

本論文은 1986年度 文教部 大學研究研究所
支援 學術研究造成費의 一課題 研究而成을.

우리나라 沿岸의 海上交通管制시스템 設置를 위한 基礎研究

〈I〉 港灣間 交通量分布의 推定알고리즘

李 哲 榮* · 具 滋 允**

〈I〉 An Estimating Algorithm of the Trip Distribution
of Ships between Harbours

Cheol-Yeong Lee · Ja-Yun Koo

〈 目 次 〉

Abstract

1. 序 論

2. 모델의 構成

3. 모델의 有效性 檢討

4. 結 論

参考文獻

Abstract

Trip distribution plays an important role in the analysis and network evaluation phases of the transportation and the traffic planning process.

In this paper, the authors propose an algorithm for estimating the trip distribution between each pair of zones such as harbours and straits.

The algorithm is formulated by using the observed data and introducing the concept of entropy when observed data between harbours were not existed.

In order to examine the feasibility, the proposed algorithm is applied to ships on traffic route in Hanryu Sudo and in Korea costal waterway. And also, its validity is examined by comparing another algorithm through statistical test.

1. 序 論

一般的으로 海上交通量을 파악하고자 할 경우
에는, 各 港灣 및 水路에 있어서의 船舶入出港

統計를 利用하거나, 部分的으로 그 交通量을 觀測하여 使用하여 왔다. 그러나 파악하여야 할 海域 및 水路가 매우 광범위할 경우에는 이러한 方法으로 交通量을 調査하는 데에는 時間, 費用 및 觀測方法 等에 있어서 많은 어려움이 수반되게

* 正會員, 韓國海洋大學

** " , 韓國海技研修院

式(2·13)은 Lagrange 未定係數法으로 해석적으로 解를 구할 수 있으며, Lagrange 未定係數法으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L(\rho_{ij}, \lambda_i, \mu_j, \nu, \gamma_{ij}, \delta_{ij}) \\ = -\sum_i \sum_j \rho_{ij} \ln \rho_{ij} - \sum_i \lambda_i (\sum_j \rho_{ij} - u_i) \\ - \sum_j \mu_j (\sum_i \rho_{ij} - v_j) - \nu (\sum_i \sum_j \rho_{ij} - 1) \\ - \gamma_{ij} \sum_i' \rho_{ij} - \sum_{i,j}^M \delta_{ij} (\rho_{ij} - k_{ij}) \dots (2·14) \end{aligned}$$

(1) $i=j$ 인 경우

$$\frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}} = -1 - \ln \rho_{ij} - \lambda_i - \mu_j - \nu - \gamma_{ij}$$

(2) $i \neq j$, 港灣間 結合率을 아는 M 개의 港灣

$$(i,j) \quad \frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}} = -1 - \ln \rho_{ij} - \lambda_i - \mu_j - \nu - \delta_{ij}$$

(3) $i \neq j$, 港灣間 結合率을 모르는 나머지 港灣

$$(i,j) \quad \frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}} = -1 - \ln \rho_{ij} - \lambda_i - \mu_j - \nu$$

따라서, 最適인 港灣間 結合率 ρ_{ij}^* 는 다음과 같이 된다.

(1) $i=j$ 인 경우

$$\rho_{ij}^* = \exp(-1 - \lambda_i - \mu_j - \nu - \gamma_{ij})$$

(2) $i \neq j$, 港灣間 結合率을 아는 M 개의 港灣

$$(i,j) \quad \rho_{ij}^* = \exp(-1 - \lambda_i - \mu_j - \nu - \delta_{ij})$$

(3) $i \neq j$, 港灣間 結合率을 모르는 나머지 港灣

$$(i,j) \quad \rho_{ij}^* = \exp(-1 - \lambda_i - \mu_j - \nu) \dots (2·15)$$

그러나 이 未定係數를 해석적으로 구하는 것은 곤란하므로 iteration에 의해 解를 구하는 방법을 고찰하기로 한다.

式(2·15)中 $\rho_{ij}^* = \exp(-1 - \nu - \lambda_i - \mu_j)$ 로부터,

$$\begin{aligned} u_i &= \sum_j \rho_{ij}^* \\ &= \exp(-1 - \nu - \lambda_i) \sum_j \exp(-\mu_j) \dots (2·16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_j &= \sum_i \rho_{ij}^* \\ &= \exp(-1 - \nu - \mu_j) \sum_i \exp(-\lambda_i) \dots (2·17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 &= \sum_i \sum_j \rho_{ij}^* \\ &= \exp(-1 - \nu) \sum_i \sum_j \exp(-\lambda_i - \mu_j) \\ &\dots \dots \dots (2·18) \end{aligned}$$

$(2·16) \times (2·17) \div (2·18)$ 로부터

$$u_i v_j = \exp(-1 - \nu - \lambda_i - \mu_j) = \rho_{ij}^* \text{가 된다.}$$

따라서 式(2·15) 전체를 要約하면 다음 型으로 나타낼 수 있다.

$$\rho_{ij}^* = x_i w_{ij} y_j \dots \dots \dots (2·19)$$

{ $i=j$ 일 때 $w_{ij} = \exp(-\gamma_{ij})$

$i \neq j$, 港灣間 結合率을 알 때

$$w_{ij} = \exp(-\delta_{ij})$$

$i \neq j$, 港灣間 結合率을 모를 때 $w_{ij} = 1$

또한 iteration의 順序는 다음과 같이 구성된다.

I) 모든 港灣間에서 $i=j$ 일 때 $w_{ij}^{(0)} = 0$,

$i \neq j$ 일 때 $w_{ij}^{(0)} = 1$ 로 한다.

II) Step I) iteration에서

$$y_j^{(1)} = v_j$$

$$x_i^{(1)} = u_i / \sum_j w_{ij}^{(0)} y_j^{(1)}$$

이후, 港灣間 結合率을 아는 M개의 港灣間에서는 $w_{ij}^{(1)} = \frac{k_{ij}}{x_i^{(1)} y_j^{(1)}}$

港灣間 結合率을 모르는 港灣間에서는 그대로 $w_{ij}^{(1)} = w_{ij}^{(0)}$

III) k回 iteration에서

$$y_j^{(k)} = v_j / \sum_i x_i^{(k-1)} w_{ij}^{(k-1)}$$

$$x_i^{(k)} = u_i / \sum_j w_{ij}^{(k-1)} y_j^{(k)}$$

港灣間 結合率을 아는 M개 港灣間에서는 $w_{ij}^{(k)} = k_{ij} / x_i^{(k)} y_j^{(k)}$

港灣間 結合率을 모르는 港灣間에서는 그대로 $w_{ij}^{(k)} = w_{ij}^{(k-1)}$

$$\therefore \rho_{ij}^{(k)} = x_i^{(k)} w_{ij}^{(k)} y_j^{(k)}$$

IV) $\sum_j \rho_{ij}^{(k)} \leq u_i$, $\sum_i \rho_{ij}^{(k)} \leq v_j$ 에 만족할 경

도로 접근하면 iteration을 멈춘다.

解를 구하기 위한 Flow chart는 Fig. (2-1)과 같다.

3. 모델의 有效性檢討

2章에서 構成한 數學모델을 利用하여 推定值를 구하고, 實際觀測調查值와의 χ^2 檢定에 의해 이 모델의 有效性을 檢討하고자 한다.

觀測值는 1983年 1月부터 同年 7月까지 韓國海洋大學 海事基礎科學研究所에 의해 觀測된 한려수도의 1日 平均 船舶交通量 및 1981年的 우리나라 主要 11개 港灣間의 交通量分布를 利用

하였다.²⁾

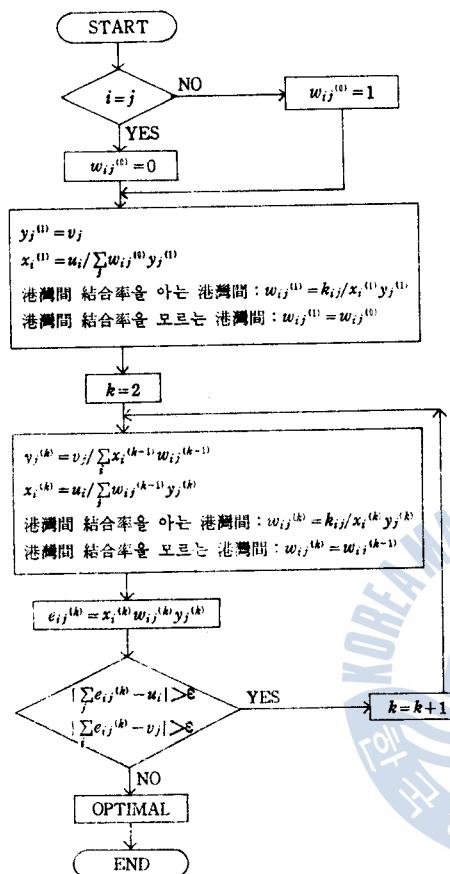


Fig. 2-1. Flow chart



Fig. 3-1. Average Traffic Flow per Day in Hanryu Sudo

먼저, 한려수도의 경우 1日 平均 船舶航行圖는 Fig. (3-1)과 같고, 1日 平均 交通量은 Fig. (3-2)와 같다.

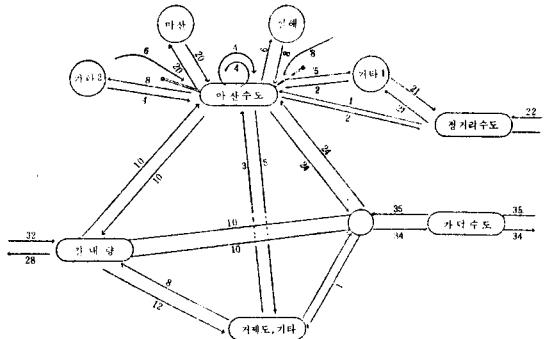


Fig. 3-2. Average Traffic Volume per Day in Hanryu Sudo

이 交通量을 정거리수도를 포함한 마산, 진해 등의 交通量을 마산수도로 모아 4개 港灣(水道를 포함)으로 단純化시켰을 때 港灣間 交通量分布 Matrix는 Table(3-1)과 같다.

Table 3-1. Average Traffic Distribution per Day in Hanryu Sudo

	1 가덕 수도	2 거제도, 기타	3 경 내 량	4 마 산 수 도	
1 가 덕 수 도	0	1	10	24	35
2 거 제 도, 기 타	0	0	8	3	11
3 경 내 량	10	12	0	10	32
4 마 산 수 도	24	5	10	0	39
	34	18	28	37	117

이때 Hara가 제안한 모델을 利用하였을 때의 交通量 分布는 Table(3-2)와 같고, 이의 χ^2 檢定을 실시하면 自由度가 5이므로 有意水準 0.05에서 χ^2 限界値는 11.070이나 χ^2 檢定値는 35.878로 범위를 벗어나게 된다.

그러나 2章에서 構成한 모델을 利用하는 경우에는 入出港 結合率 (i, j) 中에서 $(1, 4)$ 및 $(4, 1)$ 의 結合率을 미리 안다면 Table(3-3)의 分布를 推定할 수 있고, 이때 χ^2 檢定値는 4.710(自由度 3에서 χ^2 限界値 7.815)이 된다. $(1, 4), (3, 2), (4, 1)$ 의 結合率을 안다면 Table(3-4)의 分布를

Table 3-8. Estimate of Trip Distribution under the 9 known Traffic Co-efficients

<i>j</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	총 일
<i>i</i>	인천	목포	여수	제주	군산	마산	충무	부산	울산	포항	삼일	총 일
1 인천	0	1,321	1,704	1,118	602	797	582	574	970	616	511	8,795
2 목포	1,156	0	991	894	567	750	548	541	913	580	482	7,422
3 여수	930	967	0	716	427	565	413	407	687	436	362	5,910
4 제주	942	978	761	0	437	573	425	417	704	447	371	6,058
5 군산	563	584	454	419	0	345	252	249	420	267	222	3,775
6 마산	741	769	598	552	344	0	333	328	553	351	292	4,861
7 충무	503	523	406	375	233	303	0	222	375	233	198	3,380
8 부산	531	551	429	396	247	326	238	0	397	252	209	3,576
9 울산	902	936	728	672	413	553	405	399	0	427	355	5,796
10 포항	566	583	457	422	263	347	254	251	422	0	223	3,793
11 삼일	473	490	382	352	219	290	212	209	353	224	0	3,204
	7,307	7,706	6,908	5,916	3,758	4,859	3,660	3,597	5,796	3,838	3,225	56,570

Table 3-9. Estimate of Trip Distribution under the 20 known Traffic Co-efficients

<i>j</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	총 일
<i>i</i>	인천	목포	여수	제주	군산	마산	충무	부산	울산	포항	삼일	총 일
1 인천	0	1,321	1,704	1,118	622	793	579	571	965	613	509	8,795
2 목포	1,156	0	991	894	564	751	549	541	914	580	482	7,422
3 여수	930	967	0	716	428	564	413	407	687	436	362	5,910
4 제주	1,091	947	762	0	425	557	407	402	679	430	358	6,058
5 군산	567	583	454	422	0	344	251	248	419	266	221	3,775
6 마산	711	756	598	552	343	0	337	332	561	356	295	4,861
7 충무	482	526	405	374	232	312	0	225	381	242	201	3,380
8 부산	509	556	428	395	246	331	242	0	402	255	212	3,576
9 울산	865	944	728	672	418	561	410	405	0	433	360	5,796
10 포항	543	592	457	421	262	352	257	254	429	0	226	3,793
11 삼일	453	494	381	352	218	294	215	212	358	227	0	3,204
	7,307	7,706	6,908	5,916	3,758	4,859	3,660	3,597	5,796	3,838	3,225	56,570

Table 3-10. Estimate of Trip Distribution under the 34 known Traffic Co-efficients

<i>j</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	총 일
<i>i</i>	인천	목포	여수	제주	군산	마산	충무	부산	울산	포항	삼일	총 일
1 인천	0	1,321	7,104	1,118	622	817	561	573	952	631	496	8,795
2 목포	1,156	0	988	906	563	745	551	538	916	576	483	7,422
3 여수	930	965	0	690	429	567	420	406	697	438	368	5,910
4 제주	1,091	949	739	0	421	557	412	411	685	431	362	6,058
5 군산	567	584	455	417	0	343	254	246	421	265	223	3,775
6 마산	741	770	599	550	342	0	335	326	556	349	293	4,861
7 충무	453	531	414	379	236	312	0	229	283	241	202	3,380
8 부산	514	553	427	403	244	324	244	0	403	251	213	3,576
9 울산	847	948	738	677	420	557	412	406	0	430	361	5,796
10 포항	572	587	457	420	260	345	255	243	424	0	224	3,793
11 삼일	436	498	387	356	221	292	216	213	359	226	0	3,204
	7,307	7,706	6,908	5,916	3,758	4,859	3,660	3,597	5,796	3,838	3,225	56,570

推 定 方 法	自由度	χ^2 値	χ^2 限界值	χ^2 檢定值
Hara 의 Model 을 이용한 推定值에 대한 χ^2 檢定	89	112.02		
9 개 港灣間 結合率을 알 때의 推定值에 대한 χ^2 檢定	80	308.82	101.879	56.703
20 개 港灣間 結合率을 알 때의 推定值에 대한 χ^2 檢定	69	89.39	19.196	
34 개 港灣間 結合率을 알 때의 推定值에 대한 χ^2 檢定	55	73.29	12.174	

Fig. 3-4. Results of χ^2 Test in Major 11 ports

4. 結 論

지금까지 入出港 隻數를 알고 있고 特定港灣間의 結合率을 事前調査에 의해 파악한 경우에나마지 모든 港灣間의 交通量 分布를 Entropy 概念을 도입하여 推定할 수 있는 모델을 제안하였고, 이 모델을 우리나라 한려수도와 主要 11 개 港灣에 대한 交通量의 觀測結果와 比較한 結果, 그 有效性이 확인되었다.

이 모델의 主要制約條件으로서, 時間, 經費 및 觀測의 容易性 等을 고려하여 定期船의 運航이 많은 大規模 港灣間을 우선적으로 선택하여 가능한 한 不確定性을 배제하는 것이 바람직하고, 多數港灣間의 경우 船舶通航量이 많은 大規模 港灣을 선택하여 집중적으로 그 港灣의 O-D 調査를 하는 것이 精度를 높일 수 있는 길이라 생각된다.

다른 方法으로서는 推定對象海域에 대한 過去의 데ータ로부터 χ^2 値를 計算하여, 이를 기준으로 觀測할 對象海域을 선정하는 것도 매우 바람직한 것으로 생각된다.

本 모델은 交通量뿐만 아니라 船腹量과 物動

量의 推定에도 利用될 수 있어 海上交通管制 및 情報시스템 구축에 核이 되는 알고리즘의 하나로서 그 活用度가 매우 클 것으로 기대된다.

參 考 文 献

- 林陽澤 : 統計學, 大英社, 1984.
- 韓國海洋大學 海事基礎科學研究所 : 해난사고 발발해역 항행선박판제방안 조사연구, 海運港灣廳, 1983.
- 原 潔 : 港間交通量分布を推定する方法, 日本航海學會論文集, 第52號, 1974.
- 李哲榮・文成赫・崔宗和・朴洋基 : 韓國沿岸의 海上交通流分析(1), 航海, 第18號, 1986.
- 平野・榎・萩野・嶋田 : 狹水道間交通係數, 日本航海學會論文集, 第48號, 1972.
- 藤井彌平・巻島 勉・原 潔 : 海上交通工學, 海文堂, 1981.
- R. B. Potts・R. M. Oliver : Flows in Transportation Networks, Academic Press, 1972.
- P. O'sullivan・G. D. Holtzclaw・G. Barber : Transport Network Planning, Croom Helm, 1979.



港灣關聯問題의 시스템的 考察

〈I〉 釜山港 物流시스템의 實態分析

李 哲 榮* · 文 成 赫*

A Systematic Approach to Port related Problems

〈I〉 An Analysis on the Actual Condition of physical
Distribution System of Pusan port

Cheol-Yeong Lee · Seong-Hyeok Moon

Abstract		目 次
1. 序 論		次
2. 港灣의 生産性과 物流시스템		3. 2 CONTAINER貨物
3. 大宗貨物別 生産性分析		3. 3 大宗貨物
3. 1 入出港支援システム		4. 結 論
		参考文獻

Abstract

From the viewpoint of physical distribution, the port transport process can be regarded as a system which consists of various subsystems such as navigational aids, quay handling, transfer, storage, information & management, and co-ordination with inland transport.

The handling productivity of this system is determined by the production level of the least productive subsystem. So, a productivity analysis on the flow of cargoes through each subsystem should be made in order to achieve efficient port operation.

The purpose of this paper is to analyze the productivity of each subsystem in Pusan port, and to bring forward problems and finally to draw up plans for their betterment.

Analyzed results on the productivity of each subsystem are as follows ;

i) It is known that the number of tugs with low HP should be increased by a few, the

number of tugs with medium HP is appropriate, and the number of tugs with high HP is in excess of that necessary.

- ii) In the case of container cargoes, it is found that the transfer and storage systems in BCTOC have the lowest handling capability, with a rate of 115%, leading to bottle-necks in the port transport system, while the handling rate of the storage and quay handling systems in general piers is in excess of the inherent capability.
- iii) In the case of the principal seaborne cargoes passing through general piers, there is found to be a remarkable bottle-neck in the storage system.

In the light of these findings, both the extension of storage capability and the extension of handling productivity are urgently required to meet the needs of port users. Therefore,

- iv) As a short-term plan, it is proposed that many measures such as the reduction of free time, the efficient application of ODCY, etc must be brought in and
- v) In the long-trun, even though the handling capability will accommodate an additional 960,000 TEU in 1991, the scheduled completion date of the third development plan of Pusan port, insufficiency of handling facilities in the container terminal is still expected and concrete countermeasures will ultimately have to be taken for the port's harmonious operation.

In particular, the problem of co-ordination with inland transport and urban traffic should be seriously examined together in the establishment of the Pusan port developmnet. As a method of solving this,

- vi) It is suggested that Pusan port (North port) should be converted into an exclusive container ternimal and overall distribution systems to the other ports for treating general cargoes must be established.
- vii) And finally, it is also proposed that the arrival time (cut-off time) of influx cargoes for exports such as general merchandise and steel product should be limited, with a view to securing cargoes suitable for the operational capability of BCTOC.

I. 序論

最近, 輸出物量의 擴大 및 海運·港灣의 環境變化로 인하여 港灣에 對한 需要是 급격하게 增大되고 있고, 그 質的인 內容에도 많은 變化가 要求되고 있을 뿐만아니라 이러한 흐름은 港灣關聯產業에도 영향을 미쳐 港灣關聯산업의 재편 또는 大規模화의 必要性 또한 擡頭되고 있다. 한편, 港灣機能은 그 港灣이 立地하고 있는 都市機能과의 사이에도 密接한 關聯性이 있어서 都市機能과 港灣機能 사이에는 現實的으로 많은 不調和 現象이 派生되고 있으므로, 都市機能과 港灣機能을 綜合的인 觀點에서 다루지 않으면 안되는 時點에 있다. 이에 따라, 이제는 港灣에 發生하는 問題들을 港灣만의 問題로 限定하여 問題解決方案을 마련하고자 하는 일은 現實的으로 別 意味가 없게 되었으며, 다루고자하는 問題의 境界와 環境을 잘 區分하여 綜合的이고 體系的인 關點에서 港灣問題를 다룰 必要性이 매우 절실해지고 있다. 따라서, 港灣의 開發이나 港灣에 關聯된 問題의 解決에는 시스템的인 觀點에서 接近하는 일이 매우 自然스러우며, 本 研究에서도 港灣問題를 시스템的인 接近方法에 依하여 다루어 가고자 한다.

港灣은 그 自體로는 港灣시스템으로 정리할 수 있으며, 이 시스템의 副次시스템으로 物流(Physical distribution)에 基礎를 둔 物流시스템이 存在할 수 있고, 外部的으로는 都市시스템과 階層 또는 平行的인 시스템으로 位置하고 있다. 그리고, 나아가서는 廣域的인 意味의 社會시스템, 國家시스템의 要素로서 港灣시스템이 位置하게 된다. 따라서, 港灣시스템의 問題는 이러한 總合的인 觀點에서 階段的으로 接近하고자 하는 것이 本 研究에서 目的으로 하는 內容이다. 그러므로, 本 研究에서는 下位에 存在하는 시스템으로부터 出發하여 順次的으로 上位의 시스템으로 發展하는 順序를 밟아 港灣問題를 다루고자 하며, 먼저 釜山港을 中心으로 物流시스템의 觀點에서 港灣問題를 分析해 보기로 한다.

2. 港灣의 生產性과 物流시스템¹⁾

港灣은 物流基礎施設의 하나로서, 그 터미널 機能을 通해 生產과 消費를 連結하는 流通活動을 遂行하고 있다. 流通活動은 一般的으로 商流와 物流로 나눌 수 있으며, 港灣은 貿易이나 國內의 商行爲 등의 商流活動과 더불어 財貨 및 서어비스의 移動으로서의 物流活動이 함께

遂行되는 곳이라고 할 수 있다. 따라서 港灣物流란 항만에 있어서의 이러한 物流活動을 그 내용으로 하는 것으로 港灣이 지니고 있는 터미널 機能을 利用하여 港灣을 경유하는 財貨에 대하여 供給者로 부터 消費者에 이르기 까지 存在하고 있는 時間的, 空間的인 隔離를 効果적으로 克服하기 위한 物理的인 經濟活動이라고 할 수 있을 것이다. 그러므로, 港灣物流는 이른바 環境順應型의 物流에 屬하는 것으로 港灣을 경유하는 財貨의 効用, 즉 經濟的인 價值를 增大시키는 것을 그 주된 內容으로 하고 있으며, 이러한 財貨를 必要로 하는 場所 및 時間에 저렴한 費用으로 提供하는 것을 目的으로 하고 있다. 이러한 性質은 港灣이 遂行하고 있는 仲介的인 機能으로 부터 쉽게 類推할 수 있는 것으로, 港灣物流는 港灣 그 自體에 미치는 影響보다는 港灣背後地의 經濟發展과 物價安定, 그리고 窮極的으로는 企業의 安定的인 發展과 國民經濟의 繁榮에 미치는 영향이 크다는 점에서 企業水準의 物流와는 次元을 달리하는 것이라고 할 수 있다.

한편, 港灣物流는 基本的으로 輸送, 保管(또는 賯藏), 包裝, 荷役 및 情報의 5 가지 機能

