 여러가지 因子를 考慮, 地形圖上에서 兩脚器(divider)를 利用하여 一定한 林道 縱斷傾斜를 維持시키면서 目的地로 가는 方法으로서 國內에서 많이 利用된 方法이나 設計者의 主觀이 과도하게 介入될 可能性이 많다고 보여진다.

한편, 電算化計劃法은 地形情報를 基本 cell 單位로 數值化한 數值地形모델(Digital Terrain Model; DTM)을 利用하여 林道路綫을 選定하여 效果인 地形分析과 資料의 客觀化를 이루고 있으며, 이러한 數值地形모델은 컴퓨터의 急速한 發達과 더불어 地形情報解析이 더욱 優秀한 地理情報시스템(Geographical Information System; GIS)의 重要한 한 部分을 이루고 있다.

數值地形모델(Digital Terrain Model; DTM)은 空間上에 나타나는 連續的인 起伏의 變化를 數值로 나타낸 것으로서, 地表의 屬性을 表現하는 여러 要因中에서 주로 標高를 使用하여 나타내기 때문에 數值高度모델(Digital Elevation Model; DEM)이라고도 한다.²¹⁾

國內에서는 보다 正確한 地形情報의 獲得을 통해 DTM을 作成하기 위해, 李等⁹⁾은 密度增加式 標本抽出法(Progressive sampling method)을 利用하여 標高誤差를 補間法으로 修正하는 프로그램을 개발한 바 있으며, 李⁷⁾는 DTM을 利用하여 地形을 표현하는 Software를 UNIX Operating System에서 C-言語를 使用하여 개발한 바 있다. 다른 分野에서는 比較的 DTM이나 GIS를 利用한 研究가 많지만 林道路綫選定에는 李⁸⁾가 GIS를 利用하여, 金¹⁾이 DTM을 利用하여 路綫選定을 시도한 바 있다.

以上の 觀點에서 本 研究은 數值地形모델을 利用하여 林道網 配置모델을 開發하고, 개발된 모델을 適用하여 프로그램을 제작할 目的으로 遂行

되었다.

林道網 配置모델의 開發

1. 모델의 概要

網形狀의 林道配置와 合理的인 路綫選定을 위해 開發한 林道網 配置모델의 概要를 段階別로 說明하면 다음과 같다(그림 1 참조).

(A) 林道網 配置모델에 入力될 DATA는 林道網을 構築하고자 하는 目的이나 手段에 따라 選擇된다. 先行 研究者들^{16,18)}에 의하면 林道網 配置時 考慮되는 入力 DATA로는 크게 地形條件을 考慮한 因子(標高, 傾斜, 方位, 稜線 및 溪谷의 判別 等)와 林業經營學的 因子(任木蓄積量, 勞動力投入量, 施業條件, 集材方法, 集材費用 等) 및 環境保護를 考慮한 因子(景觀, 土壤浸蝕, 特定生物 서식처 等)로 구분된다. 本 研究에서는 入力 DATA로서 數值地形 모델을 作成함에 있어서 必要한 標高 데이터와 林木蓄積量, 切土面積이 선택되었다.

(B) 入力 데이터를 통해 路綫選定에서 選擇되는 因子를 얻기 위해 필요한 데이터를 變換하고, 데이터를 等級別로 分野하는 作業은 對象林地의 地形 解析 및 經營管理에 도움을 줄 수 있는데, 그 分析 結果를 出力하여 參考한다.

(C) 數值地形모델은 對象區域을 X, Y 座標에 의한 平面的인 位置와 Z 座標에 의한 標高의 세 數值로서 地形을 表現하고 있는데, 作成方式으로는 grid 方式, random point 方式, contour 方式, section 方式 등이 있다.^{16,21)} 일반적으로는 平面座標點이 X, Y 軸을 따라 等間隔으로 配列되는 grid 方式이 흔히 사용되고 있으므로 本 연구에서도 그림 1-(b)와 같이 이 방식을 채택하였으며, 표고값을 가지는 Z 座標은 地形圖(1:25,000)에 判讀하여 구하였다.

(D) 網形狀의 林道網 配置를 위해 面積分割法(area-partitioning method)을 考案하였으며, 그 내용은 후술되는 바와 같다. 이 面積分割法에 의해 林道網을 構築하고자 하는 對象地域에서 계획하는 林道密度에 따라 그림 1-(c)와 같이 여러 개의 面積으로 分割되며, 또 分割된 面積의 中心을 割當하게 된다. 또 各 始點(starting point)과 中心間, 그리고 分割된 面積의 中心들과 隣接 中心間을 전부 연결시키게 된다.

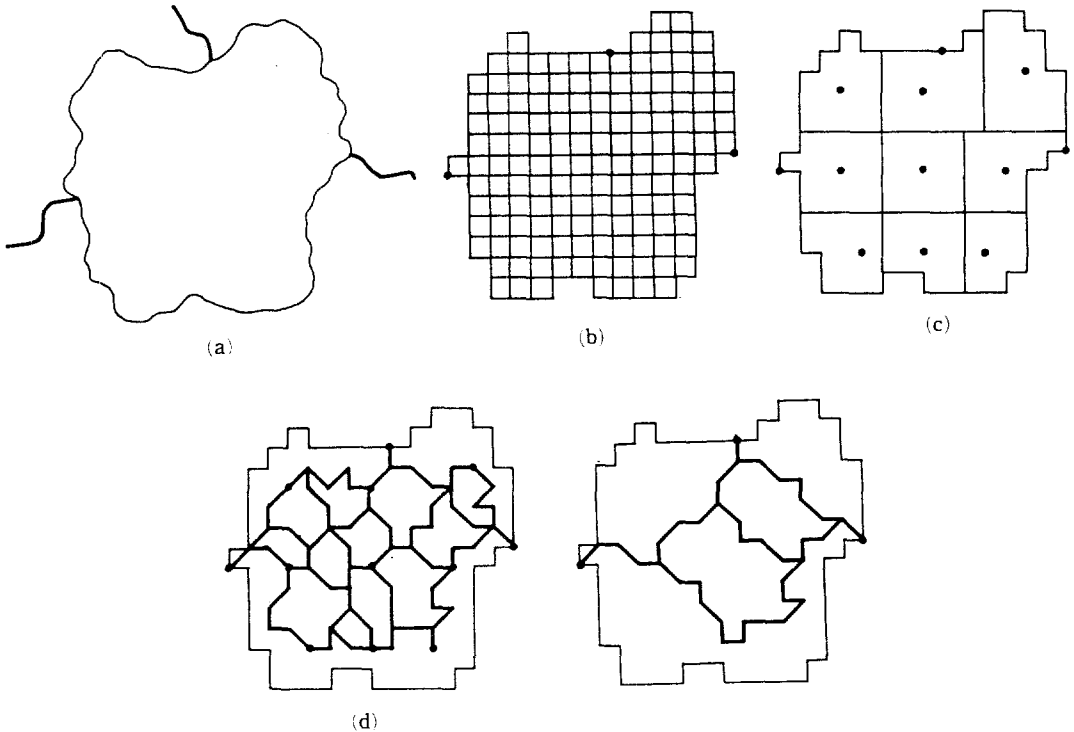


Fig. 1. Simplified diagrams of the process for road network design
 (a) planning site of road network
 (b) construction of the DTM
 (c) area-partitioning and centroid determining of the partitioned area
 (d) route selection among the centroids and starting points
 (e) construction of road network by the user-defined road density

(E) 路線選定을 위해 각 node간의 區間(arc)마다 점수를 부여하며, 點數化된 구간 중에서 路線選定 基準에 의거하여 그림 1-(d)와 같이 가장 良好한 구간을 따라 路線을 선택해 나간다(그림 3참조).

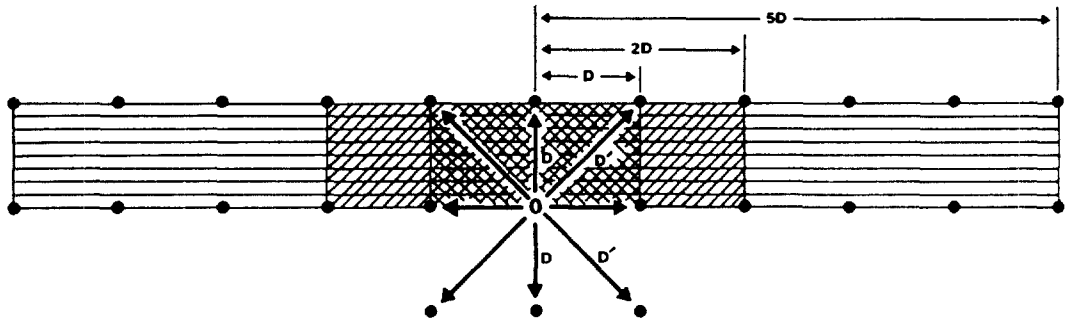
(F) 林道網을 構築하고자 하는 對象地域에서 計劃하는 林道密度에 接近할때 까지 가장 條件이 나쁜 路線부터 제거해 나간다. 計劃하는 林道密度(RD)에 最初로 (RD-5)% 以下로 接近되었을 때 점검을 하게 되는데, 한 路線을 더 除去할 경우 (RD-5)%를 超過하게 되면 林道網 配置가 終了하게 되며, 한 路線을 더 除去하더라도 (RD-5)% 이내로 接近되어 전자보다 계획하는 林道密度 더욱 接近하는 경우 한 路線을 더 除去한 後 終了된다.

(G) 以上の 段階에 따라 그림 1-(e)와 같이 林道網 配置가 完了되면 그 結果를 平均集材距

離, 集材不能地點比率, 集材距離標準偏差, 開發指數, 路網評價指標의 α 指數 및 β 指數 등 6가지의 基準을 利用하여 林道網 配置를 評價한다.

2. 面積分割 概念의 適用

林道網 計劃에 관한 既存의 研究들은 大部分 線的인 概念의 單一路線이거나 網的인 概念의 林道網이라 할지라도 目標地點(target point)을 몇 개 設定하여 路網을 構成하고 있다. 그러나 林道網을 構築하고자 하는 對象面積이 넓은 경우 同一한 林道密度를 갖고 있다고 할지라도 林道가 部分的으로 偏在되거나 重複될 可能性이 높다. 따라서 本 研究에서는 對象林地를 林道密度에 따라 여러 개의 面積으로 分割하여 分割된 面積의 중심을 할당하고, 그 중심들을 加급적 連結시키면서 目標하는 密度를 滿足시키는 方法을 考案하였다.



D : Shortest arc length of grids
 D' : Diagonal length of grids($\sqrt{2} \times D$)
 : Area covered by D when forest road density is 10m/ha
 : Area covered by D when forest road density is 25m/ha
 : Area covered by D when forest road density is 50m/ha

Fig. 2. Diagram of potential access distance.

이 면적분할法(area-partitioning method)은 Matthews²²⁾가 林道間隔을 구할 때 對象林地的中央을 通過하는 것이 가장 合理的이라는 概念에서 出發하여 對象林地를 몇개의 面積으로 分割하고 可及的이면 分割된 面積의 中央으로 林道를 連結시키는 것이 林道の 適切한 分布 및 對象林地的 開發이라는 側面에서 合理的이라는 생각에서 비롯되었다.

한편, 林道計劃 대상임지를 몇개의 면적으로 분할하기 위하여 '潛在到達距離'의 개념을 가정하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 0地點에서 다음 地點으로 開設할 수 있는 林道는 8方向이다. 즉 짧은 길(D)로 갈 確率과 긴 길(D'; $D' = \sqrt{2}D$)로 갈 確率은 同一하므로 한 點이 內包하고 있는 다음 點까지의 "潛在到達距離(Potential Access Distance; Dp)"는 $Dp = (\text{짧은길} + \text{긴길}) / 2 = (D + \sqrt{2}D) / 2 = (1 + \sqrt{2})D / 2$ 가 된다.

이 潛在到達거리(Dp)는 계획하는 林道密度를 만족시키기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 林道密度(Forest Road Density; RD)에 따라 일정한 面積을 cover해야 할 面積을 지니게 된다. 즉 選擇된 한 區間の 潛在到達距離는 必然的으로 林道密度에 影響을 미치게 된다.

이것은 式으로 表現하면 다음과 같다.

$$RD = \frac{Dp}{Ap}$$

$\left\{ \begin{array}{l} RD : \text{林道密度 (m/ha)} \\ Dp : \text{潛在到達距離 (m)} \\ Ap : Dp \text{가 cover해야 할 面積 (ha)} \end{array} \right.$

그림 2와 같이 grid 方式으로 作成한 數值地形 모델에서 潛在到達距離가 林道密度에 따라 cover해야 할 面積(Ap)은 數值地形 모델상의 grid로 이루어진 單位面積(Au)에 따라 변하게 된다.

$$\text{즉, } Ap = \frac{Dp}{RD} \text{ 이므로}$$

Ap에 해당하는 Au의 갯수는 (Nau)는 아래 式으로 表現된다.

$$Nau = \frac{1}{Au} \times \frac{Dp}{RD}$$

한편, 林道間隔(road spacing; RS)은 林道密度에 따라 변하게 되는데, 아래 式으로 表現된다.

$$RS = 10,000 / RD$$

- $\left\{ \begin{array}{l} RS : \text{林道間隔 (m)} \\ RD : \text{林道密度 (m/ha)} \end{array} \right.$

상기 式을 利用하면, Au의 갯수(Nau)는

$$Nau = Au \times \frac{Dp \times RS}{10,000} \text{ 로 變換되므로}$$

林道網을 구축하고자 하는 對象林地에서 林道間隔 또는 林道密度가 결정되면 分割해야 할 面積의 크기도 결정된다.

Grid方式으로 작성된 數值地形 모델에서 이상의 林道密度(RD), 林道間隔(RS), 潛在到達距離(Dp), Dp가 林道密度에 따라 cover해야 할 面積(Ap), grid로 둘러싸인 單位面積(Au)의 갯수(Nau)를 林道密度 5m/ha 單位로 구분한 結果는 表 1과 같다.

한편, 分割된 面積의 中心이 되기 위해서는 다음의 3가지 條件을 滿足시키도록 하였다.

Table 1. The number of grids in a partitioned area for various forest road densities(RD indicates the forest road density in meters per hectares ; RS indicates the forest road spacing in meters ; Ap indicates the area covered by a potential access distance in hectares ; Nau indicates the number of unit area covered by the potential access distance ; Dp indicates the potential access distance in meters ; Au indicates the unit area of the digital terrain model used in hectares) .

RD (m/ha)	RS (m)	Ap (ha)	Nau (ea)
5	2,000	Dp/ 5m/ha	Dp/(Au× 5m/ha)
10	1,000	Dp/10m/ha	Dp/(Au×10m/ha)
15	667	Dp/15m/ha	Dp/(Au×15m/ha)
20	500	Dp/20m/ha	Dp/(Au×20m/ha)
25	400	Dp/25m/ha	Dp/(Au×25m/ha)
30	333	Dp/30m/ha	Dp/(Au×30m/ha)
35	286	Dp/35m/ha	Dp/(Au×35m/ha)
40	250	Dp/40m/ha	Dp/(Au×40m/ha)
45	222	Dp/45m/ha	Dp/(Au×45m/ha)
50	200	Dp/50m/ha	Dp/(Au×50m/ha)

① 面積內 要素의 무게중심일 것

② 자기 자신이 外廓境界線, 稜線 또는 溪谷이 아닐 것

③ 最大 許容傾斜를 滿足할 것

이러한 中心條件이 滿足하지 않을 경우 現在 位置에서 시계방향으로 1 step씩 돌아가면서 條件을 滿足할 때까지 中心을 구하게 된다.

林道網을 構築하고자 하는 對象地域의 面積이 分割되고, 分割된 面積의 中心이 決定되면 始點과 中心間, 中心과 隣接 中心間에 路線이 路線選定 基準에 따라 연결된다.

3. 路線選定 알고리즘

本 林道網 配置모델에서 두 地點間의 最短間隔 問題를 풀기위해 Warshall-Floyd法²⁰⁾을 變形하여 利用하였다.

本 研究에서 利用한 路線選定 알고리즘을 段階別로 說明하면 다음과 같다.

STEP 1. 現在 位置의 node(*i* node)에서 모든 方向에 대해 連結possible한 다음 node와의 arc값들을 記憶한다.

STEP 2. 連結possible한 다음 node에서도 STEP 1과 마찬가지로 그 다음 node(*j* node)와의 arc값들을 記憶한다.

STEP 3. STEP 1의 arc값들과 STEP 2의 arc값들간의 集合 中에서 가장 良好한 값을 가지는 區間(STEP 1의 arc와 STEP 2의 arc를 합친 區間)을 檢索하고, 路線選定基準에 해 가장 良好한 값을 가지는 區間이 選擇되면 STEP 1의 arc를 最終 路線 中의 一部分으로 貯藏한다.

STEP 4. 계속해서 다른 node(*j* node)에 대해서도 STEP 1-STEP 3의 作業을 반복한다.

STEP 5. 始點(starting point)에서 부터 분할된 面積의 중심점까지의 路線選定 作業이 完了되면 그 結果를 한 路線으로 採擇하여 貯藏한다.

STEP 6. 모든 始點과 隣接한 중심점간, 그리고 중심점들간에 STEP 1-STEP 5의 作業을 反復하여 路線選定基準에 따라 選擇된 모든 路線을 貯藏한다.

STEP 7. STEP 6에서 貯藏된 모든 路線에 대해서 計劃하는 林道密度가 滿足될 때까지 가장 惡條件의 路線부터 除去해 나간다.

STEP 8. 計劃하는 林道密度(RD)에 最初로 (RD+5)% 以下로 接近되었을 때 최초의 점검을 하게 되는데, 한 路線을 더 除去할 경우 (RD-5)%를 超過하게 되면 林道網 配置가 終了하게 되며, 한 路線을 더 제서하더라도 (RD-5)% 이내로 接近되어 전자보다 계획하는 林道密度 더욱 接近하는 경우 한 路線을 더 除去한 後 終了된다.

STEP 9. 計劃하는 林道密度가 滿足되면 林道網 配置가 決定되고, 그 結果를 出力한다.

路線選定 알고리즘을 그림 3에서 보는 바와 같이 간단한 模式圖로서 설명하면, STAGE I의 경우 始點(START)에서 다음 node로 갈 수 있는 arc集合은 아래의 4가지이다.

$$\begin{bmatrix} d_{s,1} = 8 \\ d_{s,2} = 14 \\ d_{s,3} = 16 \\ d_{s,4} = 6 \end{bmatrix}$$

$d_{s,4}$ 값이 6으로서 가장 작은 값임에도 불구하고 4번 node는 STAGE II에서 {18, 16, 12}의 集合을 가지므로 合算하면 $E_4 = \{24, 20, 18\}$ 의 集合이 되고, $d_{s,1}$ 값이 8인 1번 node는 STAGE II에서 $E_1 = \{18, 10, 8\}$ 의 集合을 가지므로 合算하면 {26, 18, 16}의 集合이 되므로 E_4 와 E_1 集合 中에서 가장 작은 값은 E_1 집합의 "16"이 된다. 이 "16"의 구성 arc 값은 $d_{s,1} - d_{1,7}$ 이므로

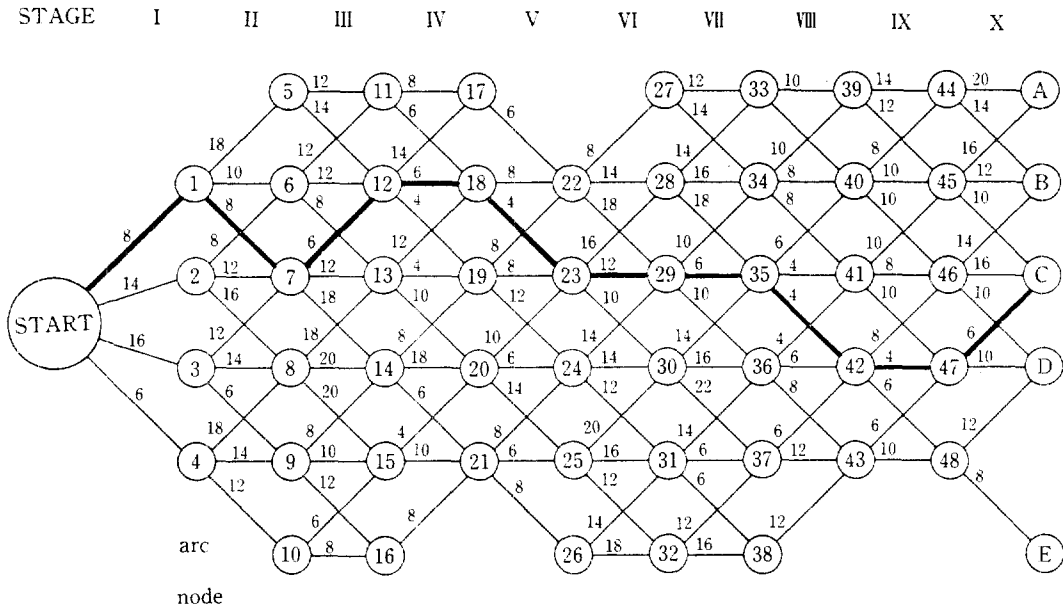


Fig. 3. Diagram of the network structure for route selection.

STAGE I 에서는 $d_{s,1}$ 이 選擇되어 기억된다.

한편, STAGE II 에서는 1번 node에서 連結 가능한 다음 node는 5번, 6번, 7번 node 이므로 STAGE II와 STAGE II의 集合중 가장 작은 값($d_{1,7} + d_{7,12} = 14$)을 構成하는 $d_{1,7}$ 이 選擇된다.

마찬가지로 같은 값을 보이는 35번 node의 경우, STAGE VIII과 STAGE IX 사이에서 생기는 集合을 考慮하여 $d_{35,42}$ 가 選擇된다.

이상의 路線選定 알고리즘은 두 구간의 합집합에 대해서만 가장 양호한 값을 檢索하였다.

4. 路線選定基準

본 林道網 配置모델의 路線選定基準은 縱斷 勾配를 最小로 하는 方法, 林道の 投資效果를 最大로 하는 方法, 土工量을 最大로 하는 方法 및 이상의 3가지를 同時에 考慮하는 方法 등 4가지를 路線選定基準으로 選擇하였다.

林道の 縱斷 勾配를 最小로 하는 方法은 林道網을 構築하려는 對象地域에서 가능한 縱斷 勾配를 最小化 시킴으로서 車輛의 원만한 運行과 林道 路面 및 側構 浸蝕의 最小化를 도모할 目的으로 選擇하였다.

그리고 林道の 投資效果를 最大로 하는 方法은 單位面積當 現在價値를 결정하는데 가장 큰 영향

을 미치는 單位面積當 林木蓄積量이 많은 곳으로 路線을 誘導하는 方法이다.

또한 土工量을 最小로 하는 方法은 林道가 山岳地에 建設되는 特性으로 인해 盛土量을 멀리서 運搬시킴에 따라 附隨되는 林道 施工費를 줄이기 위하여 한 地點에서의 切土量과 盛土量은 同一하다고 가정하여 計算하였으며, 이 基準은 林道の 施工費를 줄일 目的 뿐만이 아니라 自然保護의 側面에서도 有利하다는 判斷에서 選擇하였다.

5. 林道網 配置結果의 評價基準

開發한 林道網 配置모델을 先行研究와 比較하여 現地適用에 따른 모델의 適正性을 判斷하기 위해 平均集材距離,^{13,16)} 集材不能地點比率,^{13,16)} 集材距離標準偏差,¹⁶⁾ 開發指數,¹⁹⁾ 路網評價指數의 α 指數¹⁷⁾ 및 β 指數¹⁵⁾ 등 6가지 指標를 選擇하였다.

이러한 評價指標들은 配置된 林道網에 의한 對象地域의 利用開發 可能性과 集材作業 및 山林管理業務의 效率性을 判斷하는 基準이 될 수 있으며,^{16,18)} 아울러 林道網 配置狀態의 상대적인 평가에 이용될 수 있다.

본 프로그램의 運用

본 研究에서 開發한 林道網 배치모델을 개인용 컴퓨터로 活用하기 위하여 C-언어를 사용하여 프로그램화(프로그램명 : ROAD.C) 하였다.

본 프로그램의 運用체제(OS)는 C-언어가 지원되는 모든 시스템(MS-DOS, UNIX 등)에서 가능하며, 데이터(표고, 임목축적량 등)의 格子間隔은 임의이고, 허용한도는 10,000행×10,000열이며, 데이터의 크기는 標高(INTEGER)의 경우 4자리 숫자까지, 林木蓄積量(REAL)의 경우 5자리 숫자까지 가능하며, 格子의 座標에 일치되게 Free Format으로 작성한다.

또한 既設林道를 필수통과점으로 사용할 경우 기설임도의 좌표를 입력하여야 한다. 프로그램의 活用순서는 임도망을 구축하고자 하는 대상임지의 표고와 임목축적량 등의 데이터를 입력한 후, 그림 4와 같이 화면상에서 계획하는 林道密度와 처리내용 등을 입력한다. 여기서 처리방법(B)은 路線選定の 기준을 의미하며, 허용경사(C)는 段구배를 의미한다. 또한 1차노선(D)은 기존의 도로와의 연결노선이 필요한 경우를 대비하여 만든 것이므로 보통의 경우 '100'을 입력하면 된다. 한편, 처리내용 노선생성은 임도망을 배치하는 것을 의미하며, 나머지는 地形分析과 관련된 사항으로서 이중 推定地形指數는 白雲山지역을 대상으로 推定된 地形指數이므로 다른 지역에서는

오차가 생길 가능성이 있다.

프로그램의 수행결과는 對象地域의 面積, 開設한 林道の 총연장길이, 林道の 座標, 林道網 配置의 評價基準이 出力되며, 대상지역이 넓은 경우 표고분석 등의 지형분석내용은 압축되어 출력된다. 출력시간을 제외한 순수처리시간은 486 D×33에서 예를 들면, 데이터의 양이 약 140 행×150행이고, 처리방법이 노선선정기준(처리방법)으로 '경사'만을 선택하여 林道網을 配置(노선생성)할 때 약 35분이 소요되며, 지형분석은 한 항목 당 약 1분 15초가 소요된다. 처리방법이 복합적(1+2+3)일 때는 노선생성에 약 54분이 소요된다. 현 수준에서는 林道路線이 그래픽화되어 출력되지 못하고 있으므로 앞으로는 이 부분에 대한 研究가 進行되어야 할 것이다.

結 論

本 研究는 數値地形모델을 利用하여 林道網 配置모델을 開發한 후, 이를 山林地形情報의 解析資料 및 林班 小班別 林木蓄積 등의 綜合的인 山林經營資料를 바탕으로 現地에 適用시켜봄으로써 經濟的이고도 效果的인 林道計劃에 必要한 林道工學的 資料를 提示할 目的으로 遂行되었다.

本 研究의 林道網 配置모델에서는 grid방식으로 작성된 數値地形모델을 바탕으로 網形狀의 林道配置를 위해 林道密度에 따라 일정한 면적으로 분할되는 面積分割法을 적용하였으며, 두 구간의 비교에 의해 路線選定基準에 따라 양호한 구간을 선택해 나가는 路線選定 알고리즘을 채택하였다.

路線選定方法은 林道の 縱斷勾配를 最小로 하는 方法, 投資效果를 最大로 하는 方法, 土工量을 最小로 하는 方法 및 이상의 세가지 방법을 組合하여 選定하는 方法 등 4가지 방법을 適用하였다.

林道網 配置모델의 現地 適用性을 評價하기 위해서 平均集材距離, 集材不能地點比率, 集材距離 標準偏差, 開發指數, 循環路網指標의 α 및 β 指數와 같은 6가지 指標를 使用하였다.

本 研究를 수행하는 過程에서 開發한 프로그램은 林道計劃 擔當者가 林道開設對象林地에서 計劃하는 林道密度를 調節하여 林道網 配置計劃을 할 수 있으며, 또한, 開發 프로그램의 運用을 위

수치지형모델을 이용한 임도망 배치 프로그램	
A. 임도밀도 : (M/ha)	# 처리내용 # []
B. 처리방법 : []	1. 노선생성
1. 경사	2. 표고분석
2. 토공량	3. 경사분석
3. 축적량	4. 토공량분석
4. (1+2+3)	5. 축적량분석
C. 허용경사 : %	6. 추정지형지수 분석
D. 1차 노선 : 전체의 %	*RUN-[F2], Quit-Esc
작업내용 :	

Fig 4. A diagram showing the input form of forest road network program

해서는 對象林地의 林小班圖, 山林調節簿, 地形圖, 小班別 林木蓄積量 等과 같은 주요한 地況 및 林況資料가 具備되어야 한다.

引用文獻

1. 金鍾閔. 1991. 林道研究動向(林道網編成方法). 第2回 林道事業研贊會. 山林廳. p. 19-40.
2. 山林組合中央會. 1990. 林道の 設計와 施工(教育教材). 548pp.
3. 山林廳. 1991a. 林道施設基本計劃. 15pp.
4. 山林廳. 1991b. 主要山林事業總覽. 285pp.
5. 山林廳. 1992. 主要山林事業總覽. 265pp.
6. 禹保命. 1987. 林業土木工學. 鄉文社. 서울. 362pp.
7. 이규석. 1990. 수치지형정보를 이용한 지형의 3차원 표현 software 개발. 한국조경학회지 17(3) : 1-8.
8. 李奎成. 1991. 컴퓨터 地圖分析을 利用한 林道計劃. 韓國林學會誌 80(3) : 317-325.
9. 李石贊·申鳳浩·鄭成浩·趙英鎬. 1985. 等高線을 利用한 標本抽出法에 관한 研究. 大韓土木學會論文集 5(2) : 67-73.
10. 李峻雨. 1992. 數值地形모델을 利用한 林道網 配置計劃에 관한 研究. 서울大學校 大學院 博士學位論文. 154pp.
11. 林業研修院. 1988. 林道便覽. 1336pp.
12. 임종윤. 1992. 임도시설 추진현황과 발전과제. 산림 314 : 17-22.
13. 車斗松·李峻雨. 1992. 最適林道配置에 관한 研究. 韓國林學會誌 81(2) : (투고중).
14. 車斗松·全權雨·金在生. 1990. 山岳林의 林道開設에 관한 研究(I) 林道の 概要. 江大演報 10 : 103-118.
15. 上飯坂實·南方 康·峰松浩彦·大川炳修. 1975. 北海道演習林における林道の計劃と施工に關する資料. 東京大學 演習林 19 : 1-13.
16. 小林洋司. 1984a. 山岳林における林道網計劃法に關すえ研究. 宇大學術報告 38 : 1-101.
17. 酒井秀夫. 1991. 路網計劃とその評價·解析手法. 森林科學 3 : 40-44.
18. 車斗松. 1989. 空中寫眞による掌狀作業法の林道網配置計劃に關する研究. 九州大學 博士學位論文. 156pp.
19. 藤原 登 譯(Lünzmann, K). 1970. 開發指數, 道網評價のための指數およびその林道網計劃への適用(Der Erschließungskoeffizient, eine Kennzahl, zur beurteilung von Waldwegenezen und seine Anwendung bei Neuplanungen). 機械化作業 205 : 27-39.
20. 吉林 隆. 1973. ネットワーク(1). オペレーションス リサーチ 18(10) : 62-66.
21. Burrough, P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. New York. 194 pp.
22. Matthews, D.M. 1942. Cost Control in the Logging Industry. McGraw-Hill. N.Y. 374pp.