

学生番号	08232036	氏名	近藤 健司
論文題目	リンク重要度とトラヒックの通信品質との関連の調査に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットの普及拡大に伴い、ネットワーク接続ノードが増加し、大規模、複雑化しており、そのトポロジはスケールフリー性を有することが示されている。スケールフリーネットワークでは、ノード次数（接続リンク数）が冪乗分布にしたがう。これは、高次数ノードの接続リンクほど高利用率となる傾向があり、転送トラヒックの経路は一部リンクに集中すると考えられる。そこで、事前に集中リンクが判別できれば、負荷分散や省電力経路制御における対策が可能となる。

本研究では、トポロジ構造から一意に決まる各リンクの多重度/重要度を用いて、ネットワーク状況を推測することを目的とする。まず、先行研究で多重度/重要度と相関が高いリンク利用率についてその関係を確認する。その後、パケットロス率やノード転送遅延時間についても相関度合を調査し、リンク重要度がネットワーク状態を表す指標としての有用性を調査する。

2 リンク多重度/重要度

リンク多重度は、全ノードペア間にフローが存在することを仮定した場合の各リンクにおける論理的なフローの重なり数を表す値であり、トポロジ構造から一意に決まる。さらに、この多重度を全ノードペア数で正規化した値を重要度とし、以下で定義する。

$$\text{重要度} = \frac{\text{多重度}}{\text{全ノードペア数}} \quad (1)$$

リンク重要度と各種性能、すなわち、リンク利用率、パケットロス率、ノード転送遅延時間の相関関係を調査する。ここで、ノード転送遅延時間は、対象リンクに転送するノードにおける転送時間とする。

3 評価指標

重要度と各性能との相関関係の調査には、以下に示す相関係数を用いる。これは、2つのパラメータの相関の強さを示す値で、一方の値の増加に伴い他方も増加する場合は正の相関が、逆の場合は負の相関があることになり、-1~1の間の値を取る。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

\bar{x} , \bar{y} は平均値であるため、相関係数は共分散をそれぞれの標準偏差で割ったものになる。相関係数が 0.7 以上であれば強い相関があるといえる。

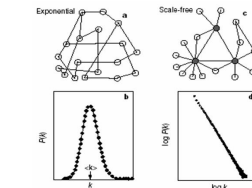
4 シミュレーションモデル

スケールフリーネットワークとして BA(Barabasi-Albert) モデル、ランダムネットワークとして Waxman モデルを仮定し、NS-2(Network-Simulation Ver.2) によるシミュレーションにより評価する。それぞれ最低次数 2, 平均次数 3.94, リンク帯域 100[Mbps] とする。ノード数は 100~500 とする。トラヒックモデルは、1000[byte] の UDP パケットを CBR で送信する。トラヒック量の影響調査のため、各ノードがランダムに宛先として選ぶノード数は 10~100 とする。

5 シミュレーション結果と考察

5.1 トラヒック量の影響

図 2 に宛先ノード数が 20 の時 (赤) と 50 の時 (青) のリンク重要度とノード転送遅延の関係を示す。重要度が高いほど遅延は発生しやすく、特にある重要度を境に遅延が顕著となる。相関係数は宛先ノード数が 20 のとき 0.69, 50 のとき 0.77 となり、トラヒック量を増やすと遅延も増加し、相関度合も高くなる。



スケールフリーネットワークとランダムネットワーク
http://biomol.gifu-u.ac.jp/~mobio3/UnivMoneyNet2.pdf

図 1: トポロジと次数分布

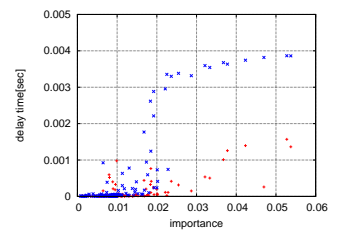


図 2: 重要度と転送遅延の関係

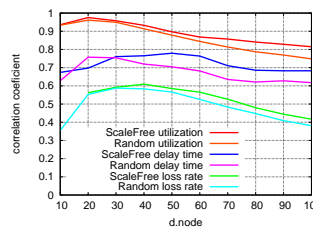


図 3: トラヒック量と相関係数

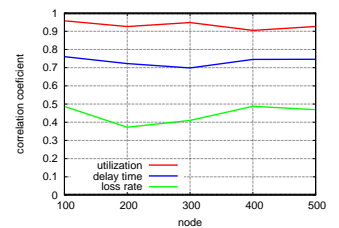


図 4: ノード規模の影響

スケールフリーネットワーク (図 1 右) とランダムネットワーク (図 1 左) における重要度と各性能の相関係数を図 3 に示す。横軸は各ノードからのトラヒック転送宛先ノード数、縦軸は相関係数である。

まず、リンク利用率との関係に着目すると、図 2 に相当するグラフでは線形に近く、相関係数は宛先ノード数 20 のとき 0.97 となり強い相関を示すことがわかる。トラヒック量の増加に伴い利用率も上昇し、重要度が高いリンクにおいては利用率が 100% となるため、相関係数は低下する。

次に、ノード転送遅延時間を見ると、転送遅延はほとんどのリンクに対して 0[sec] であるが、重要度が高いリンクにおいては遅延が発生する。トラヒック量の増加に伴い遅延は重要度が高いリンクを中心に増大し、トラヒック量が中程度の時に相関係数が最も大きくなる。その後低重要度リンクでも遅延が発生し、相関係数は低下する。

最後に、パケットロス率を見ると、トラヒック量が少ない場合は重要度が高いリンクのみで発生するため相関係数は低い。しかしトラヒック量の増加とともに重要度の低いリンクでもパケットロスが発生し、相関係数は宛先ノード数が 40 のとき最大で 0.6 を示す。その後は低重要度リンクのパケットロス率が増加するため、相関係数は低下する。

ランダムネットワークでも各性能に対して同様の傾向を示したが、スケールフリーネットワークと比較すると、全般的に相関係数が低くなる。また各性能共にトラヒック量が中程度のとき強い相関を示し、その後相関は弱まる傾向にある。以上より、重要度によるネットワーク状態の推測は、リンク利用率と、転送遅延のトラヒック量が中程度の場合において有用性が高いといえる。

5.2 ノード規模の影響

ノード規模と相関係数の関係を調査した結果を図 4 に示す。ネットワーク全体の平均リンク利用率が 20% であるが、各パラメータにおいて相関係数の変化は少なく、ノード規模による影響は少ないといえる。

6 まとめ

本研究ではネットワークにおける各リンクの重要度とリンク利用率、パケットロス率、ノード転送遅延との間の相関度合を調査した。特にリンク利用率とは強い相関を示した。スケールフリーネットワークにおいてはノード規模に影響を受けず、ランダムネットワークにおいてもやや相関は落ちるものの、トポロジ情報から一意に定まるリンク重要度を用いてリンク利用率や転送遅延が推測可能であることを示した。