

平成25年度 秋期 応用情報技術者試験 問6「インターホンの設計」復習レポート

1. はじめに：本設計問題の戦略的重要性

組み込みシステムの設計において、状態遷移の厳密な管理とタスク間通信の設計は、システムの信頼性を担保する両輪です。本問は、単なる仕様の読解能力を測るものではなく、複数の端末がネットワークを介して相互作用する分散環境において、システム全体の「整合性」をいかに維持するかという設計思想を問うています。出題趣旨に示されている通り、状態遷移の深い理解は、不整合のない高品質な設計を実現するために不可欠です。特に本システムが「3台の端末がネットワーク経由で等しく機能する」という、中央サーバを持たない構成である点は技術的に極めて重要です。各端末が自律的に状態を同期し、リソースの排他制御を行うためのロジックを読み解くことが、本レポートの核心となります。次のセクションでは、複雑な内部状態をユーザーに伝えるためのインターフェース設計、すなわちUI（ボタン表示）と状態の対応関係について詳細に分析します。

2. 接続状態とUI（ボタン表示）の対応分析

インターホンのLCD上のボタン表示は、現在の接続状態を可視化し、適切なユーザーアクションを促す役割を担います。表1に基づく状態と表示の対応は以下の通りです。

接続状態とボタン表示の対応

接続状態, ボタン表示, 状態の説明

待受け, 青点灯, ボタンで示された端末が、発呼又は着呼が可能な状態

応答待ち, 青点灯, ボタンで示された端末が、呼び出した端末からの応答を待つ状態

発呼, 赤点滅, ボタンで示された端末が、自端末を呼び出している状態

着呼, 青点滅, ボタンで示された端末が、自端末から呼び出されている状態

通話, 赤点灯, ボタンで示された端末が、自端末と通話している状態

通話不可, 黄点灯, ボタンで示された端末が、自端末以外の端末と通信中であり、発呼できない状態

【設計上の注意：視点の把握】 本問における「接続状態」を理解する際の最大の難所は、その視点にあります。表中の状態は「自端末の状態」ではなく、**「ボタンに表示されている相手端末の状態（自端末から見た相手のステータス）」**を指しています。この視点の切り替えを誤ると、後述する遷移ロジックの解析が困難になるため、注意が必要です。

ユーザーエクスペリエンス上の設計意図

このUI設計には、利用者に制約とアクションを直感的に伝えるための論理的意図があります。

- **色による優先度の識別：** 「青」は待機や準備、「赤」は緊急性の高いアクション（着信）やアクティブな通信（通話）を示します。「黄」は操作不能（制約）を明示し、無駄な発呼操作を未然に防いでいます。

- **点滅による「遷移状態」の提示：** 点灯が「静的な確定状態」を示すのに対し、点滅は「応答待ち」や「呼び出し中」といった、次のアクションによって変化する動的な状態を示唆します。UIによる状態の可視化を理解したところで、次にそれらの状態がどのようなイベントによって遷移していくのか、動的なプロセスを検証します。

3. 状態遷移とプロトコル・シーケンスの動態解読

端末間の通信プロトコルと、図2に示す状態遷移図は密接に連動しています。

遷移ロジックの再構築

待受けから通話に至るまでのシーケンスにおいて、以下のイベント（空欄 a～c）が重要な役割を果たします。

- **a ACK応答受信：** 呼び出し側の端末が、相手からの接続許可（ACK）を受け取るイベントです。これにより「応答待ち」から、実際に相手呼び出し中の「発呼」状態へ遷移します。
- **b ボタンにタッチ：** 利用者の直接操作です。「発呼」中であればキャンセルの意思表示となり、「着呼」中であれば応答の意思表示として機能し、次の状態（待受け、または通話）へ移行させます。
- **c ON通知受信：** 呼び出し側の端末が、相手が応答操作を行ったことを知る電文です。これを受信して初めて、システムは最終的な「通話」状態へと遷移します。

通信の整合性と排他制御の同期

本システムにおいて、端末Aが端末Bを呼び出す際、両端末は関与しない端末Cに対して「BUSY通知」を送信します。これは、ネットワーク上の全リソースが占有されたことを周知する**排他制御メカニズム**です。この動態を整理すると、端末AがBを呼び出している際、**端末A側では「ボタンBが青点滅（着呼）」**となり、**端末B側では「ボタンAが赤点滅（発呼）」**となります。このクロス・ターミナルな状態管理が、BUSY通知/READY通知によって第3の端末まで含めて整合性を持って行われる点が設計の要です。外部的な状態遷移の背後には、端末内部で複数のタスクが連携して動作する高度なアーキテクチャが存在します。

4. 内部タスク構成と制御メカニズムの評価

端末内部は「制御」「表示」「音声処理」「通信」の4タスクで構成されています。各タスクはメールボックスを介してメッセージを交換しますが、これはタスク間の結合度を下げ、処理を非同期に切り離す（デカップリング）ための標準的な手法です。

制御タスクによるオーケストレーション

制御タスクはシステムの司令塔として、各タスクの動作を統合管理します。例えば、発呼開始時の処理（設問2）では以下の論理が働きます。

- **入力条件 d：** 表示タスクから「青」点灯のボタンタッチが通知される。
- **前提状態 e：** 制御タスクが自端末の接続状態を「待受け」と判断する。この「特定の色」と「特定の状態」が揃った時のみ接続要求を許可するロジックこそが、システムの堅牢性を支える**排他制御**の実装です。

通話終了時の指示命令系統

通話終了時、制御タスクは各タスクに対して一斉に指示を出し、システムをクリーンに「待受け」状態へ戻します。

- **表示タスクへ：** ボタンを「**青点灯**」に変更し、UIを初期化する。
- **音声処理タスクへ：** 「**通話終了指示**」を送り、音声ストリームを停止する。
- **通信タスクへ：**
 - 通話相手への「**OFF通知**」送信（相手の状態復帰）。
 - 第3の端末への「**READY通知**」送信（システム全体の利用可能化）。最後に、これまでの分析を踏まえ、試験で問われた核心的なロジックを総括します。

5. 結論：本問から学ぶシステム設計のベストプラクティス

本問の解答・解説から得られる知見は、実務におけるネットワーク型システムの設計に直結するものです。

拒絶ロジックと通信競合の回避

設問1(2)で問われた「NAK応答」を返す条件は、端末Bの接続状態が「待受け」以外である場合です。具体的には、**応答待ち、発呼、着呼、通話、通話不可**のいずれかの状態にある際、端末は新たな接続要求を拒絶します。この「受け入れ不可」を明示する拒絶ロジックは、分散環境でのデッドロックやデータ衝突を回避するために極めて重要です。

学習の要点まとめ

- **状態遷移図における「イベント」と「アクション」の正確な対応：** 何が遷移のトリガーになり、その結果どのような電文が送出されるかを厳密に定義する。
- **制御タスクによる集中的な管理：** マルチタスク環境では、個々のタスクが勝手に動作するのではなく、制御タスクが全体のコンテキスト（現在の状態）に基づいて判断を下す。
- **分散システムにおけるステータス同期：** サーバが存在しない環境では、BUSY/READYといった通知の交換のみが「真実」を共有する手段である。組み込みシステムにおける「状態の厳密な管理」こそが、予期せぬ挙動を排除し、信頼性の高い製品開発を実現するための礎であることを本問は示しています。