

電力線通信による多地点情報収集における 中継器でのパケット圧縮を利用した データ伝送効率向上

電子情報システム専攻 片山研究室
谷口知弘

多地点情報収集

発電量
消費量 } 等の監視



周期的にデータを収集
利用者に情報をフィードバック



建物内に
多数の監視ノードが存在

効率的な電力利用が可能

例：スマート・グリッド
スマート・メータ

広範囲から多数のデータを
1箇所に収集

電力線通信の特徴

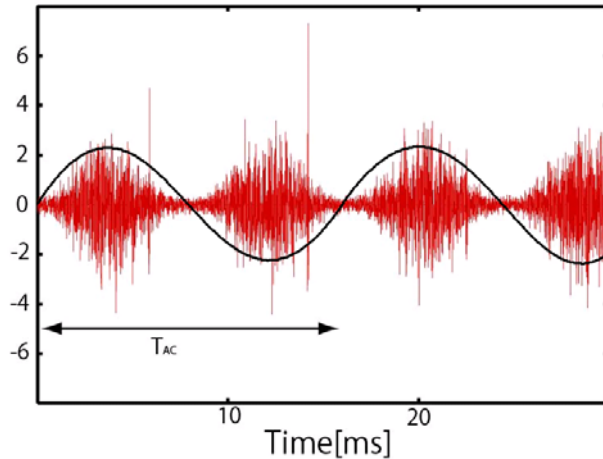
電力線に信号を重畳して通信する方式

長所：新たな線を敷設せずに通信可能
壁を隔てていても通信可能

電力線通信を採用

- ◆ 通信路の品質が周期的に変動
 - 雑音、伝搬特性が電源電圧の半周期に同期して変動
- ◆ ノード毎に通信路の品質が大きく異なる
 - 接続されている電気機器のインピーダンスの違い
 - 配線形状の違い

電力線上の雑音



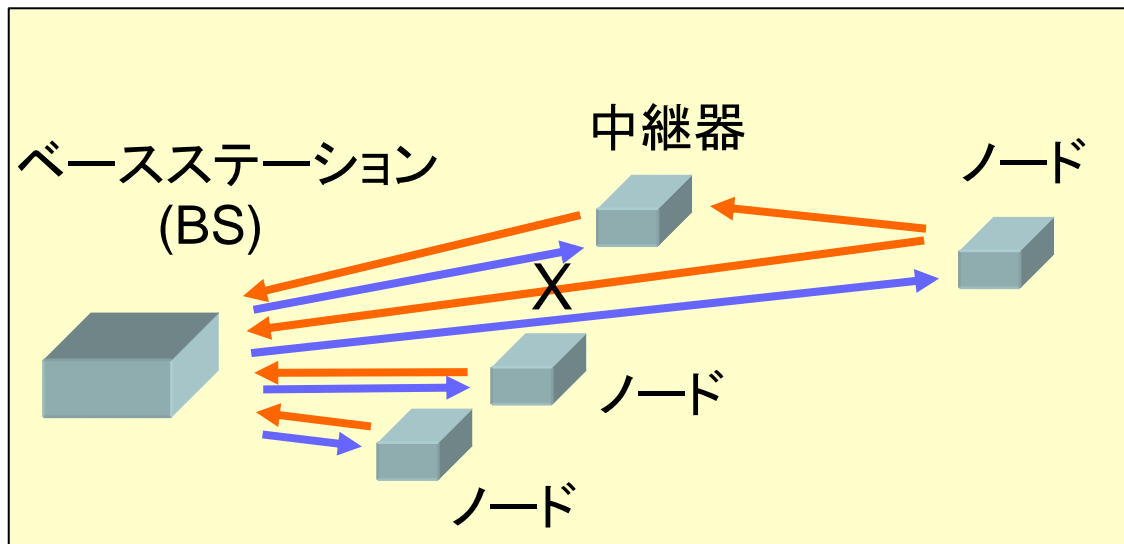
周期定常
電源電圧の半周期に同期して変動
インパルス性雑音(周期、非周期)あり

- 雑音の大きな部分では通信が困難
- インパルス性雑音の部分では通信不可

雑音の小さいタイミングで通信する方法が必要

想定環境

- ノードは**多地点・広範囲**に存在
- ノードでは**少量**(100bit)のデータが**周期的**(1秒毎)に発生
- BSと直接通信できないノードからのパケットは中継器が再送
- 周期定常な雑音



想定環境

BS \leftrightarrow 中継器

中継器 \leftrightarrow ノード

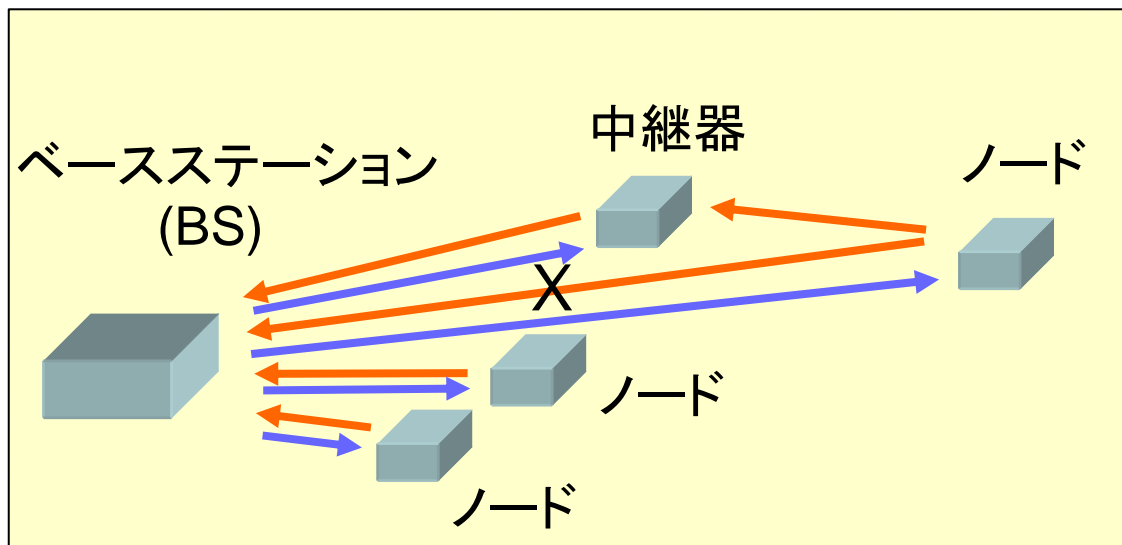
BS \leftrightarrow ノード

互いの存在を知っている

ノード \leftrightarrow ノード

互いの存在を知らない

自律的なアクセス方式が必要



データ \longrightarrow 応答信号 \longrightarrow



従来研究^{*1}

雑音の小さいタイミングから予約されていく
自律的なアクセス方式

通信方法

- ノードはまずランダムなタイミングでデータを送信
- 通信に成功したノードは次回を送信を予約
- 通信に失敗した場合中継器が次のデータ発生までに再送
- 再送が成功した場合ノードと中継器両方の送信を予約

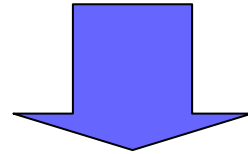
雑音の小さい時間スロットが先に予約されていく

^{*1}. 大友佑三, “電力線通信による多地点情報収集のための通信路の特徴を考慮したアクセス制御手法”, 修士論文, 2011年3月

従来研究での問題点

ノードが通信失敗して中継器が再送した場合

ノードと中継器の送信を予約



予約された時間スロット数/データパケットが増加

他のノードが送信できるスロットが減少し衝突が増加

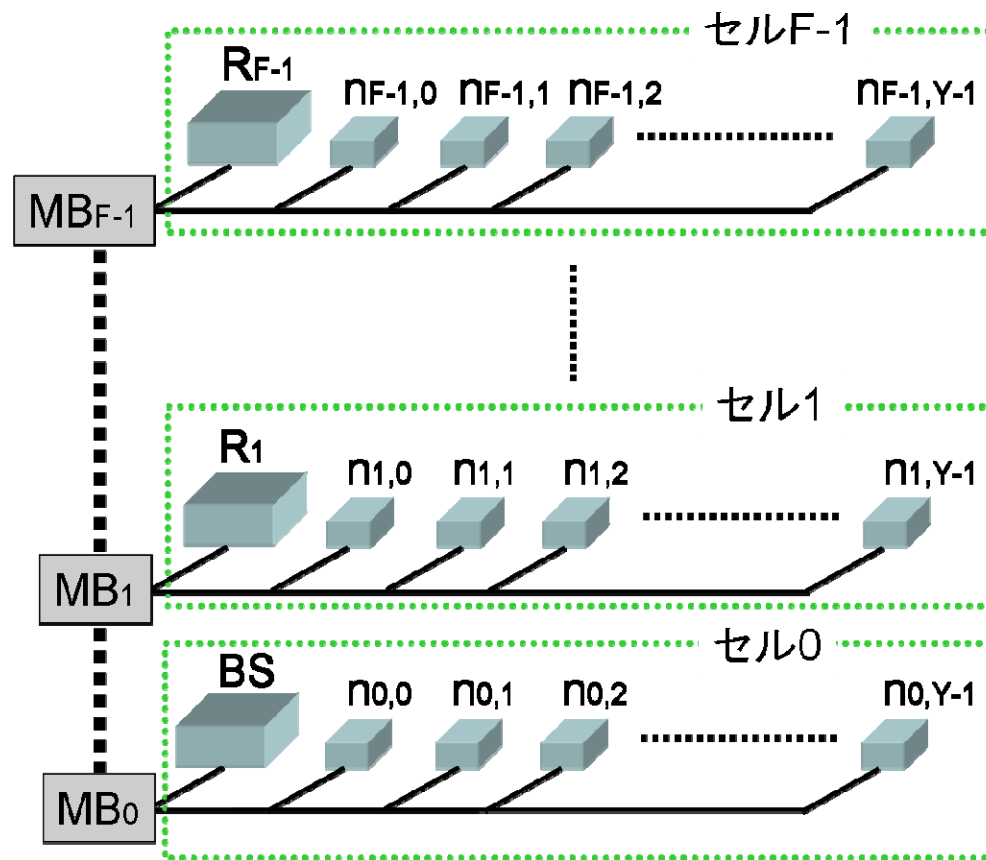
本研究の目的

電力線通信による多地点情報収集における
中継器でのパケット圧縮を利用したデータ伝送効率向上

中継器でデータパケットを圧縮して再送することで、
中継器の占有するスロット数が減少してスループットが向上

電子情報通信学会 WBS研究会(2012年11月)にて発表

システムモデル



BS: ベースステーション

MB_f : メインブレイカー

R_f : 中継器

$n_{f,y}$: ノード

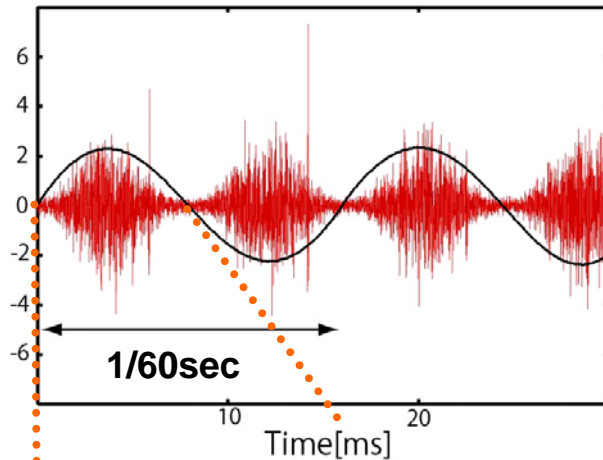
F: セル数

Y: セル毎のノード数

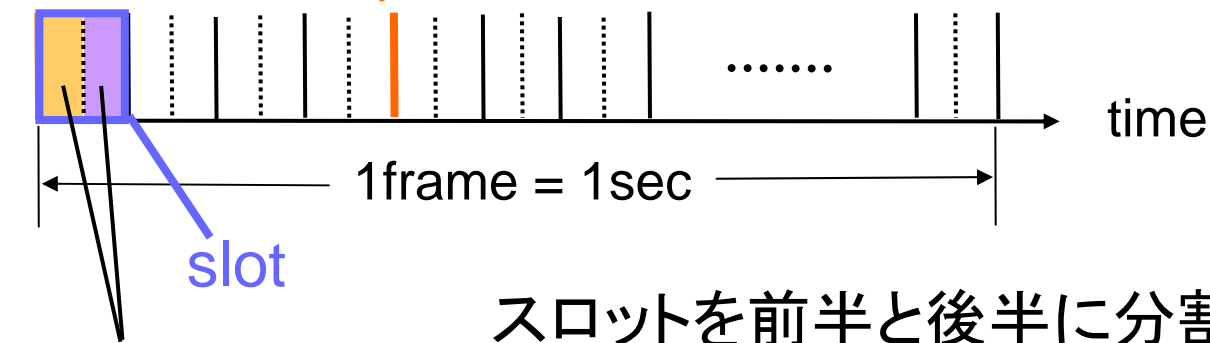
F階建ての建物を想定



フレームとスロット構成



- データの発生周期とフレーム長は同一
- 電源電圧のゼロクロス点を利用してスロットを同期



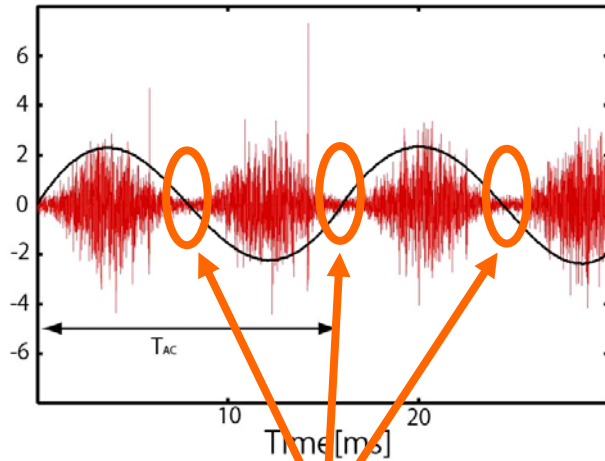
Sub-slot

slot

スロットを前半と後半に分割

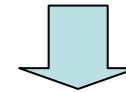
- 前半のサブスロット: データパケット送信用
- 後半のサブスロット: 応答信号送信用

中継器の動作



- パケットを貯めるバッファ有り
- 古いパケットから送信

ノードがBSと通信失敗



中継器にパケット蓄積

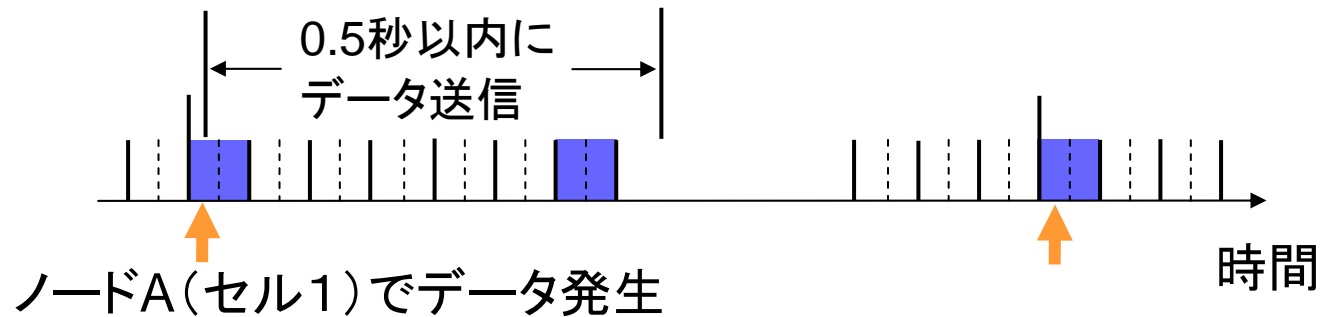


最大3パケット
圧縮

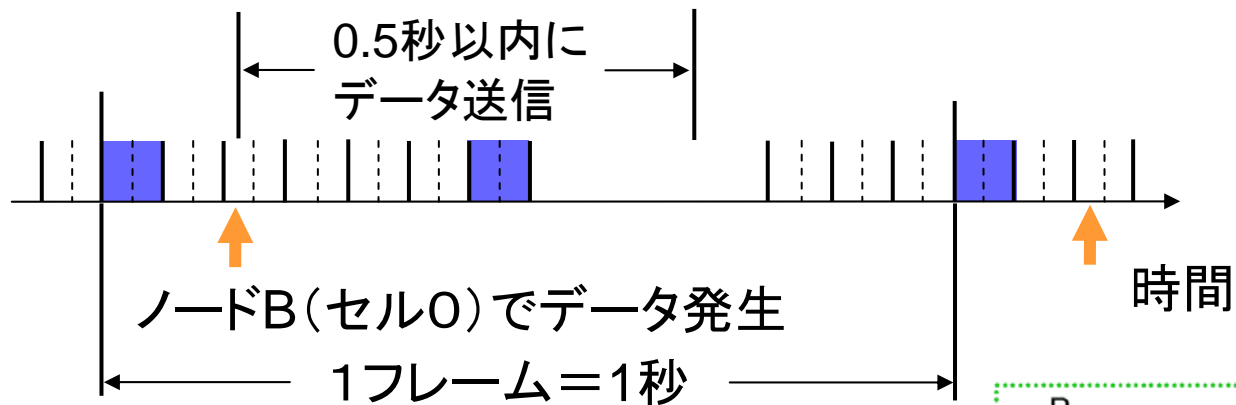
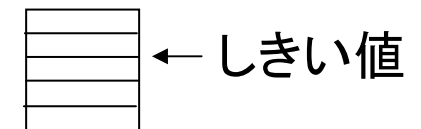
直近の専用スロットで送信

パケットのヘッダ部分を圧縮

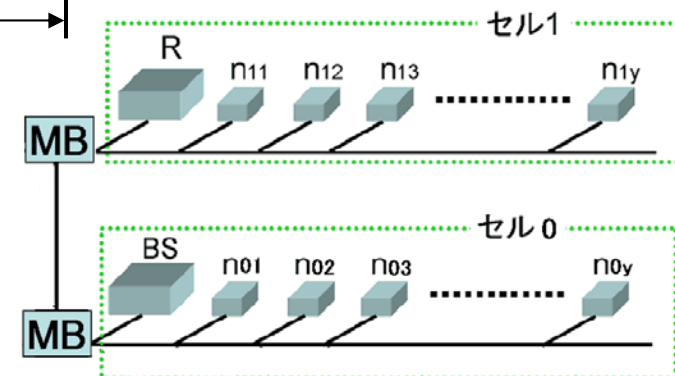
データ送信タイミング



中継器(セル1)

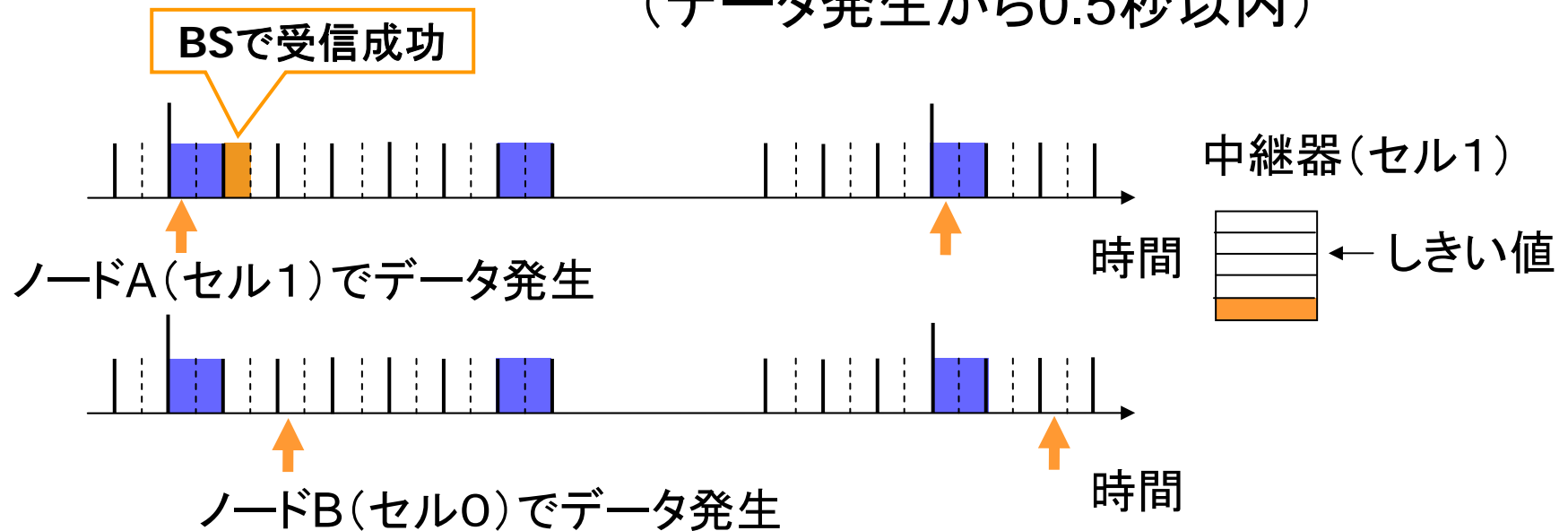


■ : 中継器用スロット
(電源電圧のゼロクロス点)

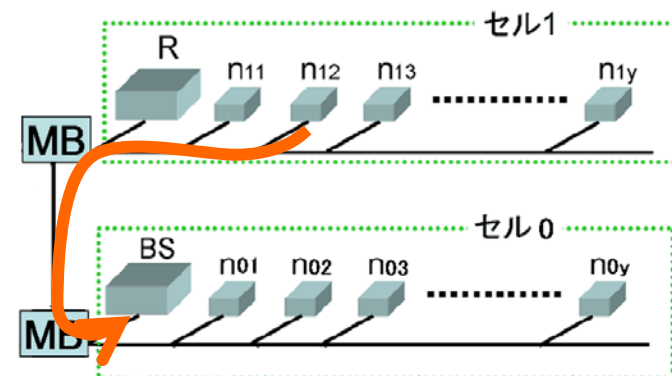


BSで受信成功

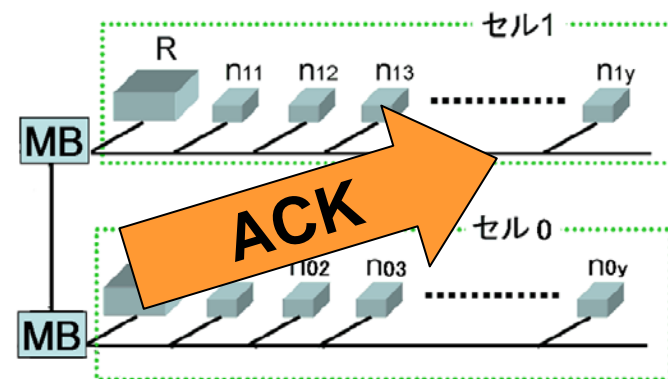
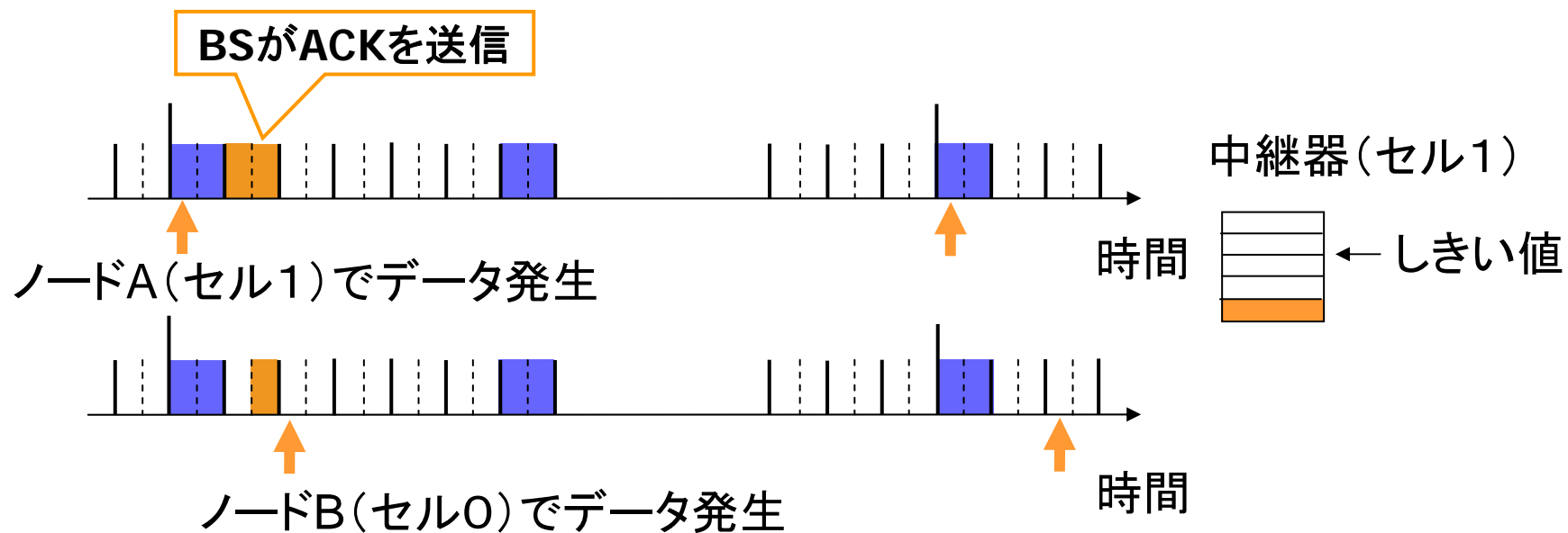
- ノードからBSへランダムなタイミングでパケット送信
(データ発生から0.5秒以内)



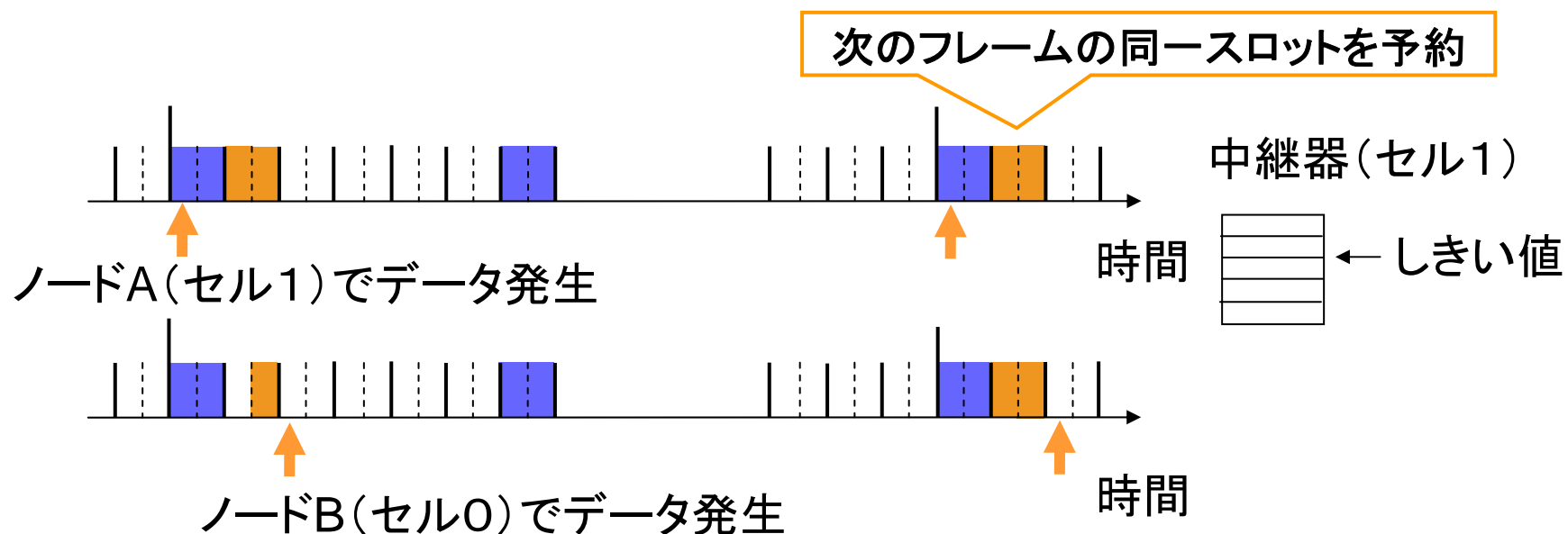
データパケット



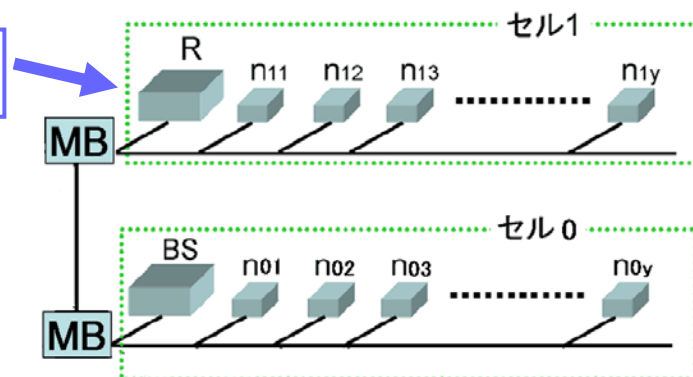
- 受信に成功した場合BSがACKを送信



- BSからのACKにより次のフレームの同スロットを予約

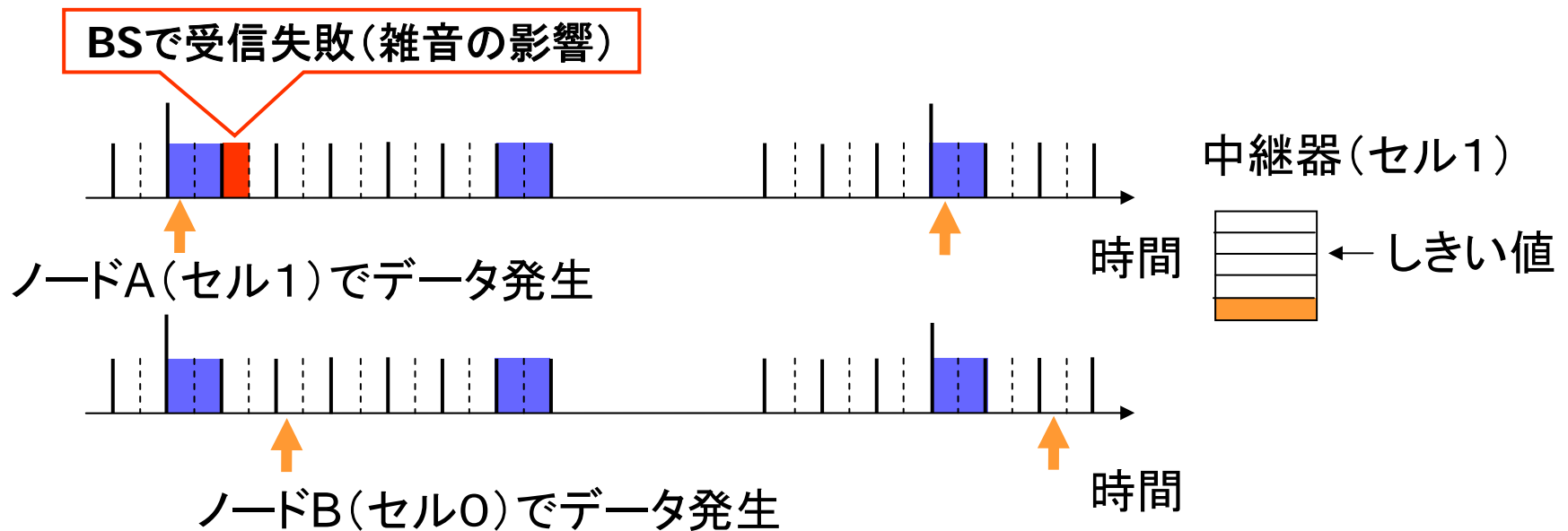


データパケットを破棄

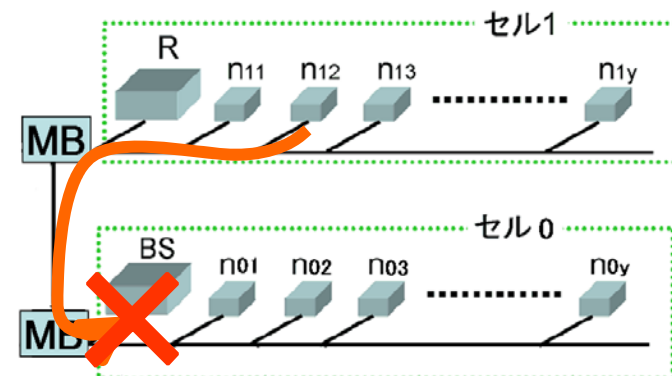


BSで受信失敗(雑音の影響)

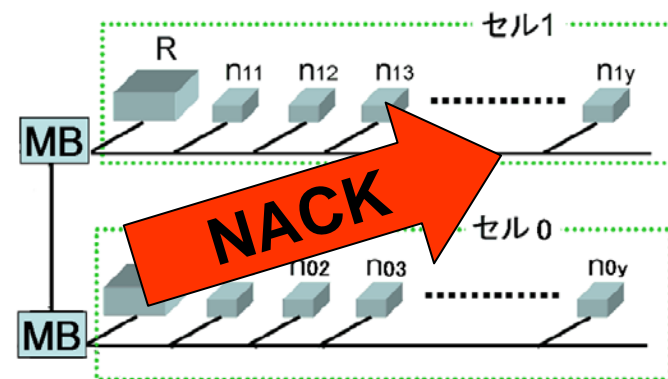
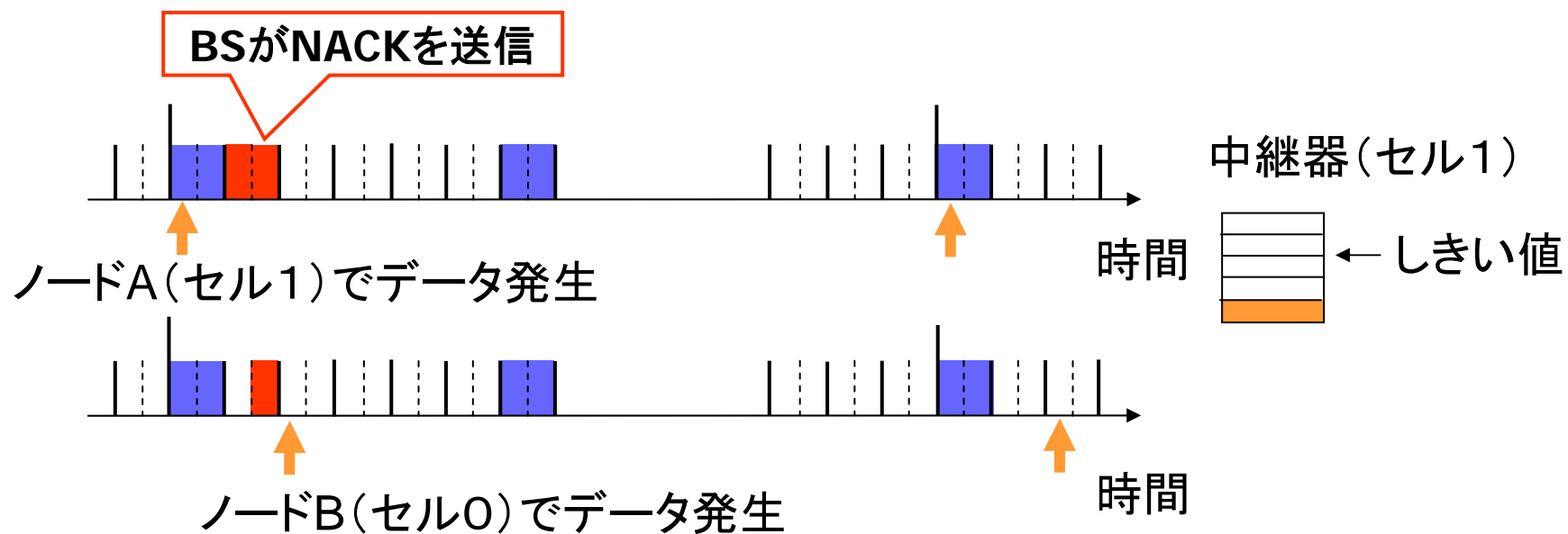
- ノードからBSへランダムなタイミングでパケット送信



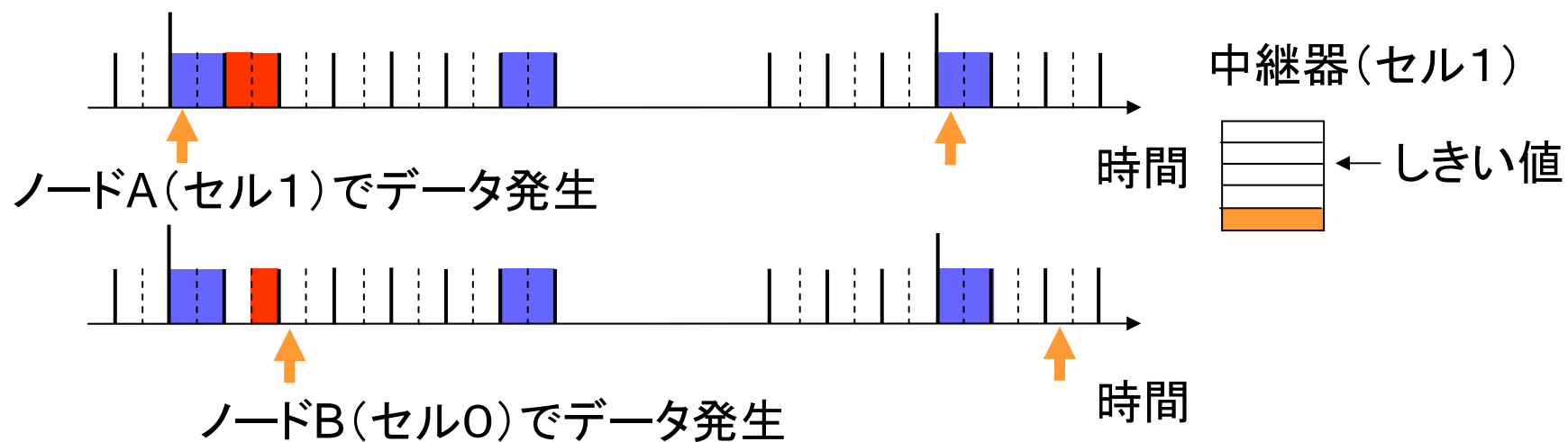
データパケット



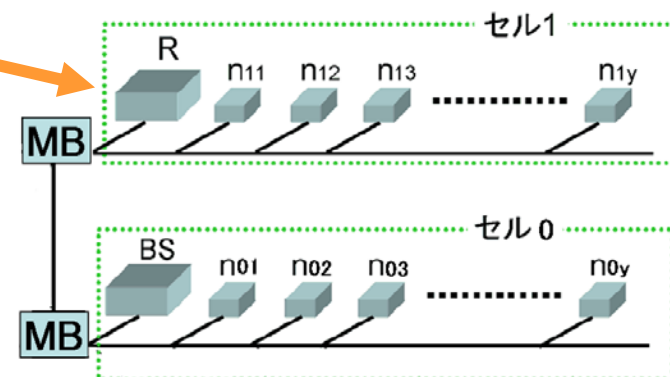
- 受信に失敗した場合BSがNACKを送信



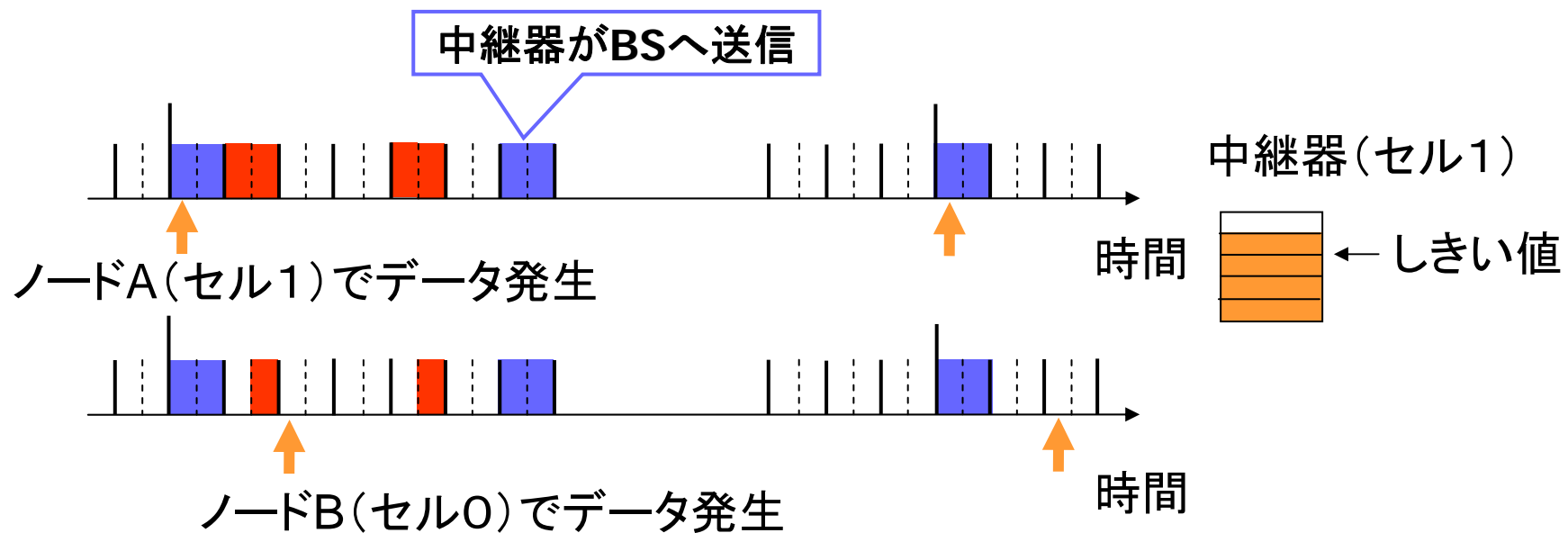
- NACKが送信されると、中継器内のパケットを保持



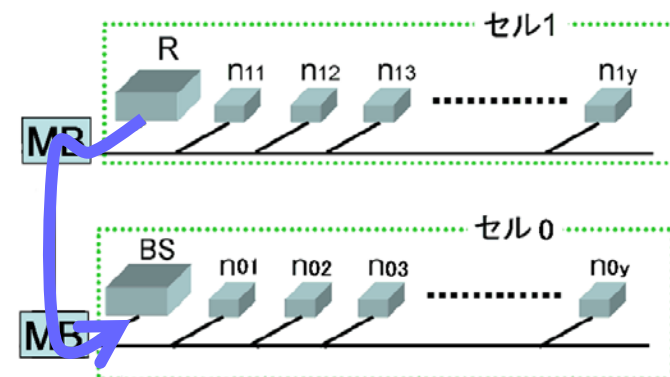
データパケットを保持



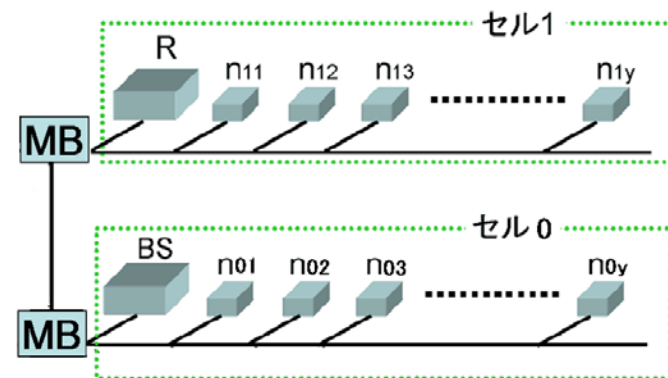
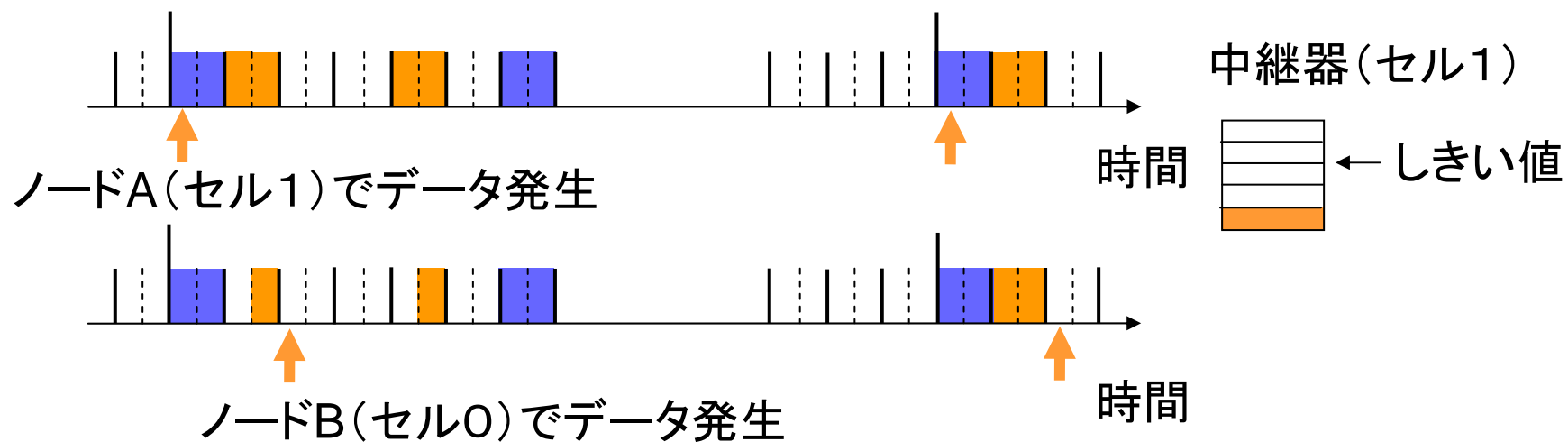
- 中継器用スロットで中継器にあるパケットを圧縮して再送



データパケット

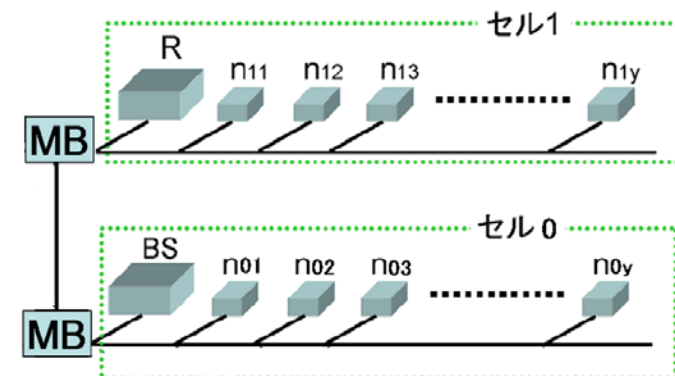
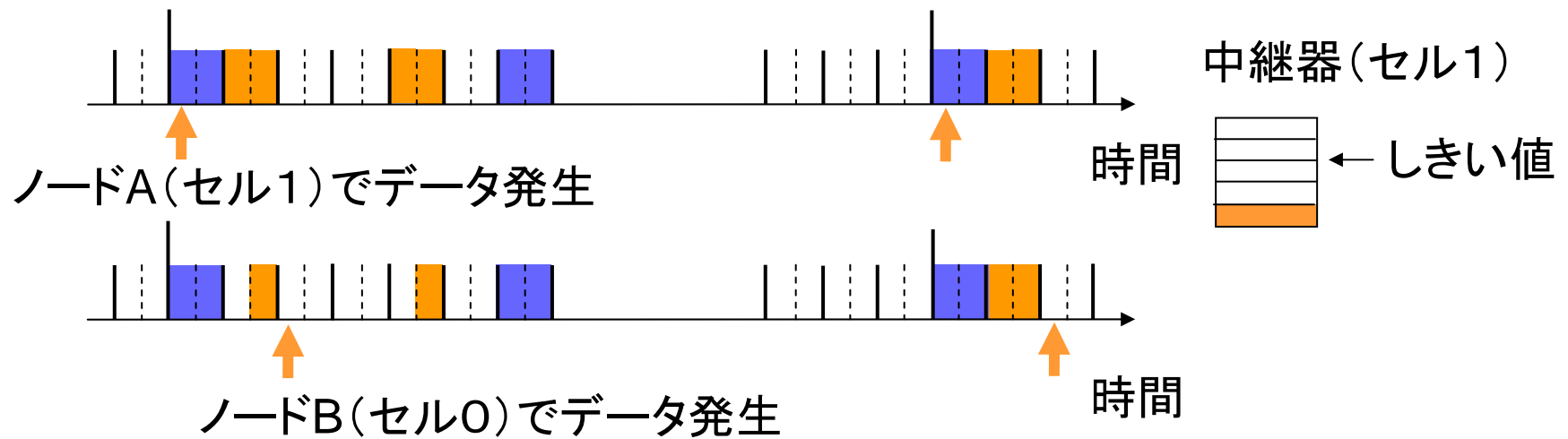


- 中継器が送信成功した場合ノードの送信スロットを予約



中継時の使用スロット/パケット

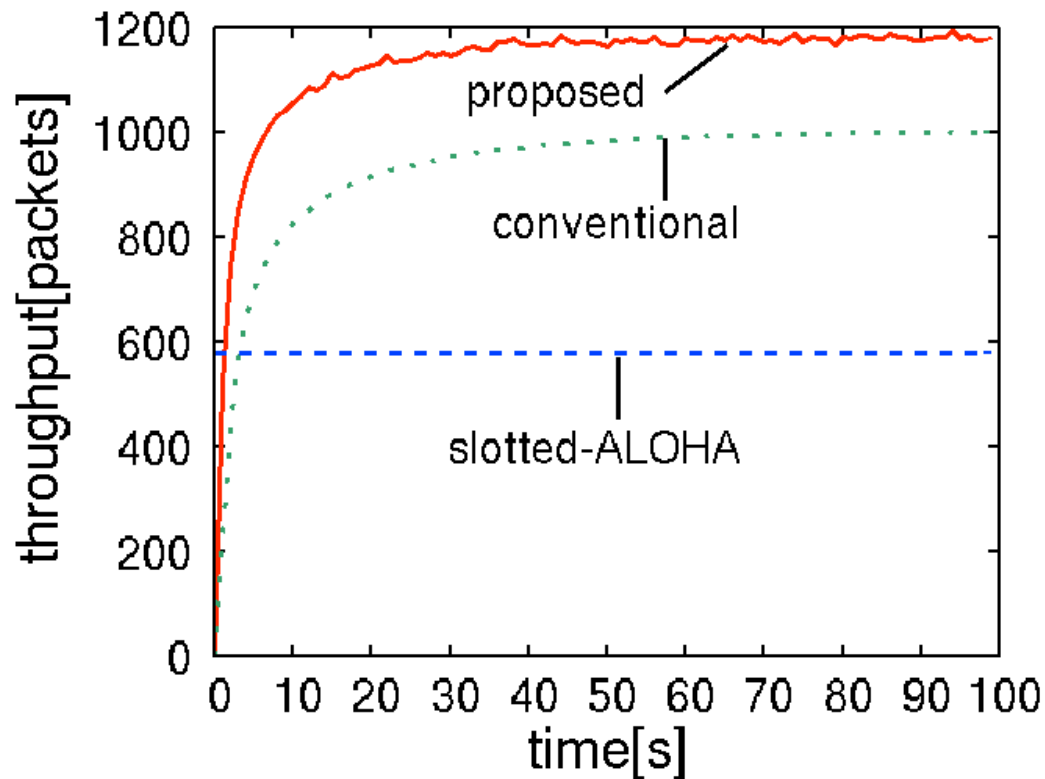
従来: 2 \longrightarrow 提案: $4/3$



特性評価で用いるパラメータ

	Slotted-ALOHA	従来	提案
中継器数	0	10	1
中継器専用スロット数/フレーム	0	0	120
最大圧縮率 $1/p$		1	1/3
中継器バッファ長 [パケット数]		1	100
スロット長 T_s	0.26ms	0.52ms	
スロット数/フレーム N	3840	1920	
セル数 F	2		
ノード数/セル Y	960		
電源周波数	60Hz		
メインブレーカでの減衰	-40dB		

電力線雑音下での特性評価

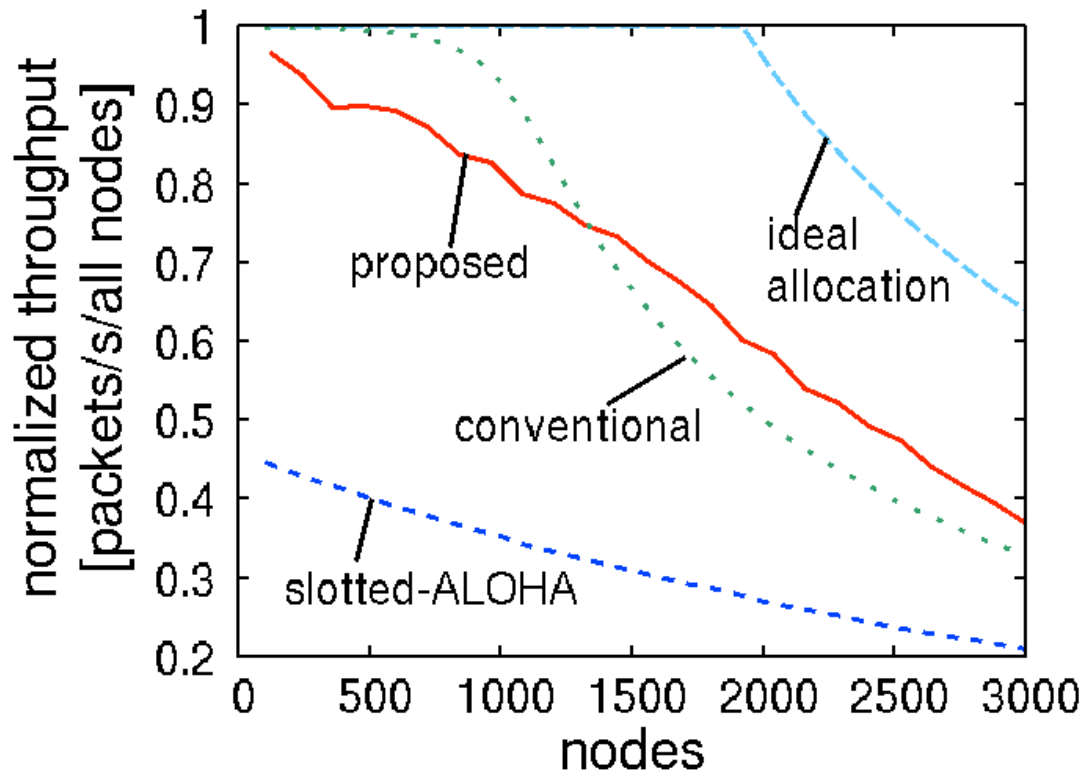


パケット圧縮を追加
↓
スループット約200向上

システム立ち上げから
40～50秒で定常

スループット: 単位時間あたりにBSへ伝送成功したパケット数

電力線雑音下での特性評価



ノード数がスロット数の
2/3以上



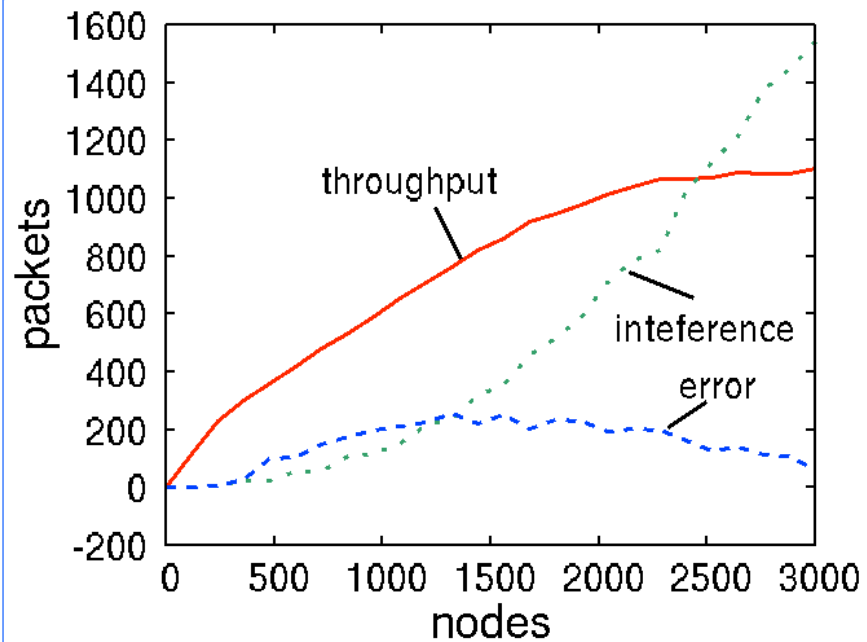
提案手法が有利

正規化スループット:
スループット/全ノード数

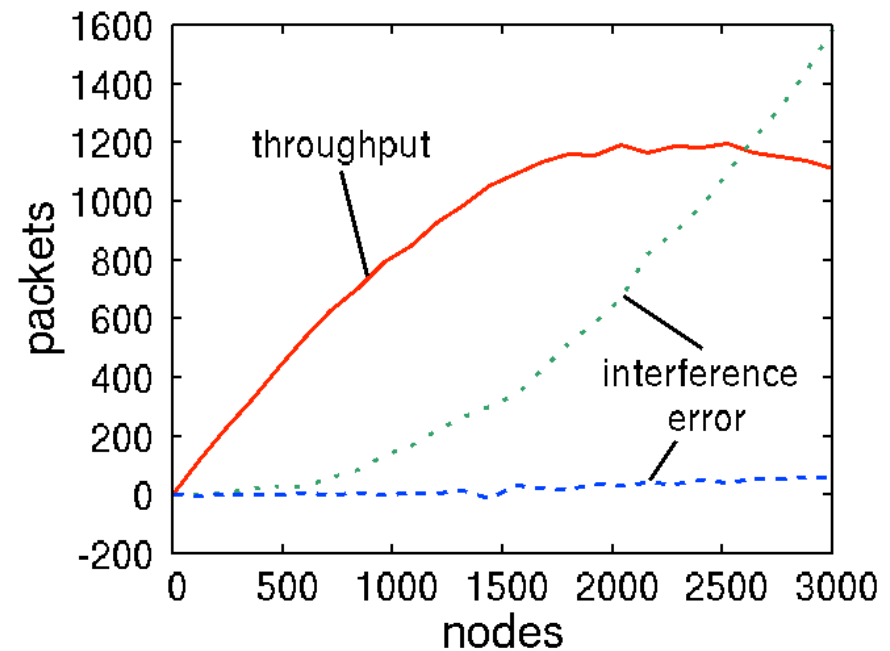
理想的に割り当てた場合とは大きな差
アクセス方法の変更により改善できるか検討が必要

理想的な割り当て: 衝突の影響が一番少なくなるように送信スロット決定

電力線雑音下での特性評価



中継器でのパケット圧縮無し



中継器で3パケットまで圧縮

圧縮した場合、衝突による通信失敗が支配的

まとめ

従来手法に対し固定の中継器専用スロットを設け、中継器でパケットを圧縮して再送することを提案

- 中継器で圧縮することの有用性
 - ノード数がスロット数の $2/3$ 以上存在する場合には従来手法より良い特性

本研究の課題

衝突の影響をさらに減らす工夫が必要