IMPROVED MIXED INTEGER NONLINEAR PROGRAMMING MODELS OF INTERNET PRICING SCHEME UNDER MULTIPLE QOS NETWORK

Fitri Maya Puspita
(Matric No. 4090092)

Thesis submitted in fulfillment for the degree of
DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Faculty of Science and Technology
UNIVERSITI SAINS ISLAM MALAYSIA
Nilai

January 2015

AUTHOR DECLARATION

I hereby declare that the work in this thesis in my own except for quotations and summaries have been duly acknowledged.

Date: 24th February 2015 Signature

Name : Fitri Maya Puspita

Matric No : 4090092

Address : A-03-08 Desa Jati Apartment

Nilai Negeri Sembilan, 71800

BIODATA OF AUTHOR

Fitri Maya Puspita is a Ph.D student in Universiti Sains Islam Malaysia under Faculty of Science and Technology with matric No 4090092. She is Indonesian with Passport No A3422611 and currently resides at A-03-08 Desa Jati Apartment Nilai, Negeri Sembilan 71800. She has been lecturing for the past 15 years on applied mathematics courses especially on the field of optimization problems in her home town public university in Sumatera Selatan, Indonesia. In the past 5 years, she is focusing more into developing model formulation of internet pricing in multiple class QoS network.

ACKNOWLEDGEMENT

At the first place I would like to record my gratitude to my supervisor, **Prof. Dr. Kamaruzzaman Seman** and my co-supervisor **Prof. Dr. Bachok M. Taib** for their supervision advice and guidance from the very early stage of this research as well as giving me extra ordinary experience throughout the work. Out of all they have provided me unflinching encouragement and support in various ways. Their constant assistance of idea inspires and enriches my growth as a student and as a researcher. I am indebted to them more than they know.

I also get assistance from committee member **Assoc. Prof. Dr. Zurina Shafii** for her support and discussion during my work. I am very thankful for her help during this study.

I would like to gratefully acknowledge the whole Islamic Science University Malaysia for giving me a status as a student and also provide the best facility in the university.

Where would I be without my family? My husband, **Muhammad Amran, S.Si** deserves special mention for his support, prayers and love during my tough life studying here alone. My twins, **Amya Bunga Fathiyah** and **Anya Bunga Fakhriyah** support their mother to complete the study well. My mother **Marheni Zaini,** my father **Muhammad Zaman Gaus**, my father in law **Somaddin** and my mother in law **Juaidah** who support me with abundant love and prayers and also by helping my husband to take care of my twins for the whole time since I was being away from my home town. I am very happy to have them all in my life. I dedicated this thesis to them all.

It is my pleasure to thank my colleague at Network Research Laboratory, **Wan Nourul Akmal Binti Abd Aziz**, for our best time in sharing the difficulty and happiness while I am living here. Heartfelt appreciations to MIS Scholarship that gave me sponsorship from year 2010-2013, LPDP Kementrian Keuangan RI for thesis financial aid assistance from year 2014-2015 as well as FRGS research grant 2011-2013 for supporting the financial part of this research.

Finally, I would like to thank everyone who was important to the successful realization of this thesis.

ABSTRAK

Oleh sebab internet menjadi semakin kritikal dalam bidang ekonomi, Pembekal Perkhidmatan Internet (ISP) masa kini berhadapan dengan permintaan yang tinggi bagi mempromosikan maklumat yang berkualiti baik. Walaupun pengetahuan berkenaan pembangunan pelan harga baru yang memberi layanan kepada pelanggan dan pembekal telah diketahui umum, namun, ianya hanya beberapa pelan harga yang melibatkan pelbagai rangkaian. Penyelidikan ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisa skema-skema harga bagi pelbagai rangkaian dan merumuskan pelan harga baru yang berfungsi secara dinamik dibawah pelbagai rangkaian QoS. Skema-skema harga yang dicadangkan adalah merujuk kepada pertimbangan syarikat-syarikat komunikasi terhadap rangkaian berwayar dan kelebihan-kelebihan skema-skema harga adalah bergantung kepada perspektif syarikat-syarikat komunikasi untuk memaksimumkan keuntungan mereka. Objektif kajian ini adalah untuk merumuskan skema harga baru yang lebih optimum berdasarkan pelbagai rangkaian QoS, mencadangkan skema harga tersebut yang memberi tawaran harga yang lebih baik yang mana dapat meningkatkan jumlah pelanggan dan memberi keuntungan kepada syarikat-syarikat komunikasi dan juga menentukan penyelesaian yang optimum bagi setiap skema harga internet berdasarkan pelbagai perkhidmatan dan rangkaian QoS . Analisis ini terbahagi kepada dua bahagian iaitu skema harga baru bagi pelbagai rangkaian perkhidmatan dan bagi pelbagai rangkaian QoS. Bagi setiap rangkaian, pendekatan yang terbaik digunakan dengan pemodelan skema-skema tersebut kepada MINLP dan diselesaikan secara berangka menggunakan aplikasi perisian LINGO 11.1. Matlamat ISP adalah untuk memaksimumkan keuntungan seperti untuk pemulangan semula kos disamping mempromosikan perkhidmatan tertentu, pemulangan semula kos disamping pengguna yang bebas memilih perkhidmatan, untuk bersaing dalam pasaran disamping pengguna yang bebas memilih perkhidmatan atau untuk bersaing dalam pasaran disamping mempromosikan perkhidmatan tertentu. Penyelesaian-penyelesaian daripada MINLP selari dengan matlamat yang ditetapkan ISP. Model yang ditambah baik ini telah dirumuskan dalam bentuk MINLP dan telah diselesaikan menggunakan LINGO 11.0. Cadangan model harga internet baru yang ditambah baik ini berfungsi dalam pautan tunggal perkhidmatan pelbagai rangkaian, pautan pelbagai perkhidmatan pelbagai rangkaian, pautan tunggal rangkaian QoS pelbagai kelas dan juga pautan pelbagai rangkaian QoS pelbagai kelas. Ia menunjukkan bahawa dengan mempertimbangkan parameter-parameter baru, keputusan boleh ubah dan kekangan, pendapatan yang lebih maksimum telah diperolehi. Kes-kes seperti penetapan harga asas dan kualiti premium sama ada perlu tetap atau berubah adalah bergantung pada strategi ISP untuk mengubahnya mengikut keutamaan bagi mencapai matlamat mereka. ISP boleh menggunakan kes-kes tersebut untuk disesuaikan dengan matlamat mereka. Penyelesaian-penyelesaian bagi model baru harga internet yang dipertingkatkan dalam kelas pelbagai rangkaian QoS menunjukkan bahawa model yang telah dipertingkatkan ini mempamerkan keputusan yang baik (perbandingan nilai keuntungan sebanyak 0.13 sehingga 40.8 bagi setiap kes) berbanding keputusan asal yang dicadangkan oleh kajian sebelum ini. Keputusan ini menyumbang kepada keuntungan yang maksimum kepada ISP.

ABSTRACT

As internet is becoming critical in economics life, Internet Service Providers (ISPs) now deal with high demand to promote good quality information. Although the knowledge to develop new pricing plans that serve both customers and supplier is known, only a few pricing plans involve multiple networks. This research seeks to study and analyze pricing schemes for multiple networks and formulate new pricing plans that can dynamically work under multiple QoS networks. The pricing schemes proposed are based on telcos concerns on wired networks and the advantages of new pricing schemes are under telcos' perspective to maximize their profits. The objectives are to formulate the new optimal pricing schemes under multiple QoS networks, propose the pricing schemes offer better pricing that can enhance the customers and make advantages to telcos and determine the optimal solution for each internet pricing scheme under multi service and multi QoS networks. The analysis is divided into two parts; the new pricing schemes for multi service networks and for multi QoS networks. For each network, the optimization approach is used by modeling the schemes into MINLP and is solved numerically by application software LINGO 11.0. The goals of ISP are to maximize the profit such as to recover cost while promoting certain service, recover cost while user can select service, to have market competition while user can select the service or to have market competition while promote certain services. The MINLP solutions show the intended ISP's goals. The improved models were formulated as MINLP and were solved using LINGO 11.0. The proposed new improved internet pricing models work in single link multi service network, in multi link multi service network, in single link multi class QoS netowrks and also in multi link multi class QoS network. It is shown that by considering new parameters, more decision variables and constraints, better revenue maximization were obtained. The cases to set up the base price and the quality premium to be fixed or to vary basically are ISP's strategy to vary its preference to achieve their goals. ISP is able to adopt the cases to suit their goals. The solutions of new improved model of internet pricing in multi class QoS networks show that the improved models exhibited better results (the difference profit value is about 0.13 to 40.8 for each case) compared to original results proposed by past research. The results contribute the maximum profit for ISPs.

ملخص البحث

فلم تقوم من خلال العولمة المؤسسات المتعددة، نحو التجاري والسياسي، ويتبع ذلك الجوانب الاجتماعية والثقافية وكل هذه المؤسسات تؤدي إلى حرجة شبكة الإنترنيت للحياة الاقتصادية في هذا العصر. بذلك، الآن "موفر خدمة إنترنت (ISPs) " تتعامل مع ارتفاع الطلب لتعزيز المعلومات ذات النوعية الجيدة. وبالرغم أن هناك المعرفة لوضع خطط التسعير الجديدة لخدمة كلا الممون والمستخدم على حد سواء، ولكن لا يكون إلا عدد قليل من خطط التسعير التي تنطوي على شبكات متعددة. ويسعى هذا البحث إلى دراسة وتحليل خطط التسعير للشبكات متعددة وصياغة خطط التسعير الجديدة التي تمكن أن تعمل بشكل ديناميكي تحت شبكات جودة الخدمة المتعددة. وستكون خطط التسعير المقترحة بناء على الاهتمام من الشركات الاتصالات للشبكات السلكية ومميزات خطط التسعير الجديدة تحت منظور شركات الاتصالات لزيادة أرباحهم. تمثل الأهداف لهذا البحث في صياغة خطط التسعير المثلى الجديدة تحت شبكات جودة الخدمة متعددة، واقتراح لتقديم أفضل خطط التسعير التي تمكن أن تعزز الممون، وتعطي لشركات الاتصالات المميزات الخاصة وتحديد الحل الأمثل لكل نظام التسعير الإنترنت تحت شبكات جودة الخدمة المتعددة وخدمة شبكات متعددة. ويقسم الباحث التحليل إلى قسمين : خطط التسعير الجديدة لشبكات الخدمات المتعددة و خطط التسعير الجديدة لشبكات جودة الخدمة المتعددة. ويستخدام النهج الأمثل لكل الشبكة عبر اقتداء المخططات في MINLP ويتم الحل عدديا بتطبيق البرمجيات LINGO 11.0. وأهداف "ISP هي لتحقيق أقصى الربح من حيث استرداد التكلفة بينما تعزز خدمة معينة، واسترداد التكلفة والمنافسة في السوق حين يمكن المستخدم اختيار الخدمة، أو أن يكون المنافسة في السوق في حين ترويج الخدمة المعينة. وتبين الحلول MINLP الأهداف المقصودة لISP . قد صيغت الموديلات المحسنة نحو MINLP وتم حلها باستخدام LINGO 11.0. وهذه نماذج التسعير الإنترنت المتحسنة الجديدة المقترحة تقبل أن تعمل في رابط واحد شبكة خدمات متعددة، وفي وصلة متعددة شبكة خدمات متعددة، في وصلة واحدة متعددة جودة الخدمة من الدرجةوأيضا في الارتباط متعددة الطبقة متعددة شبكة جودة الخدمة. وتبين أن الحص ول على أفضل الإيرادات تمت بالنظر إلى المعايير الجديدة والمزيد من متغيرات القرار والقيود. والقضايا التي يستخدم لإعداد السعر الأساسي والجودة المتميزة لتكون ثابتة أو متغيرة أساسا هي استراتيجية ISP كي تكو تفضيلها متنوعة لتحقيق أهدافهم. وISP قادرة على الاعتماد بالحالات لتناسب أهدافهم. والحلول من نموذج الجديد المتحسن لتسعير طبقات العديدة لإنترنت في شبكات جودة الخدمة تظهر أن النماذج المحسنة أظهرت نتائج أفضل (قيمة الفرق ربح حوالي 0.13 إلى 40.8 لكل حالة) مقارنة النتائج الأصلية التي اقترحها الباحث الماضي. وتساهم النتائج أقصى الربح لمزودي خدمات الإنترنت.

CONTENT PAGE

CHAPTER III RESEARCH METHODOLOGY

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF APPENDICES

ABBREVIATION

DiffServ	Differentiated Services
ER	Elapsed Runtime
ESS	Extended Solver Steps
GMU	Generated Memory Used
ICT	Information and Communications Technology
IntServ	Integrated Services
ISP	Internet Service Provider
MINLP	Mixed Integer Nonlinear Programming
NP-hard	Non-deterministic Polynomial-time hard
OPCQP	Optimal Pricing, Capacity Location and QoS Problem
OPL	Optimization Programming Language
OPNET	Optimized Network Engineering Tools
PHBs	Per-Hop Behaviours
PMP	Paris Metro Pricing scheme
QoS	Quality of Service
RSVRP	Resource Reservation Protocol
SLA	Service Level Agreement
Telcos	Telecommunication companies
TSI	Total Solver Iterations