KFKI-1980-116

К. ТАРНАИ

ПРИБЛИЖЕНИЕ К АНАЛИЗУ СЕТЕЙ ЭВМ СО СТОРОНЫ ТЕОРИИ ИГР

Hungarian Academy of Sciences

CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS

BUDAPEST

KFKI-1980-116

ПРИБЛИЖЕНИЕ К АНАЛИЗУ СЕТЕЙ ЭВМ СО СТОРОНЫ ТЕОРИИ ИГР

Каталин Тарнаи

Центральный институт физических исследований
H-1525 Будапешт 114, П/Я 49, Венгрия

Международная научная конференция "Основные проблемы применения математических методов и вычислительной техники", Ханой, Вьетнам, 5-12 апреля 1979 г.

HU ISSN 0368 5330
ISBN 963 371 760 4

АННОТАЦИЯ

В настоящей статье обсуждаются сети ЭВМ с помощью теории игр. Элементарные модели основываются на описании в качестве матричной игры топологии, аллокации емкости каналов, протоколов и измерительных мониторов.

ABSTRACT

The report represents computer networks with the help of the theory of games. The elementary models are based on the matrix-game description of topology, allocation of channel capacity, protocols, and measuring monitors.

KIVONAT

A report a számitógépes hálózatok játékelméleti tárgyalását mutatja be. Az elemi modellek a topológia, csatorna kapacitás allokálás, utképzés, protokollok és mérőmonitorok mátrixjátékként való felirásán alapulnak.

I. МОДЕЛИ СЕТИ ЭВМ

I.I. Требования

Хорошо составленная современная модель является основой планирования сетей ЭВМ и их эффективного использования. Модели могут быть разделены на две группы:

- Модлеирование единственной конкретной сети
- Проблемно-ориентированное моделирование

Что является недостатком этих моделей?

- Они не пригодны для комплексных исследований
- Данные модели не могут быть распространены на большие сети ЭВМ

Целью доклада является ознакомление с такой комплексной моделью, которая устраняет вышеописанные недостатки.
Выдвижения целей:

1. Построить комплексную модель из элементарных моделей
2. Описание элементарных моделей должно быть единым
3. Единым языком элементарных моделей пусть будет теория игры.
4. Элементарные модели записываются на основании физического эффекта.
5. Комплексная модель записывается в качестве пертурбации элементарных моделей.
6. Модели должны учитывать современные технические средства.
7. Избираются только такие параметры модели, которые могут быть измерены.

I.2. ОСНОВНЫЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ МЕЖДУ СЕТЬЮ ЭВМ И ИГРАМИ

Цель доклада моделировать сети ЭВМ как стратегические игры, основанные венгерским математиком Нейманом когда он писал работу под названием: "к теории стратегических игр". Цель данной теории игр дать ответ на следующий вопрос:

Пусть n игроков, они играют данную стратегическую игру: как должен действовать отдельный игрок, чтобы добиться по возможности наиболее благоприятного результата?

Цели и интересы игроков обычно противоположны. Каждый игрок хочет обеспечить преимущественный исход игр при данных правилах.

Итак, конфликты и противоположности характеризуют стратегические игры.

Кратко анализируется основные параллельности между сетью ЭВМ и играми. Конфликты характеризуют игры.

Название игры зависит от числа игроков. Например, игра двух игроков значит играют два человека. Игроком может быть не только лицо или компания, но и случайный механизм. И игроки образуют коалицию.

Игра n - лиц в нормальной форме:

$$\Gamma=\{ \Sigma_1,\dots,\Sigma_n ;\ A_1,\dots,A_n \}$$

Где Σ_i $i=1,\dots,n$ не пустое множество, множество стратегий игроков $1,2,\dots,n$

A_i $i=1,2,\dots,n$ функция выигрышей игроков $1,2,\dots,n$

Одна группа игроков образует коалицию, значит коалиция участвует в игре как один единственный игрок. В случае коалиционной игры - оптимальная коалиция и правдивый дележ играет центральную роль.

Игра коалиции:

$$\Gamma_K=\left\{ \underset{\nu\in K}{\times} \Sigma_\nu,\ \underset{\nu\in\Omega-K}{\times} \Sigma_\nu ;\ \underset{\nu\in K}{\times} A_\nu,\ \underset{\nu\in\Omega-K}{\times} A_\nu \right\}$$

где Ω - множество игроков

K - любоке подмножество множеств

Коалиция κ учитывается как один из игроков, противокоалиция $\Omega - \kappa$; другой игрок

$\times\Sigma_\nu$ произведение - множество стратегий

$$\Sigma_{n1} \times \ldots \times \Sigma_{ns} = \underset{\nu \in \kappa}{\times} \Sigma_\nu$$

$\times A_\nu$ произведение - множество функции выигрышей

Можно доказать, что каждая игра n-лиц довести назад до игры двух лиц, потому что далее мы ищем параллельности между сетью ЭВМ и игрой двух лиц.

Если мы анализируем сеть ЭВМ как игру двух лиц, тогда возникает вопрос какими элементами могут быть осуществлены конфликты и что имеет интересы противоположные?

<u>I-ая группа конфликтов</u>

I-ый игрок	2-ой игрок
Один пользователь	другой пользователь
Один пользователь	коалиция других пользователей
Одна коалиция пользователей	другая коалиция пользователей

<u>2-ая группа конфликтов</u>

I-ый игрок	2-ой игрок
Один пользователь или коалиция пользователей	проектировщик сети ЭВМ
Один пользователь или коалиция пользователей	эксплуататор сети ЭВМ
Один пользователь или коалиция пользователей	монитор сети ЭВМ
Один пользователь или коалиция пользователей	почта как база передачи данных

3-ая группа конфликтов

I-ый игрок	2-ой игрок
Специальная сеть ЭВМ /несколько сот передвижных ЭВМ оснащенных антенной передатчика-приемника/	"Противник", пытающийся уничтожить действие сети

2. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ МОДЕЛИ

Модель состоит из следующих элементарных моделей:

1. Топология
2. Алокация емкости каналов
3. Маршрутизация
4. Протоколы
5. Измерения, мониторы

2.1. ТОПОЛОГИЯ

К данному множеству узлов относятся различные топологические конфигурации взависимости от множества связей узлов.

Техническое осуществление:

- цепь
- звезда
- петля
- дерево
- решетка
- распределенная сеть
- полностью распределенная сеть

Локальные параметры:

- множество узлов
- множество связей

Глобальные параметры:

- среднее время задержки
- стоимость
- матрица требований
- емкость каналов

Стратегия первого игрока:

- интенсивность движения

Стратегия второго игрока:

- матрица требования

Элементы выигрышной функции:

- среднее время задержки или стоимость

Матрица требования

$$R \triangleq \{ r_{ij} \}$$

где

$$r_{ij} = \gamma_{ij} / \mu$$

γ_{ij} число сообщений из i в j в секунду

$1/\mu$ средняя длина сообщения

Функция выигрышей

$$D_i = d_i(C_i) \qquad \forall i$$

где

C_i канальная емкость канала i.

Задержка в канале i:

$$T_i = \frac{1}{\mu C_i - \lambda_i}$$

где

λ_i - среднее число сообщений в канале i в секунду.

Средняя задержка, возникающая в полной сети

$$T = \sum_i \frac{\lambda_i}{\gamma} T_i$$

где

γ число сообщений, поступающих в сеть ЭВМ за 1 сек.

2.2. АЛОКАЦИЯ ЕМКОСТИ КАНАЛОВ

При сетях ЭВМ к каждому каналу предназначена емкость каналов. Эта модель определяет эти предназначения.

Техническое осуществление:

- Телефонная линия
- Радиосвязь
- Световод
- Искусственный спутник

Среда однородная или смешанная.

Локальные параметры модели:

- емкость каналов
- зависимость емкости-стоимости

Глобальные параметры модели:

- задержка
- пропускная способность

Стратегия первого игрока:

- интенсивность движения

Стратегия второго игрока:

- матрица требования

Элементы выигрышной функции:

- задержка

2.3. МАРШРУТИЗАЦИЯ

Алгоритм маршрутизации определяет маршрут сообщения от источника до цели, всегда указывая следующий узел.

Техническое осуществление:

- детерминированное
- адаптивное /чувствительна к изменению движения и к мгновенному состоянию сети/

Локальные параметры модели:

- длина таблицы маршрутизации
- длина пути
- задержка единственного сообщения

Глобальные параметры модели

- число узлов
- степень связи
- среднее время задержки
- пропускная способность
- емкость каналов
- емкость памяти узлов

Стратегия первого игрока:

- поток сигналов

Стратегия второго игрока:

- число узлов

Элементы функции выигрышей:

- минимальная длина пути
- длина таблицы маршрутизации

В случае иерархического рутинга минимальная длина таблицы

$$l=e.\ln N$$

если число иерархических уровней $\ln N$, число узлов N

Средняя длина пути

$$h=\frac{1}{N(N-1)}\sum_{s,t\in S}\sum h_{st}$$

где h_{st} кратчайший путь между узлами s,t

2.4. ПРОТОКОЛЫ

Протоколы предписывают правила создания и поддержания и прерывания правил связей.

Техническое осуществление:

- линейный протокол
- протокол двух конечных точек
- протокол потребителей

Организации стандартизации и производители ЭВМ определяют протокольные предписания.

Локальные параметры модели:

- пропускная способность
- ожидаемое значение экспоненциального распределения передачи пакетов
- вероятность переходного состояния протокола

Глобальные параметры модели:

- задержка
- топология
- емкость каналов
- алгоритм рутинг

Стратегия первого игрока:

- Ожидаемое значение экспоненциального распределения отмечающих пакетов

Стратегия второго игрока:

- Ожидаемое значение экспоненциального распределения передачи пакетов
- элементы выигрышной функции
- пропускная способность

Пропускающая способность протоколов

$$T_1 = \lambda_i \left[1 - \sum_{j=0}^{W_2} p(W_1, j) \right]$$

$$T_2 = \lambda_2 \left[1 - \sum_{i=0}^{W_1} p(i, W_2) \right]$$

где W_1 и W_2 размер /ширина окна
$p(i,j)$ вероятность того, что протокол находится в состоянии i,j.

2.6. ИЗМЕРЕНИЯ, МОНИТОРЫ

Измерения преследуют двойную цель:

а/. диагностика и детектирование отказов
б/. измерение мощности при различных нагрузках

Техническое осуществление:

- централизованная мониторная система
- распределенная мониторная система

Обычно, монитор, как особенная пара источников передает сообщения самому себе.

Требования выдвинутые к монитору:

- монитор измеряет все существенные параметры сети
- монитор незначительно влияет на действие сетей.

Локальные параметры модели:

- параметры монитора

Глобальные параметры модели:

- параметры сетей ЭВМ

Стратегия первого игрока:

- матрица требований

Стратегия второго игрока:

- частота взятия образцов монитором на различных точках сети
- элементы выигрышной функции
- задержка
- пропускаемая способность

3. ПРИМЕРЫ

Две характерных матрицы выигрышей сети будут представлены как наглядные образцы.

В первой группе игры играют пользователь сети ЭВМ и Почта. Элементы матрицы выигрышей: среднее время задержки.

У пользователя две стратегии:
- сообщение будет разложено на короткие пакеты;
- сообщение будет разложено на длинные пакеты.

У почты три стратегии:
Почта посылает пакеты

- в максимальнео движение
- в среднее движение
- в небольшое движение.

Игра созданная математически:

$$\Gamma = \{ \Sigma_1 , \Sigma_2 ; A_1 , A_2 \}$$

где Σ_1 стратегия пользователя

$$\Sigma_1 = \{ \sigma_1^{(1)} , \sigma_1^{(2)} \}$$

$\sigma_1^{(1)}$ сообщение из коротких пакетов
$\sigma_1^{(2)}$ сообщение из длинных пакетов
Σ_2 стратегия Почти

$$\Sigma_2 = \{ \sigma_2^{(1)} , \sigma_2^{(2)} , \sigma_2^{(3)} \}$$

$\sigma_2^{(1)}$ число пакетов, посланных во время максимального обмена
$\sigma_2^{(2)}$ число каетов, посланных во время среднего обмена
$\sigma_2^{(3)}$ число пакетов, посланных во время минимального обмена.

Элементы матрицы выигрышей

$$t_i = \frac{\lambda_i}{\gamma} \left[T_i + \kappa \right]$$

где К время обработки в процессоре узла.

Игроки второй матрицы выигрышей сети ЭВМ: один пользователь сети ЭВМ и монитор сети: Элементы матрицы: - мгновенные величины производительности.

Множество стратегий монитора:

- возможное время сканирования.

Множество стратегий пользователя:

- максимальное время задержки.

$$\Gamma = \{ \Sigma_1, \Sigma_2; A \}$$

пусть будет матричная игра. конечная игра двух лиц с нулевой суммой,

$$\Sigma_1 = \{ \sigma_1^{(1)}, \ldots, \sigma_1^{(m)} \}$$

где

$$\Sigma_2 = \{ \sigma_2^{(1)}, \ldots, \sigma_2^{(n)} \}$$

В случае смешанных стратегий:

$$\tilde{\Gamma} = \{ \tilde{\Sigma}_1, \tilde{\Sigma}_2; E \}$$

где $\tilde{\Sigma}_1$ множество всех смешанных стратегий первого игрока

$\tilde{\Sigma}_2$ множество всех смешанных стратегий второго игрока.

Стратегии первого игрока $X=(x_1,\ldots,x_m)$

Стратегии второго игрока $Y=(y_1,\ldots,y_n)$

Выигрыш:

$$E(X,Y) = \Sigma\Sigma A(\sigma_1^{(i)}, \sigma_2^{(j)})\, x_i y_j$$

Цена игры

$$v = \max_{X\in\tilde{\Sigma}_1} \min_{Y\in\tilde{\Sigma}_2} E(X,Y) = \min_{Y\in\tilde{\Sigma}_2} \max_{X\in\tilde{\Sigma}_1} E(X,Y)$$

Какие являются оптимальными смешанными стратегиями?

Оптимальные смешанные стратегии первого игрока являются решениями ниже приведенной линейной системы неравенства:

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{m} A(\sigma_1^i,\ \sigma_2^j)\ x_i \geqq v & j=1,\dots,n \\ x_i \geqq 0 & i=1,\dots,m \\ \sum\limits_{i=1}^{m} x_i = 1 & \end{cases}$$

4. ВЫВОДЫ

Из легко создаваемых элементарных моделей простым образом можно составить одну из частей комплексной модели. В случае, если стратегии однородны, то взаимодействие может быть записано как пертурбация и таким образом имеем возможность получить дифференциальную игру. Более сложно учитывать взаимодействия в случае стратегий разнородного характера. В таком случае, в первую очередь, необходимо записать зависимость между вдумя стратегиями. Таким образом в комплексную модель можно встроить все элементарные модели.

Преимуществом метода является то, что упрощенные элементарные модели записываются как матричная игра, а более сложная, динамичная комплексная модель является дифференциальной игрой, полученной путем пертурбации матричной игры.

Комплексная модель дает хорошую аппроксимацию локального и глобального поведения сети ЭВМ.

63.100

Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Törő Ferenc
Szakmai lektor: Reznyikov Garij
Nyelvi lektor: Reznyikov Garij
Példányszám: 345 Törzsszám: 80-673
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Nagy Károly
Budapest, 1980. november hó