

フラット形自律分散無線 ネットワークにおける クラスタ化経路制御

儲 未名, 渡辺伸吾, 鈴木 博
東京工業大学

フラット形と階層形

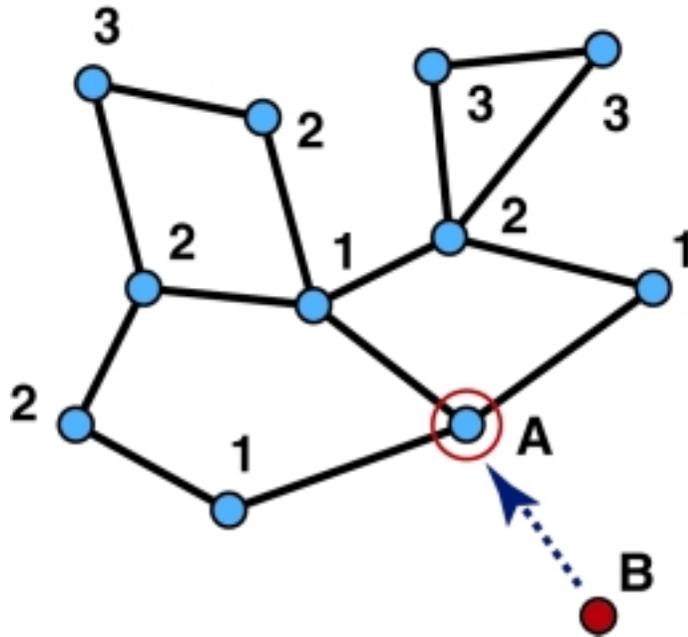
- 自律分散制御による無線ネットワーク構成
 - 階層形: リーダは特別な機能を必要とする.
 - フラット形: ノード全体の機能を若干高度化する必要がある.
- フラット形:
 - 比較的小規模のネットワークに適している.
 - 具体的な規模は明確でない
 - 各ノードは経路選択のために全ノードの情報を保持する必要がある. ⇒ メモリ, 情報交換の規模が大
 - ノード情報の簡単化を検討する必要がある.
 - ノード間のスループットなどが無線では変化する.
 - 経路選択アルゴリズムをその時点で最適化する必要がある.

本提案におけるクラスタ化フラット形 アドホックネットワークの形成順序

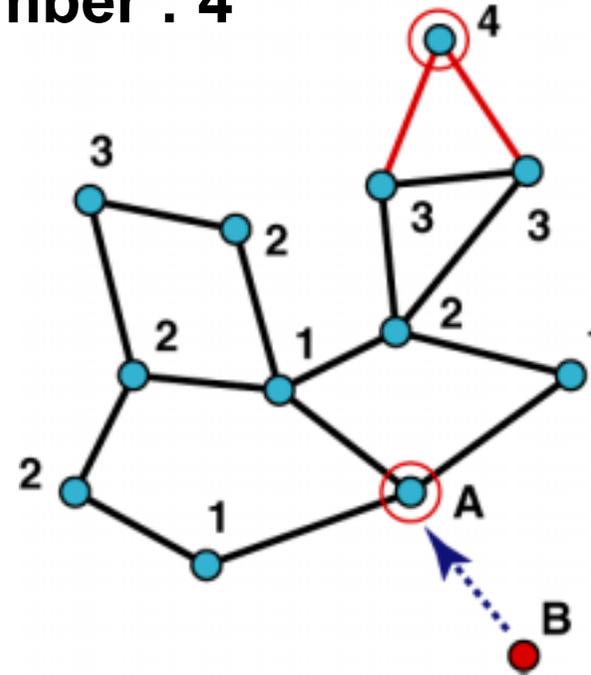
1. クラスタの形成
2. ホップ数(中継ノード回数)の測定および測定されたホップ数情報の伝達
3. クラスタ内のノード間平均スループットの測定および測定された平均スループット情報のクラスタ内伝達
4. 経路選択の**2**段階制御:
 - ホップ数に基づくアルゴリズム
 - 平均スループットに基づくアルゴリズム

クラスタ形成アルゴリズム

Limited hop number : 4

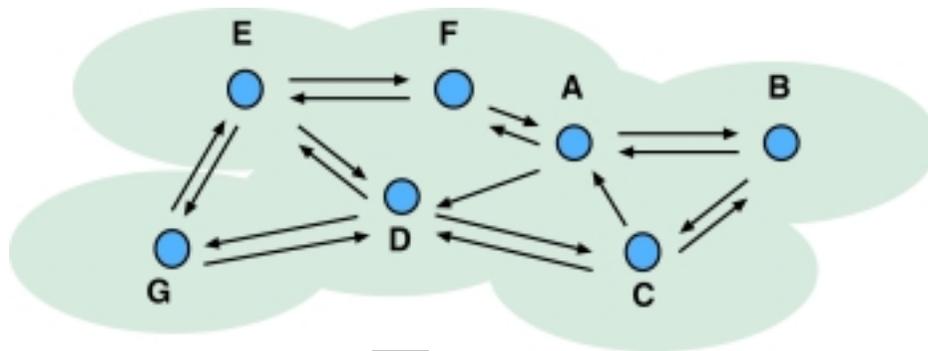


Accept new node B



Reject new node B

クラスタ内の回線品質を測定した例

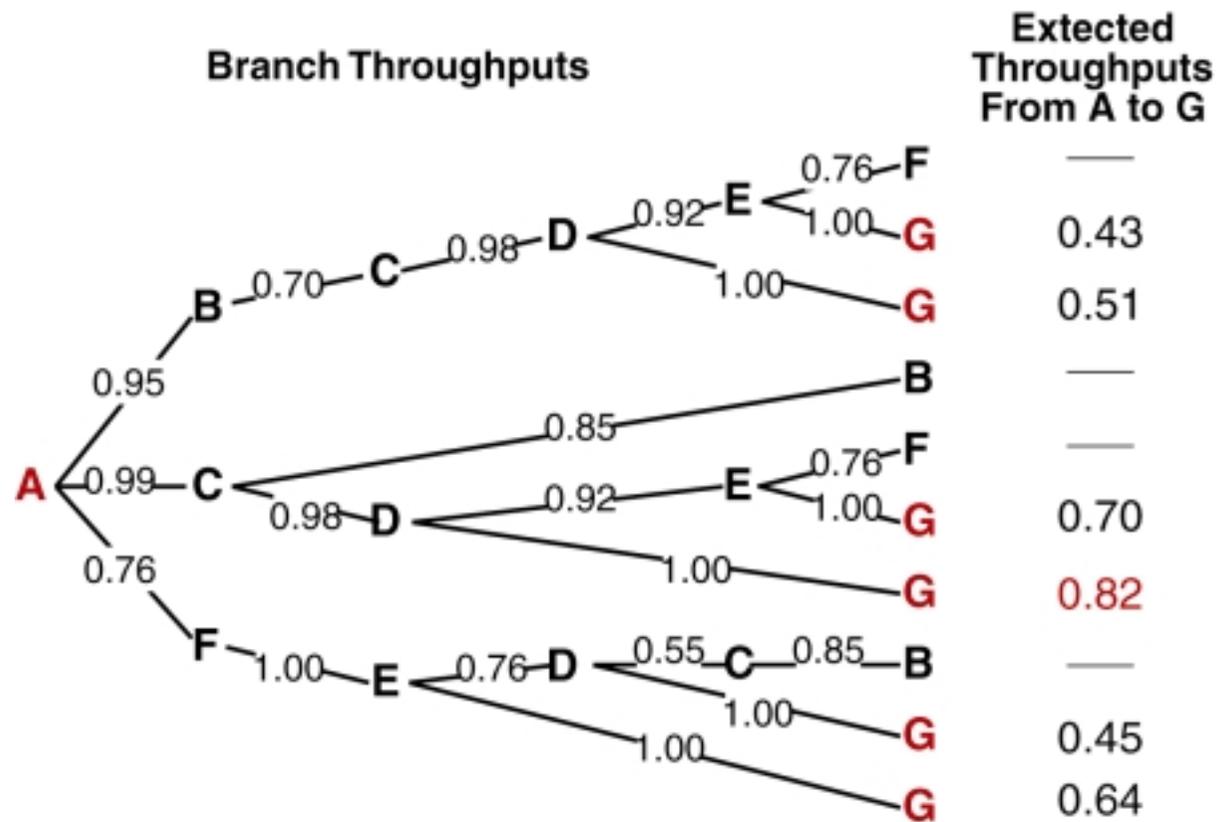


回線品質情報を相互に通知した結果をまとめたテーブル

		Transmitting Nodes						
		A	B	C	D	E	F	G
Receiving Nodes	A	1.00	0.95	0.75	0.00	0.00	0.76	0.00

		Receiving Node						
		A	B	C	D	E	F	G
Transmitting Node	A	1.00	0.95	0.99	---	---	0.76	---
	B	0.95	1.00	0.70	---	---	---	---
	C	---	0.85	1.00	0.98	---	---	---
	D	0.55	---	0.55	1.00	0.92	---	1.00
	E	---	---	---	0.76	1.00	0.76	1.00
	F	0.80	---	---	---	1.00	1.00	---
	G	---	---	---	1.00	1.00	---	1.00

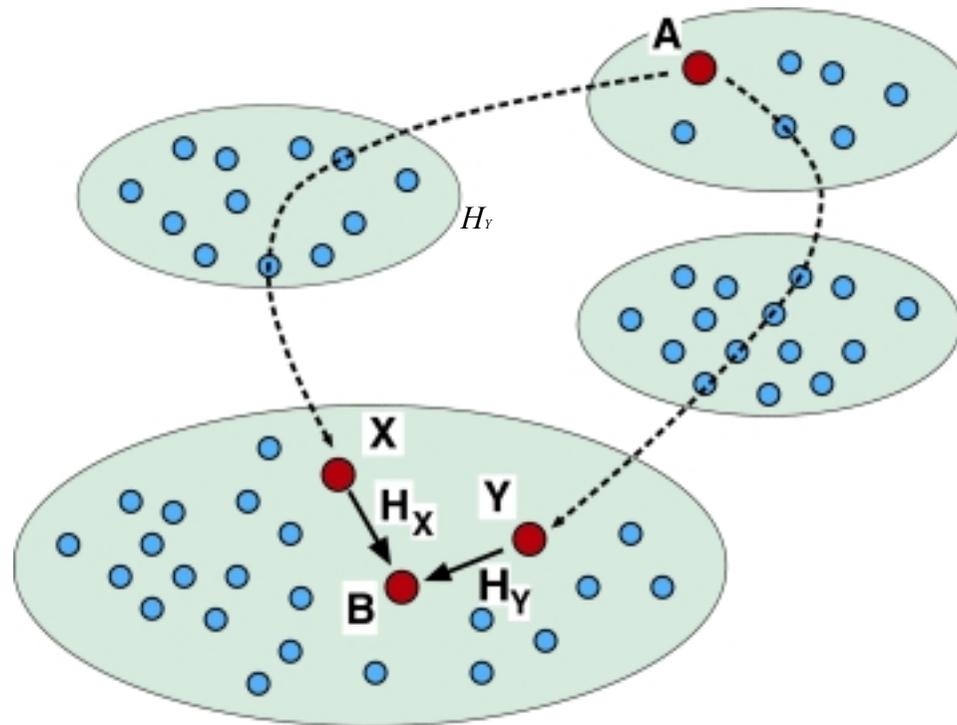
クラスタ内の経路の選択 (パケット損失の小さい経路)



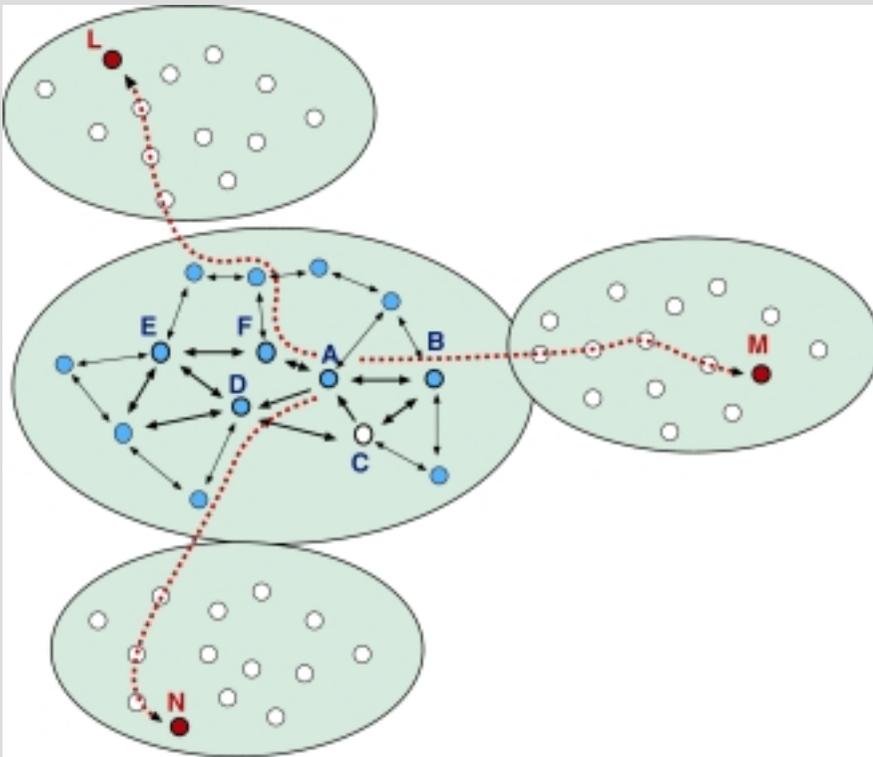
Result : A ⇒ C ⇒ D ⇒ G

異なるクラスタのノード間の ホップ数と経路選択

$A \rightarrow X: H_x$
 $A \rightarrow Y: H_y$
 $H_x < H_y$



ノードAにおける 回線品質情報の例



		Receiver Node						
		A	B	C	D	E	F	...
Transmitter Node	A	1.00	0.95	0.99	---	---	0.76	...
	B	0.95	1.00	0.70	---	---	---	
	C	---	0.85	1.00	0.98	---	---	
	D	0.55	---	0.55	1.00	0.92	---	
	E	---	---	---	0.76	1.00	0.76	
	F	0.80	---	---	---	1.00	1.00	
	:				:			...

Number of Nodes in The Group

Intra-cluster

⇒ 平均スループット

Destination Node	A	B	C	D	E	F	L	M	N		
Previous Relay Node	A	B	B	D	F	F	---	F	B	D	---
Number of Hops	0	1	2	1	2	1	7	6	6		

All Node

Intra/Inter-cluster

⇒ ホップ数

回線品質情報のメモリ量

- クラスタ化していないとき

$$I_{ng} = N(I_1 + I_{21}) + N^2 I_{22}$$

- クラスタ化したとき

$$I_g = N_g(I_1 + I_{21}) + N_g^2 I_{22} + NI_3$$

N : 全ノード数

I_1 : クラスタ内ノードの回線品質

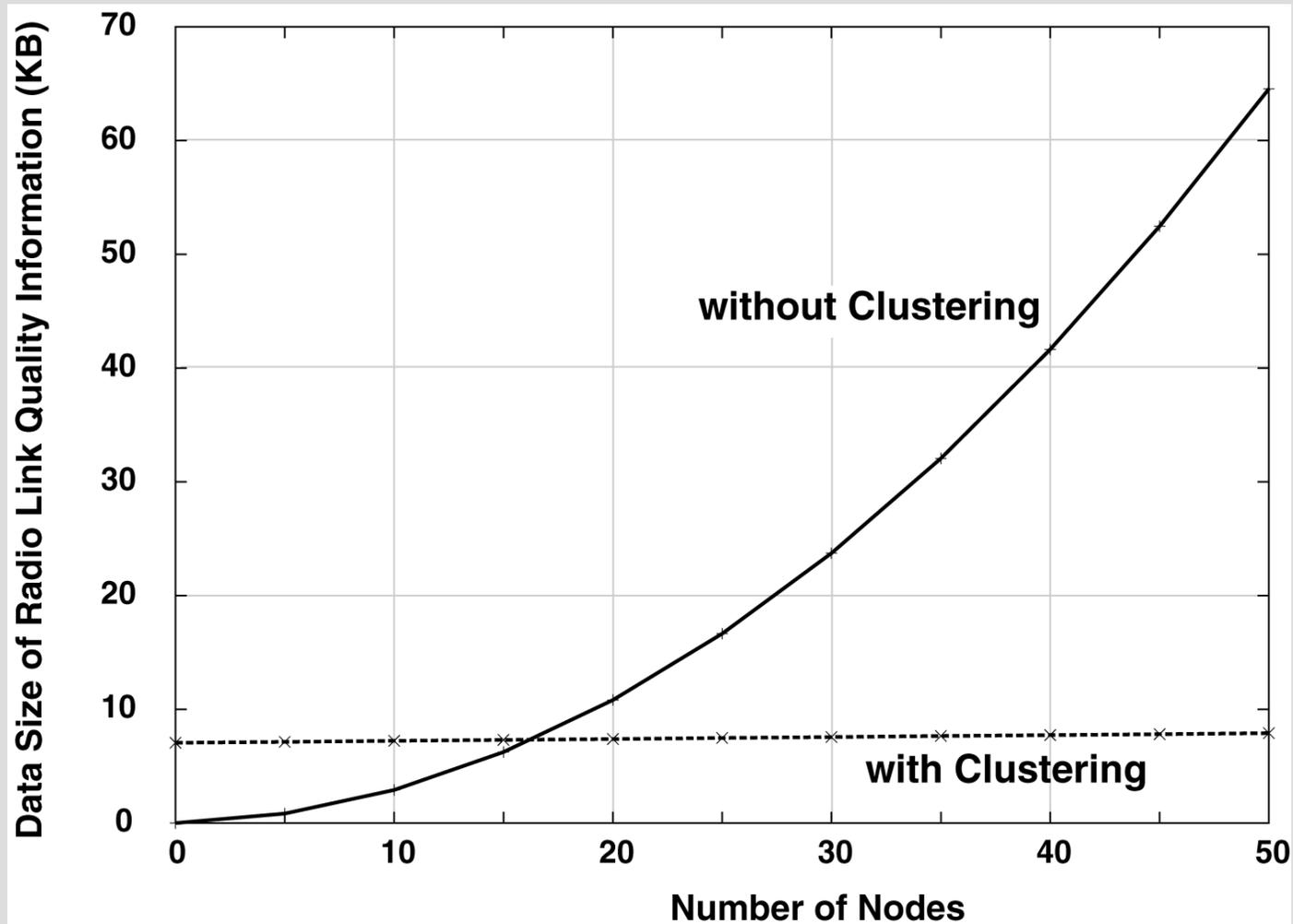
I_{21} : ノードに関する情報

I_{22} : ノード間スループットに関する情報

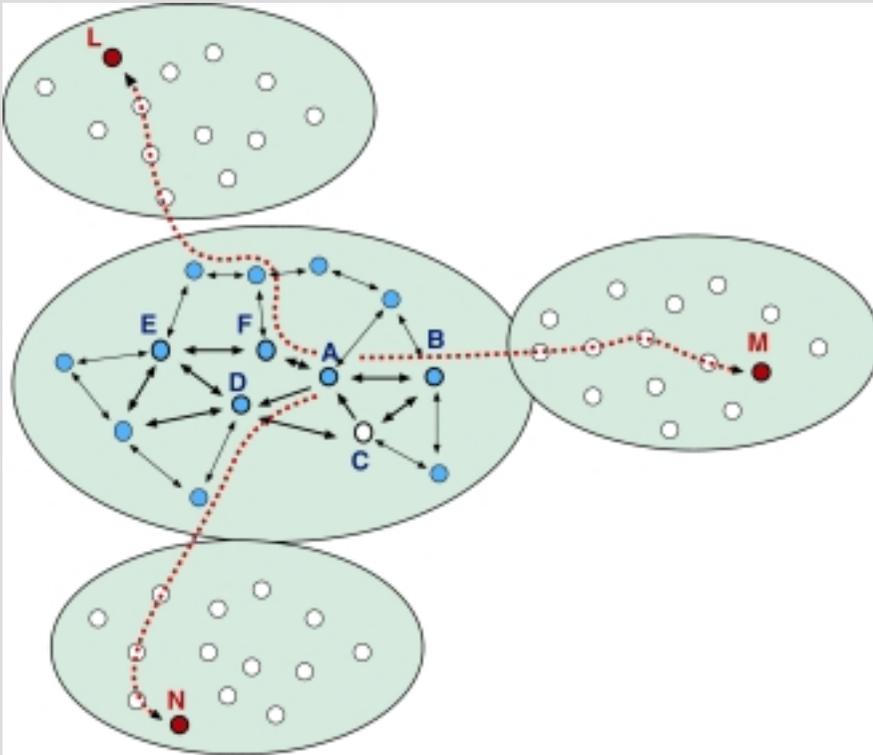
I_3 : クラスタ化したときのホップ数情報

N_g : クラスタ内のノード数

回線品質テーブルのメモリサイズ



ノードAにおける 回線品質情報の例



		Receiver Node						
		A	B	C	D	E	F	...
Transmitter Node	A	1.00	0.95	0.99	---	---	0.76	...
	B	0.95	1.00	0.70	---	---	---	
	C	---	0.85	1.00	0.98	---	---	
	D	0.55	---	0.55	1.00	0.92	---	
	E	---	---	---	0.76	1.00	0.76	
	F	0.80	---	---	---	1.00	1.00	
	:				:			...

Number of Nodes in The Group

Intra-cluster

⇒ 平均スループット

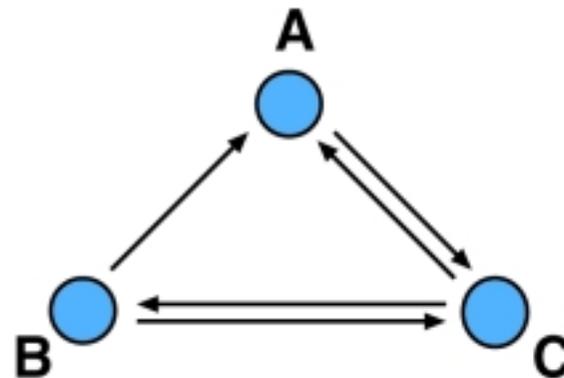
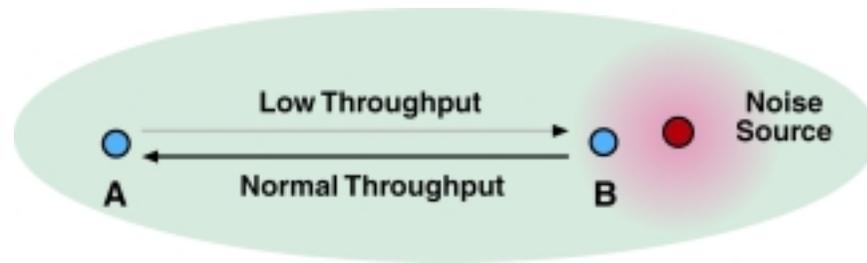
Destination Node	A	B	C	D	E	F	L	M	N		
Previous Relay Node	A	B	B	D	F	F	---	F	B	D	---
Number of Hops	0	1	2	1	2	1	7	6	6		

All Node

Intra/Inter-cluster

⇒ ホップ数

無線における非対称伝送路



		RX		
		A	B	C
TX	A	1.00	---	1.00
	B	1.00	1.00	1.00
	C	1.00	1.00	1.00

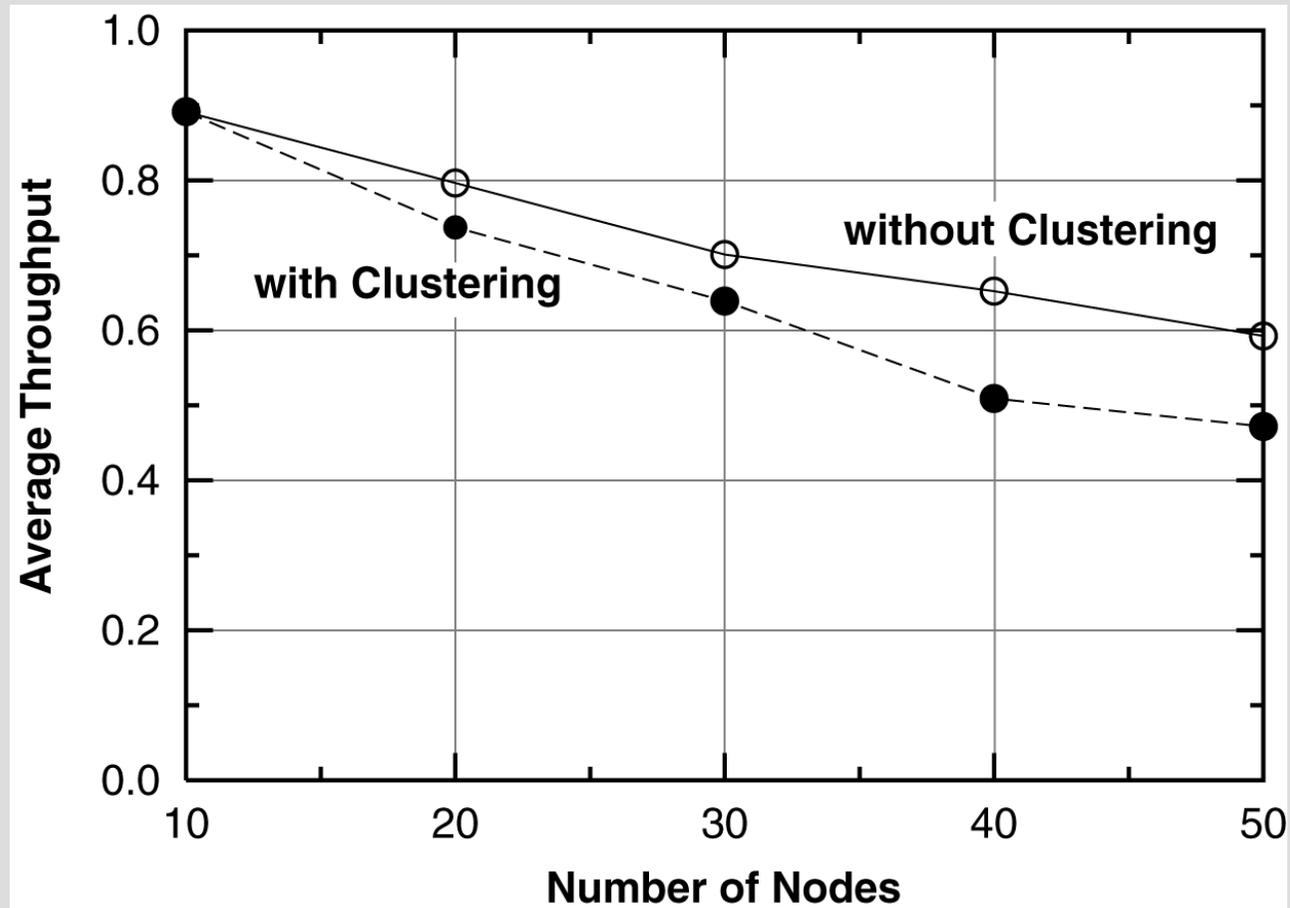
非対称伝送路があるときの影響

- クラスタ内：
 - ノード間の双方向のスループット情報があるので最適化が可能である
- クラスタ間：
 - ホップ数のみの情報であり, しかもパケットを受信した時のホップ数である.
 - 送信の時にそのホップ数が適用できるかは不明 ⇒ パケット損失が発生する可能性あり

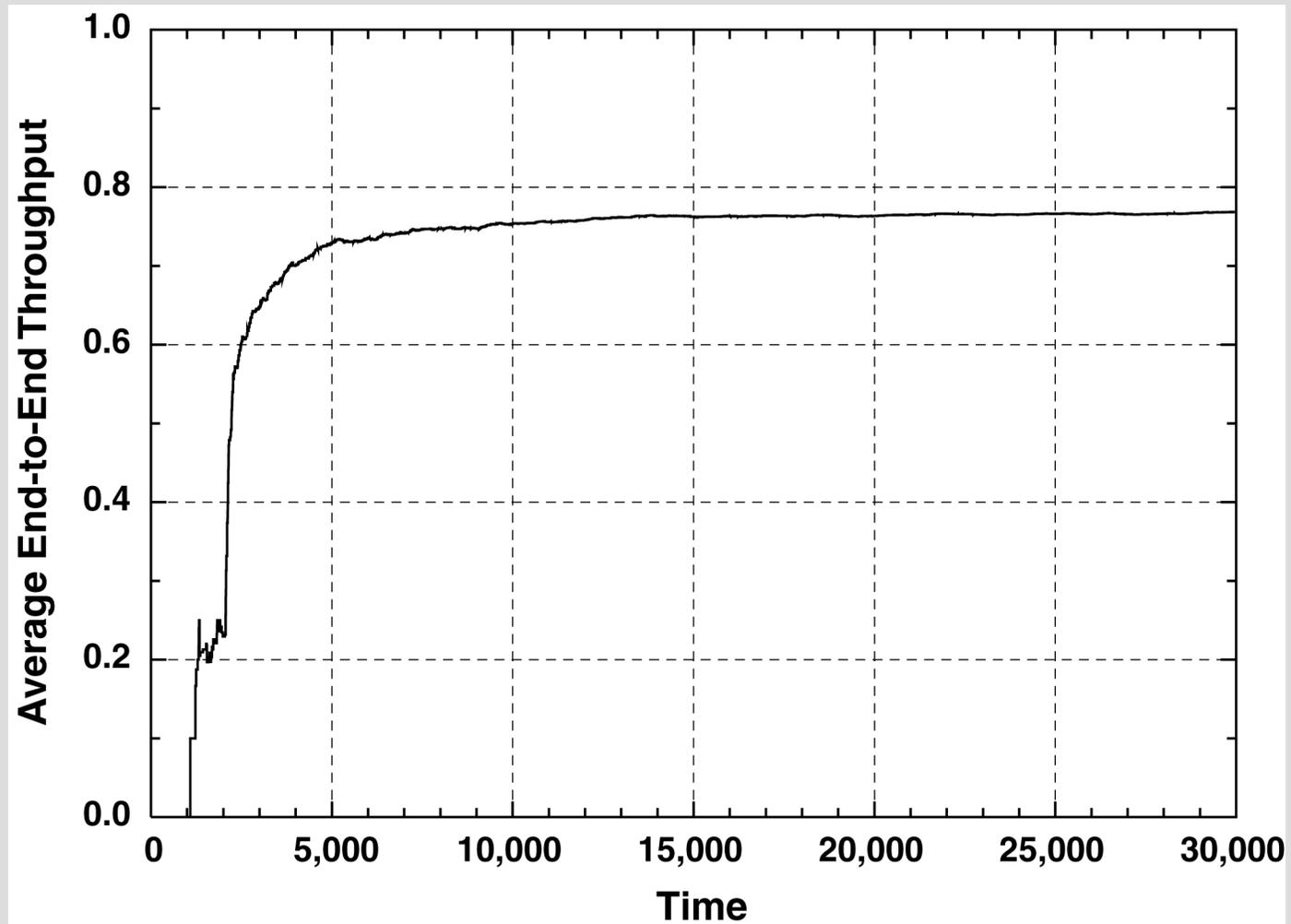
シミュレーション条件

Packet generation rate:	0.01
Number of node	10~50
Network dimension	150 * 150
Node distance	20
Limit of hops within a cluster	4
Measurement time	100,000 slots

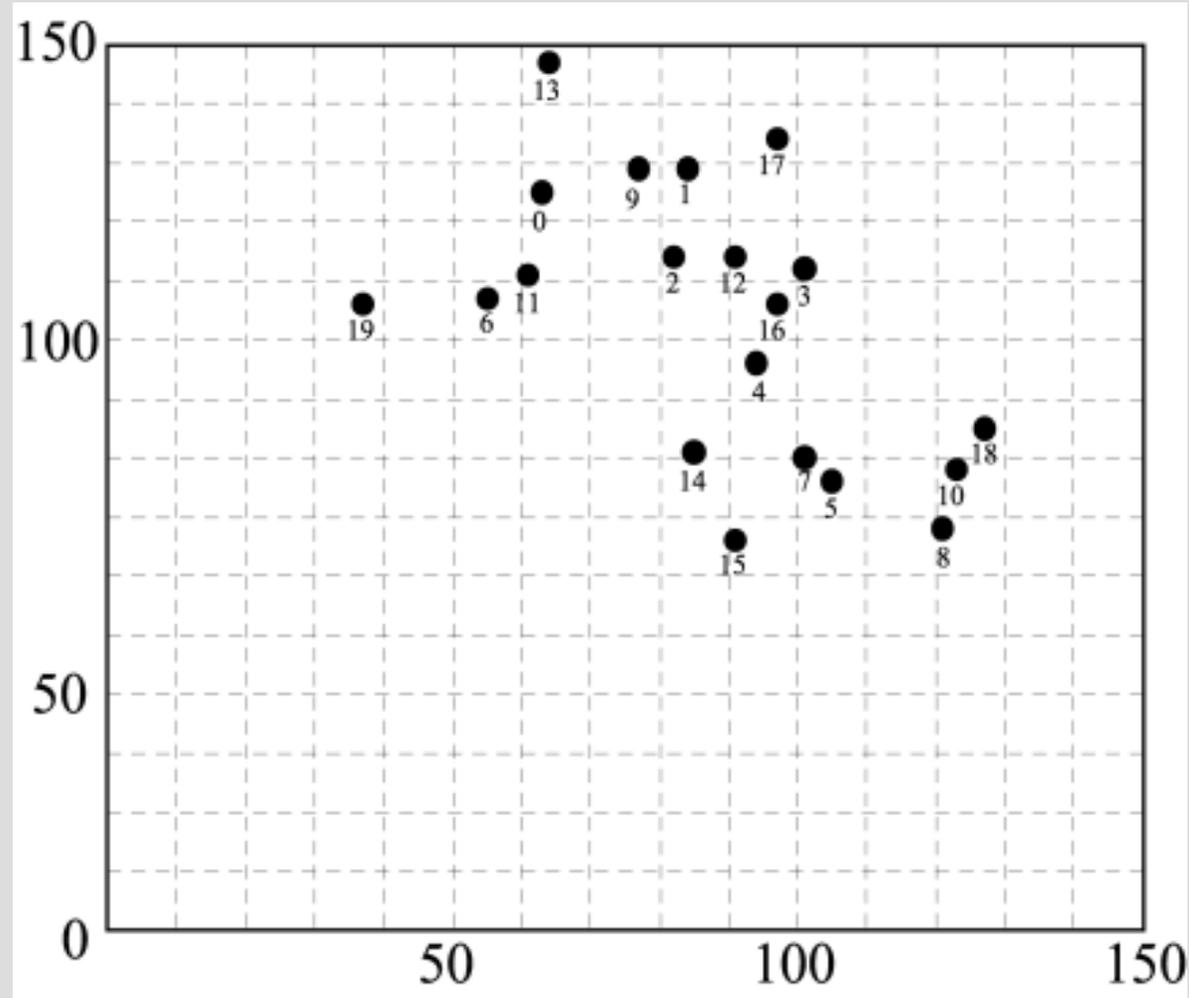
平均パケット到着率に対する クラスタ化の影響



収束特性

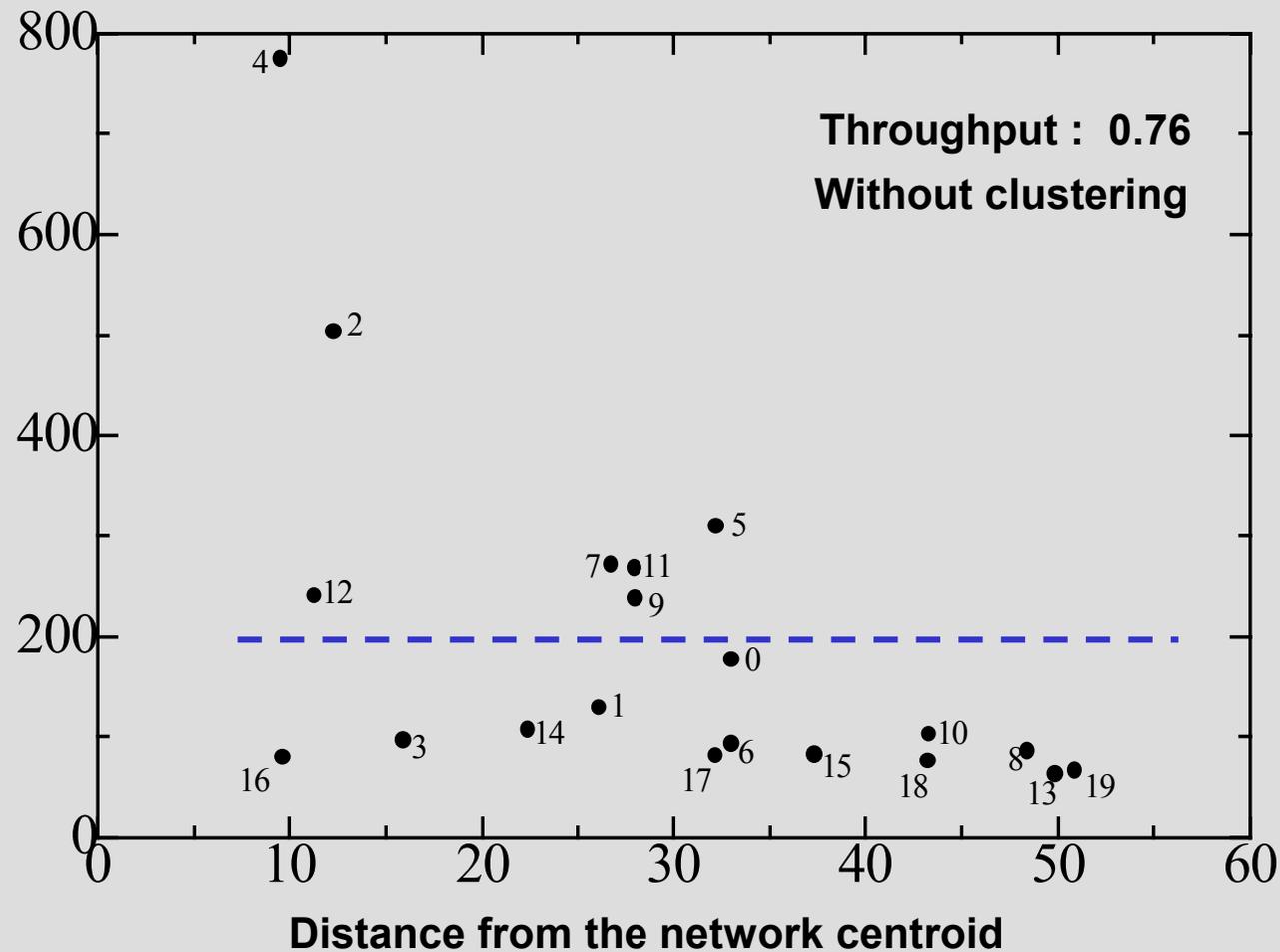


シミュレーションにおける ノード分布例



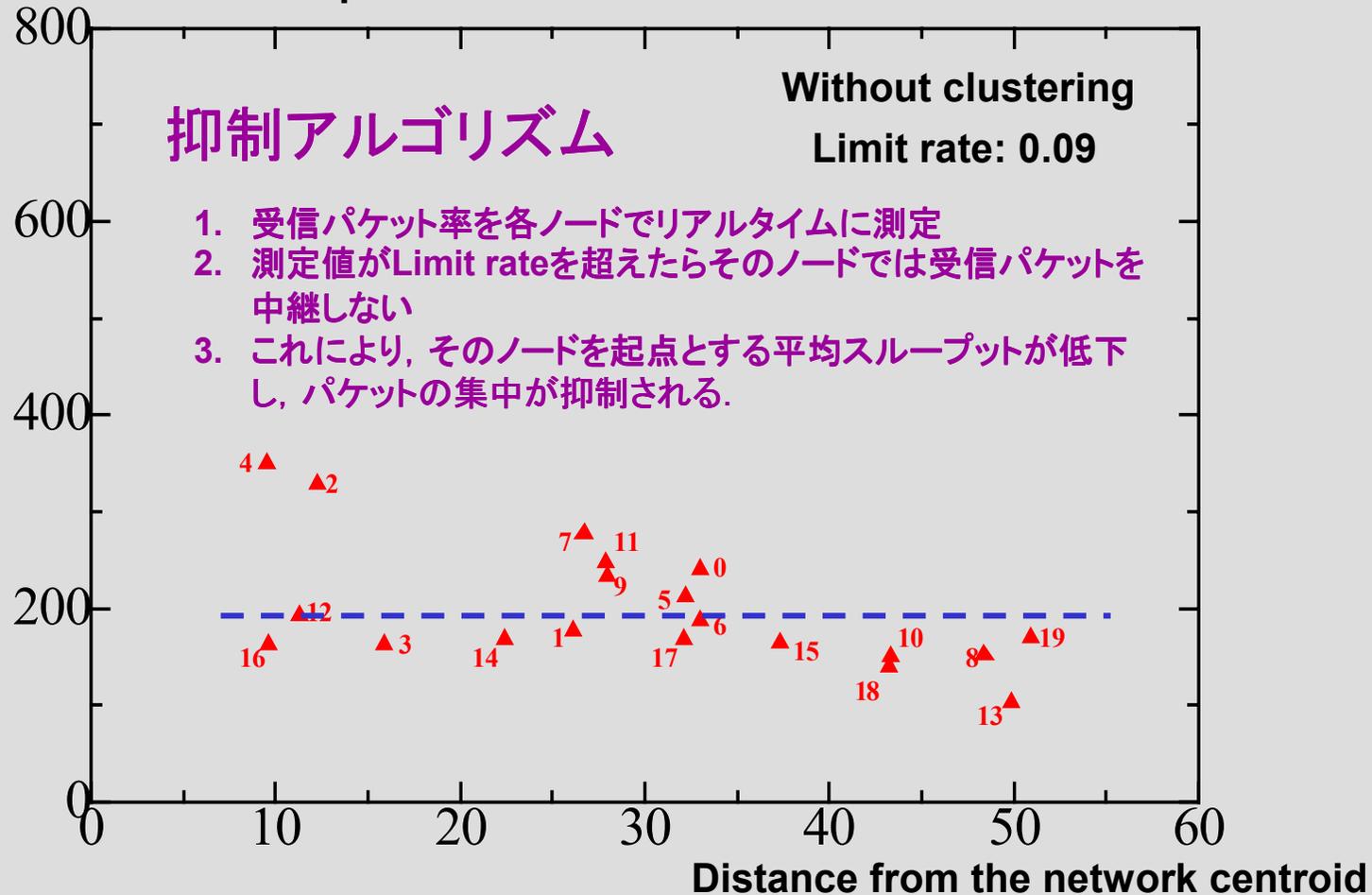
パケット分布の不均衡

Number of received data packet at node



パケット分布の不均衡の抑制

Number of received data packet at node



結論

- クラスタ化されたフラット形アドホック無線ネットワークを提案した.
- クラスタ外のノードへの無線回線品質はホップ数のみとする簡略化回線品質テーブルを導入した.
- 計算機シミュレーション結果:
 - 簡略化テーブルによるパケット損失の増加は少ない.
 - パケットの宛先への到着確率は比較的速く収束し、安定である.
 - ネットワーク上のパケット分布はかなり不均一であるが、簡単な方法で均一化できる可能性がある.