

훈민바름 구현본

웹 참조구현·시험·사용 안내

영어확장판 제4본 · 바르미 웹 공개 참조구현 사용해례

정본의 원리를 실행하고, 보존한 정보와 남은 한계를 확인하는 방법

2026년 10월 12일 개정판 · 연구·검토용

Park Il Hwan

연구·검토용 비구속 문서

우리 글, 바른 소리

훈민바름 영어확장판 4본의 구성

훈민바름 영어확장판은 하나의 체계를 네 역할로 나눈다. 선언본은 뜻과 공공적 필요를 밝히고, 해례본은 정본의 구조와 발음 원리를 풀며, 전산본은 정본의 디지털 보존·처리 규격을 세우고, 구현본은 실제 프로그램과 시험으로 그 작동을 확인한다.

문서	담당 범위	이 책과의 관계
제1본 선언본	뜻과 미래, 공공적 필요	목적과 연구 지위를 받는다.
제2본 해례본	영어 RP·GA 음가와 블록 문법	무엇을 보존할지 정한다.
제3본 전산본	구조·직렬화·표시·교환 규격	구현과 시험의 기준이다.
제4본 구현본	웹 사용·실행·시험·공개 기록	실제 구현 범위와 차이를 밝힌다.

이 문서의 지위

‘훈민바름’은 옛한글·확장 한글 자모를 활용한 「외국어 표기법」의 가능성을 연구·개발하는 동안 사용하는 내부 코드명이다. 현재 영어확장판은 가표본(working specimen) 연구이자 참조 실험(reference experiment)이며, 그대로 채택하도록 요구하는 공적 규범이 아니다.

이 책은 2026-08-07 제4본의 12개 장과 부록 A·B를 계승하며 2026-09-16·17 교정과 2026-10-09 후속 갱신을 반영한다. 본문의 9월 16일 시험 기록은 당시 기준판의 결과이며 최신 코드판과 검증 기록은 부록 D를 따른다. 구판의 규칙이나 시험 수치를 최신 구현의 사실로 옮기지 않는다.

읽는 길

처음 쓰는 독자는 §3과 §7부터, 수업에 활용하는 교사는 §6·7·8부터 읽을 수 있다. 개발자는 §4·5·9·10과 부록의 재현 조건을 함께 확인한다. 공개 저장소에는 문서와 코드가 함께 있으며, 실제 웹사이트의 서비스 상태는 저장소 파일 공개와 별도로 확인한다.

현재 구현은 제3본 기준의 Broad 시범 변환기다. 전체 규격의 적합성 인증, 전 사전 발음 검수 완료 또는 교육 효과 입증을 뜻하지 않는다.

출처: 제1본 2쪽, 제2본 2:25–37쪽, 제3본 2:37쪽. 문서판과 코드판은 부록 C 참조.

차례

항목	쪽
머리말 · 1. 구현본의 목적과 권위 관계	4
2. 현재 참조구현의 구성	5
3. 사용자가 거치는 기본 흐름	6
계속 · 복사·저장·입력 오류의 처리	7
4. 변환 파이프라인	8
5. 출력층과 화면 표시	9
6. RP·GA와 Broad·Narrow 제어	10
7. 핵심 시험어로 읽는 구현	11
계속 · 교사를 위한 사용례	12
8. 글꼴·셰이핑과 대체 표시	13
9. 자동시험·전수감사·재현성	14
계속 · 개발자가 실행하는 재현 절차	15
10. 현 구현과 전산 규격의 정합화 과제	16
11. 공개 배포와 버전 확인	17
계속 · 오류 제보와 문제 해결	18
12. 향후 다언어 구현 원칙	19
부록 A. 적합성 체크리스트	20
부록 B. 핵심 시험 벡터	21
부록 C. SOURCE AUDIT와 작성 근거	22
부록 C 계속 · 판본 차이와 후속 갱신	23
부록 D. 2026-10-09 구현 상태 갱신	24

쪽수는 이 개정판의 PDF 물리적 쪽수를 따른다. ‘현재 구현’은 부록 D의 기준판을 가리킨다. §8.3.9와 부록 C의 2026-09-16 기록은 당시 기준판의 결과다. 이후 main이 변경되면 해당 커밋과 검증 기록을 함께 확인한다.

머리말 · 구현은 규격을 대신하지 않는다

훈민바름 웹앱의 역할은 원어의 소리와 정본의 구조가 디지털 환경에서 얼마나 충실하게 보존되는지 드러내는 데 있다. 입력한 IPA가 어떤 음운 단위로 분석됐는지, 그 단위가 어떤 자모값과 위치형에 연결됐는지, 화면과 복사 결과가 무엇을 담고 무엇을 담지 못하는지를 확인할 수 있어야 한다.

화면이 그럴듯하다고 정본이 옳은 것은 아니다. 부호열이 규칙에 맞는다고 사전의 발음이 검수된 것도 아니다. 구현본은 이 차이를 구체적인 입력과 실행 결과로 설명한다. 미결을 미결로 남기는 결과도 연구 기록의 일부다.

1. 구현본의 목적과 권위 관계

1.1 규칙을 받는 방향

음가·자모값·손글씨 블록 문법은 제2본을 따른다. 구조 데이터와 Unicode 기준형은 제3본의 시범 규격을 따른다. 앱이 구현의 편의를 위해 고른 음절 추정법이나 화면 배치는 별도의 구현 선택으로 밝힌다. 이런 선택이 제2본의 새로운 최종 판정이 되는 것은 아니다.

예를 들어 현재 앱은 음절 경계가 없는 다중 모음핵 입력에 최대 초성 추정 휴리스틱을 사용한다. 이때 검토 필요 상태를 반환한다. 반면 IPA에 점으로 주어진 경계는 우선 보존한다. 같은 단어라도 분석 경계가 달라질 수 있는 이유를 이 기록에서 확인한다.

1.2 구현이 밝혀야 할 네 가지

첫째, 어떤 입력과 모듈을 사용했는가. 둘째, 어떤 규칙과 버전이 그 입력을 처리했는가. 셋째, 원문·강세·대응 관계가 어느 출력에 남아 있는가. 넷째, 아직 구현하지 못했거나 판정하지 않은 부분은 무엇인가.

구현과 문서가 다르면 입력, 등록부, 분석, 직렬화, 표시의 순서로 차이를 찾는다. 승인된 규칙 변경은 문서·코드·시험 벡터에 함께 반영한다. 기존 결과를 새 규칙의 정답으로 삼아 시험만 바꾸지 않는다.

출처: 제3본 3-8:37-38쪽, 새 앱 js/engine.js. 음절 추정법은 이번 웹앱의 구현 선택.

2. 현재 참조구현의 구성

새 앱은 정적 HTML·CSS·JavaScript와 첨부 JSON 사전, 옛한글 웹글꼴로 구성된다. 변환을 위해 API 키나 외부 AI 호출을 사용하지 않는다. 브라우저가 필요한 사전 파일을 읽고, 변환 엔진이 그 IPA를 처리한다. 영어 철자에서 새 발음을 생성하는 모델은 포함하지 않는다.

파일·디렉터리	역할
index.html, css/style.css	입력·발음 기준·결과·문서 링크
js/app.js	사용자 입력, 결과 표시, 복사·JSON 저장
js/dict.js	문서 예시·강세 교정 자료·사전 원문 조회
js/registry.js	자모값·위치형·모음 구성값
js/engine.js	IPA 분석, 대응, 직렬화, 구조 검사
data/examples.json	출처를 표시한 문서 예시
data/ipa-corrections.json	일부 강세 교정 자료; 전체 발음 검수와 구분
data/dict-ga.json, dict-rp.json	기존 ZIP에서 계승한 발음 사전
fonts/	나눔명조·나눔바른고딕 옛한글 WOFF
tests/, tools/	자동시험, 정적 검사, 배포 파일 생성
docs/, legacy/	문서 및 비교용 이전 앱

2.1 사전 자료의 지위

첨부 GA 사전은 125,004개, RP 사전은 135,495개 항목을 담는다. 이는 파일의 항목 수이며 고유한 어휘 수나 검수된 발음 수를 뜻하지 않는다. 기존 자료는 GA를 CMU 계열, RP를 2023년 일부 기계 생성·검수 전 자료로 설명한다. 원 사전의 모든 IPA와 변이를 이번 개정에서 새로 검수하지 않았다.

문서 예시·일부 강세 교정 자료·일반 사전 조회는 화면의 출처 표지로 구별한다. ‘문서 예시’는 책에 수록된 참조 입력이라는 뜻이며 전체 사전의 품질 보증이 아니다. 일부 강세 교정도 전체 IPA 검수 완료를 뜻하지 않는다. 수업용 새 어휘는 교사가 실제 source IPA와 선택 모듈을 먼저 확인한다.

2.2 이전 앱의 위치

legacy/index.html은 v2.0 계열의 비교용 화면이다. 원 코드의 Broad·Narrow·연음·조음 안내를 보존 하되 현재 제3본의 적합 출력과 구분한다. 구버전의 동작 확인은 구버전 자체의 회귀시험이며 새 규격의 통과 증거가 아니다.

출처: 앱 README, js/dict.js, data/ 및 legacy/README.md. 항목 수는 이번 원파일 직접 계수.

3. 사용자가 거치는 기본 흐름

3.1 영어로 찾기

‘영어로 찾기’를 선택하고 단어나 짧은 문장을 입력한다. ‘발음 기준’에서 **RP** 또는 **GA**를 선택한 뒤 ‘훈민바름으로 보기’를 누른다. 입력란에서는 **Ctrl+Enter** 또는 **Command+Enter**로도 변환할 수 있다. 처음에는 ‘책 속의 예시’에 있는 **boost, play, friend, cats, about**를 차례로 확인하는 편이 결과 구조를 익히기 쉽다. 영어 조회는 선택한 모듈의 문서 예시, 일부 강세 교정 자료, 첨부 사전의 순서로 찾는다. 일반 문장은 어휘별 결과의 배열이며 연결발화를 자동 재현한 결과가 아니다.

3.2 IPA 직접 입력

‘IPA 직접 입력’을 선택하고 **Broad IPA**를 넣는다. 전체를 **//**로 감싸거나 기호 본문만 입력할 수 있다. 공백은 단어 사이, 점(.)은 음절 사이 경계로 사용한다. 예를 들어 **/ə.'bʌʊt/**는 두 음절과 둘째 음절의 제1강세를 명시한다.

입력	확인할 사항
/bu:st/	한 모음핵, 한 음절블록
/ə.'bʌʊt/	두 블록, 둘째 블록의 제1강세
/pɪk kætʃ/	두 단어, 두 개의 레코드
/vɛʃi/	음절 경계 자동 추정과 검토 필요 표시
/kætʃ/	종성 위치형 미배당, 직렬화 미결

3.3 결과를 읽는 순서

먼저 원문 IPA와 출처 표지를 확인한다. 그다음 **[]** 한 쌍을 한 음절블록으로 읽는다. 자음군이나 긴 모음이 여러 요소로 보이더라도 같은 괄호 안이면 하나의 영어 음절이다. 끝으로 **IPA · 자모 대응 · 코드포인트**를 열어 입력 음소와 자리별 부호를 대조한다.

‘시범 변환’은 표시 완료의 상태다. ‘검토 필요 · 시범 변환’이면 자동 음절 추정 또는 미검수 사전 등의 조건을 함께 살핀다. ‘미결 항목 있음’이면 그 아래 사유를 먼저 읽는다.

출처: index.html, js/app.js, js/dict.js, js/engine.js. 화면 라벨과 동작은 코드에서 확인했으며 브라우저 조작 검증과 구분한다.

계속 · 복사·저장·입력 오류의 처리

3.4 자모열 복사

‘자모열 복사’는 NFD 조합형 자모열을 복사한다. 화면의 괄호, 크기, 출처 표시는 포함하지 않는다. 단어 하나의 기준형 안에는 편집용 공백이 없다. 여러 단어를 함께 복사할 때만 단어별 자모열을 공백으로 연결한다.

전체 결과에 미결 단어가 있으면 전체 자모열 복사 버튼을 비활성화한다. 누락된 음소를 빼고 나머지만 완성 결과처럼 복사하는 일을 막기 위한 동작이다. 자동 클립보드 쓰기가 실패하면 수동으로 선택해 복사할 입력란을 표시하도록 구현돼 있다. 이 경로의 실제 브라우저별 동작은 별도 시험 대상이다.

3.5 전체 기록 저장

‘전체 기록 저장’은 `hmb-r-records.json`을 내려받도록 구현돼 있다. 원입력, 선택 모듈, 원문 IPA, 정규화 이력, 강세, 음소와 자모의 대응, 직렬화 상태와 미결 사유가 기록된다. 수정·재검토·수업 자료 관리에는 평문만 보관하는 것보다 이 레코드가 적합하다.

저장 파일명은 고정이므로 내려받은 후 단어·모듈·검토일을 포함하는 이름으로 구별해 보관한다. 현재 화면에는 이 JSON을 다시 불러오는 가져오기 기능이 없다. ‘저장 가능’과 ‘앱에서 재열기 가능’을 혼동하지 않는다.

3.6 입력 오류와 미결의 차이

영어 조회에서 사전에 없는 단어가 하나라도 있으면 문장 전체의 변환 결과를 만들지 않고 해당 단어를 알린다. IPA를 알고 있다면 직접 입력으로 바꿀 수 있다. 이때도 모듈·음절 경계·출처를 별도로 확인한다.

IPA 직접 입력은 단어별 레코드를 만든다. `/pIk kætʃ/`처럼 일부가 미결이면 가능한 단어와 미결 단어를 함께 보여 주며 전체 JSON에는 두 상태가 모두 남는다. 한 번에 100단어, 전체 입력 5,000자, 단어별 IPA 1,000자의 제한이 있다.

새 입력을 편집하면 이전 결과와 저장 가능 상태를 무효화한다. 입력문과 오래된 결과가 다른데도 같은 결과로 복사되는 일을 줄이기 위한 처리다.

출처: `js/app.js`의 `doConvert-invalidate`·복사·저장 처리, `js/engine.js`의 `convertPhrase-convertWord`.

4. 변환 파이프라인

4.1 원문에서 음절분석까지

영어 입력이면 사전 조회로 source IPA를 얻는다. IPA 직접 입력이면 사용자의 기호열을 원문으로 받는다. 이후 기호 별칭과 길이 부호를 처리하면서 바꾸기 전후와 규칙 식별자를 normalization_rules에 남긴다. GA /æ/는 원문을 보존하고 /ə/로 분석한 이력을 기록한다. /ɜ/의 미결 기저 모음을 같은 방식으로 임의 보충하지 않는다.

토큰화는 /tʃ/와 /dʒ/ 같은 등록 파찰음을 하나의 음운 단위로 인식한다. 음절분석은 입력 경계·강세 표지와 현재의 추정 규칙을 사용한다. 여러 음절의 자동 분석에는 검토 필요 상태를 남긴다.

4.2 음소와 자모 요소의 대응

canonicalModel은 phonemeTokens, mappingUnits, blocks를 가진다. 음소를 곧바로 한 글자와 동일시하지 않는다. /u:/ 하나는 두 JV-U 요소로, 종성의 /t/와 /s/ 두 토큰은 JV-TS 하나로 연결된다. 각 블록은 초성군·음절핵·종성군의 요소 참조를 순서대로 가진다.

boost의 단위	소비한 음소	출력 자모 요소
m1	/b/	JV-B
m2	/u:/	JV-U, JV-U
m3	/s/	JV-S
m4	/t/	JV-T

boost의 블록은 onset에 m1의 첫 요소, nucleus에 m2의 두 요소, coda에 m3·m4의 첫 요소를 둔다. 같은 입력 토큰을 중복 소비하거나 같은 출력 요소를 두 자리에 다시 두면 구조 검사에서 거부한다.

4.3 직렬화와 반환

모든 위치형이 배당되고 분석 문제가 없으면 L+ V+ T* 자모 연쇄를 만든다. 미배당이나 미지원 입력이 있으면 단어 전체 serialization.text를 null로 두고 원문과 구조, 사유를 반환한다. 출력의 status·필드명은 제3본 문서 예시와 일부 다르므로 §10의 대응표를 함께 읽는다.

출처: 제3본 6-13-17쪽; js/engine.js의 tokenize-syllabify-validateModel-convertWord.

5. 출력층과 화면 표시

현재 화면은 linear-trial-v8-vowel-carrier 표시 프로파일을 쓴다. 엔진 레코드의 display는 conjoining-jamo-v1이며 화면에서 요소별 역할과 크기를 계산한다. 화면용 core-nucleus-tail-loose-consonant 역할과 크기는 이 저장 필드에 추가하지 않는다.

실제 필드	담는 정보	용도
source, normalization_rules	원철자·원문 IPA·출처·정규화 이력	원자료 확인
canonicalModel	음소·대응 단위·음절·강세	구조 보존
serialization	프로파일·상태·자모열·코드포인트	복사와 부호 검사
display	엔진 표시 입력 프로파일, 블록별 onset·nucleus·coda, 강세·IPA	화면 표시의 입력과 대체 정보
analysis, issues, warnings	분석 방식·미결·경고	검토와 오류 추적

5.1 한 블록과 여러 글리프

주강세·부강세 핵은 100%, 무강세 핵은 75%, 뒤 모음은 50%, 독립 자음은 75%다. 부강세가 있는 단어만 주강세를 125%로 키운다. 뒤 모음에 읽기용 무음 ㅇ을 붙인다. 부우스트은 부(100)·우(50)·스트(75)이며 새 음절을 더하지 않는다.

종성 /s/와 /t+s/는 한국어 받침으로 합쳐 숨기지 않고 독립 표시 요소로 남긴다. /t+s/의 정본 NFD는 두 음소를 복합값 JV-TS로 대응하되 /tʃ/와 구별한다. 표시 프로파일을 바꾸어도 canonicalModel과 NFD 직렬화는 그대로 유지한다.

5.2 크기와 보존 정보

지원되지 않는 합성이나 미배당 자모는 다른 음가로 대체하지 않는다. 블록 경계, 선형 요소, IPA와 상태 설명을 제공해 사용자가 미결 또는 대체 표시임을 알 수 있게 한다.

현재 구현은 boost·pass·cats·play·car·go 등 핵심 예시에서 표시 요소와 복사 가능한 정본 NFD를 분리한다. 실제 브라우저·보조기술별 가독성은 계속 검증해야 한다.

근거: js/app.js, js/display.js, js/optical.js와 표시 시험. 2026-09-17 저자 결정: 무음 초성 ㅇ은 표시용이며 canonicalModel과 정본 NFD는 유지한다.

6. RP·GA와 Broad·Narrow 제어

6.1 모듈을 바꾸는 것은 출발 발음을 바꾸는 일

RP·GA는 서로 다른 참조모듈이다. 영어 조희에서 모듈을 바꾸면 그 모듈의 문서 예시·강제 교정 자료 또는 사전 IPA를 다시 읽는다. 화면 자모만 바꾸는 기능이 아니다. 직접 입력에서는 사용자가 넣은 IPA가 선택한 모듈과 맞는지 확인한다.

예시	RP 문서 입력	GA 문서 입력
go	/gəʊ/	/goʊ/
car	/kɑ:/	/kɑɪ/
pass	/pɑ:s/	/pæs/

이 표는 수록된 문서 예시의 차이다. 모든 영국·미국 화자가 이 한 가지 발음을 사용한다는 주장이 아니다. 사전의 발음 변이 전체를 선택하는 화면도 현재는 없다.

6.2 새 앱의 Broad 범위

새 앱은 Broad 변환을 제공한다. []로 감싼 Narrow 입력, 미등록 발음기호나 지원하지 않는 발음 부호를 완성된 Broad 출력으로 바꾸지 않는다. /j, w/는 기저값 명시형을 제공하되 모음과의 최종 결합형은 미결 경고를 남긴다.

Narrow는 기저 음소를 지우는 모드가 아니다. 제2·3본에서는 Broad를 보존하고 표면 이음·환경·규칙을 별도 층에 추가하도록 요구한다. GA 탄설음, dark L, 성문파열과 음절자음 등을 같은 완성도와 지원 상태로 묶어 말하지 않는다.

6.3 이전 앱을 비교할 때

Narrow·연음·조음 안내를 살필 때는 ‘이전 앱 비교’로 이동한다. 출력 차이가 보이면 우선 그 화면이 legacy인지 확인한다. 특히 구판의 /l/ 중복, /ʊ/와 /u:/의 처리, /t+s/와 /tʃ/의 구별을 최신 결과와 섞지 않는다.

새 앱에서 water의 /t/가 자동으로 [ɾ]로 바뀐다고 설명하지 않는다. 현재의 공개는 Narrow 정합화 완료를 뜻하지 않으며, 관련 후속 작업은 §10에 남긴다.

출처: 제2본 31–37쪽, 제3본 7·10·37쪽; js/registry.js-engine.js, legacy/.

7. 핵심 시험어로 읽는 구현

7.1 음절·모음·자음군

pick /pɪk/에서는 KIT의 U+119D를 확인한다. 이를 현대 ㅏ의 U+1175로 바꾸면 다른 값이 된다.

bank /bæŋk/와 friend /frɛnd/에서는 같은 블록 안에 자음이 여러 개 있음을 확인한다. 자모가 길게 펼쳐진다는 이유로 소리에 없는 모음을 더하지 않는다.

play /pleɪ/의 초성군에는 /p/ 다음 /l/이 한 번 있다. /eɪ/는 같은 핵의 두 모음 요소다. 2026-09-17 저자 결정에 따라 뒤 모음에 표시용 무음 ɔ를 붙인다. blue /blu:/는 [블루우]이며, /l/ 한 번과 하나의 긴 핵을 보존한다.

7.2 한 토큰과 두 요소, 두 토큰과 한 요소

boost /buːst/는 /b uː s t/ 네 음운 토큰으로 분석되며 다섯 자모 요소를 가진다. 길이 부호를 독립 자음처럼 읽지 않는다. cats /kæts/는 /k æ t s/ 네 토큰을 세 자모 요소로 적는다. 이 차이를 'IPA · 자모 대응 · 코드포인트'에서 확인한다.

비교	살펴볼 차이
/ʊ/와 /uː/	FOOT 하나와 U U 연쇄는 다른 값
cats와 catch	/t+s/ 두 음소와 /tʃ/ 한 음소
pass와 pat (GA)	종성 /s/와 /t/의 대립
/pɪk/와 /'pɪk/	자모열은 같아도 강세 기록은 다름

7.3 미결을 읽는 예

‘catch 미결 예’ 버튼은 IPA 직접 입력으로 전환하여 /kætʃ/를 넣는다. 이때 원문과 /tʃ/ 토큰, 종성 자모값은 구조에 남지만 종성 위치형 부호가 미배당이므로 평문을 제공하지 않는다. cats의 성공 결과를 가져와 catch의 대체 표기로 삼지 않는다.

GA /nɜːs/와 음절자음 입력도 별도의 미결 이유가 있다. 같은 ‘미결’ 표시라도 부호의 부재, 분석의 미결, 지원 범위 밖을 issues에서 구별해 읽는다.

출처: 제3본 14-17.39-41쪽; tests/book3-vectors.json, tests/engine.test.mjs.

계속 · 교사를 위한 사용해례

아래는 이번 구현본에서 제안하는 수업 절차다. 교육 효과를 검증한 실험 결과나 필수 교수 순서로 제시하는 것은 아니다. 학습자가 IPA와 훈민바름을 대조하고 한 음절의 범위를 읽게 하는 짧은 활동으로 사용할 수 있다.

7.4 활동 하나 · 자음군을 음절로 늘리지 않기

pick, bank, friend, boost를 차례로 제시한다. 먼저 교사가 실제 발음을 들려주거나 출처가 확인된 발음 자료를 준비한다. 이 앱에는 영어 낭독 기능이 없으므로 표기만 보고 발음 모델을 새로 정하지 않는다.

학습자에게 각 단어의 괄호가 몇 쌍인지, 음절핵이 어디인지, 앞뒤 자음이 어느 순서로 놓이는지 물어본다. bank의 끝에서 /ŋ/ 뒤 /k/가 이어져도 새로운 모음핵이 생기지 않는다는 점을 확인한다. 학습자의 발음은 별도로 듣고 피드백한다.

7.5 활동 둘 · 같은 철자, 다른 참조 발음

go, car, pass를 RP와 GA로 각각 조회한다. 먼저 source IPA의 차이를 찾고 그다음 자모열의 차이를 확인한다. 어느 쪽이 더 한국어처럼 읽히는지보다 어떤 원어 소리 정보를 보존하는지 설명하게 한다.

결과를 기록할 때는 단어만 적지 않고 모듈과 원문 IPA를 함께 적는다. 사전 출처가 다른 자료와 비교할 때는 발음 차이가 구현 오류인지, 출처의 다른 변이인지 먼저 판단한다.

7.6 활동 셋 · 저장할 정보 선택하기

/ə.'bʌʊt/를 변환한 뒤 자모열 복사와 전체 기록 저장의 차이를 설명한다. 강세가 어느 출력에 남는지, source IPA와 출처를 나중에 확인하려면 무엇을 보관해야 하는지 학습자가 답하게 한다.

마지막으로 cats와 catch를 비교한다. ‘미결’이 단어를 발음할 수 없다는 뜻이 아니라 현재 프로파일이 완성 평문을 내보낼 조건을 갖추지 못했다는 뜻을 확인한다. 결과를 비판적으로 읽는 능력도 활동의 목표다.

교사의 준비 기록: 목표 단어·모듈·확인한 IPA·음성자료 출처·앱 커밋·기대 결과를 함께 남긴다. 이 절은 새로 제안한 활용안이며 기존 문서의 확정 규칙과 구분한다.

8. 글꼴·세이핑과 대체 표시

8.1 부호·문자열·화면을 각각 확인한다

글꼴에 코드포인트가 있다는 사실만으로 임의의 복합 음절이 읽기 좋은 한 자형으로 표시된다고 판단하지 않는다. 글꼴 로드, 세이핑, 표시 문자열과 복사되는 NFD 기준형을 각각 검사한다.

앱은 fonts/의 두 옛한글 WOFF를 사용한다. linear-trial-v8-vowel-carrier는 합쳐야 할 핵심 요소와 독립 식별할 요소를 나눠 보여 주며, Unicode 정준 합성 결과를 정본으로 덮어쓰지 않는다.

8.2 표시 검증의 기준

조건	확인할 내용
단순 음절	핵심 요소 100%와 KIT-FOOT 등 모음값 식별
복합 음절핵	뒤 모음 요소 50%, 같은 음절 경계와 순서 유지
종성 /s/	받침으로 합치지 않고 75% 독립 요소로 표시
/t+s/ 복합값	/tʃ/와 구별하고 75% 독립 요소로 표시
좁은 화면	입력·결과·대응표의 잘림과 가로 넘침
글꼴 실패	누락 문자 인지와 정본 NFD-IPA 대체 정보

8.3 2026-09-16 확인 범위

당시 270개 자동시험은 /s/ 독립 표시, /t+s/와 /tʃ/ 구별, 뒤 모음 요소 50%, 독립 자음 75%, 정본 NFD 보존을 포함한다. 정적 검사와 배포 빌드도 통과했다.

8.4 남은 환경 검증

라이브 Pages에서 핵심 예시의 화면 표시를 확인했지만, 모든 운영체제·모바일·화면낭독기·클립보드 조합을 전수 검증한 것은 아니다. 글꼴 실패와 누락 글리프 자동 감지도 후속 과제다.

근거: tests/display.test.mjs, npm test 270/270, npm run check, npm run build, GitHub Pages 배포 기록. 확인일: 2026-09-16.

9. 자동시험·전수감사·재현성

9.1 2026-09-16 실행에서 확인한 결과

2026-09-16 기준판의 검사·시험·빌드를 다시 실행했다. 엔진·사전·표시 자동시험 270건이 모두 통과했다. 제3본 예시, 오류 처리, /s/와 /t+s/ 독립 표시, 크기 규칙과 NFD 보존을 포함하며, 정적 검사는 53개 로컬 링크·자산과 입력 표지를 확인한다.

검사 묶음	당시 결과	의미
엔진·사전·표시 자동시험	270/270 통과	당시 수록 시험 조건의 통과
제3본 코드포인트 대조	통과	문서 예시와 registry 대조
구문·경로·라벨 검사	통과	53개 로컬 링크·자산과 접근성 표지
정적 배포 파일 생성	통과	dist 생성 완료
GitHub Actions build-deploy	성공	실행 35074663177
라이브 핵심 예시 표시	확인	boost·pass·car·stop 등 선택 예시
사전 군집 전수 집계	재현	tools/cluster_census.mjs 결과 일치

9.2 통과와 분모

270건을 270개 단어나 사전 전체의 발음 정확도라고 소개하지 않는다. 정상·부정·미결 입력, 미배당 종성, /ʒ/, 음절자음, 토큰 중복, 표시 규칙과 오류 처리 시험이 함께 포함된다. ‘미결이어야 하는 입력이 미결로 반환됨’도 올바른 통과 조건이다.

구판 제4본의 70/70·183/183·515,370회와 원 앱 보고의 115건은 서로 다른 판본·범위의 수치다. 당시의 270건에 합산하지 않는다. 사전 군집 집계 재현과 전체 발음 정확도 평가는 자동시험 통과와도 구분한다.

9.3 전수감사에 필요한 다음 기록

원 사전 해시와 항목 수, 모듈별 전처리, 엔진·등록부 버전, 제외·미결 기준, 성공·실패·미결의 전체 분모를 남긴다. 구조가 맞는 비율과 발음이 맞는 비율은 별도의 검사다. 사전의 IPA가 옳은지 판단하려면 출처와 화자·전문가 검토가 필요하다.

출처: tests/*.test.mjs, tools/check.mjs, tools/build.mjs, tools/cluster_census.mjs의 직접 실행 및 GitHub Actions 35074663177. 확인 일: 2026-09-16.

계속 · 개발자가 실행하는 재현 절차

9.4 실행 환경과 기본 명령

저장소 루트에서 Node.js 22 이상으로 다음을 실행한다. 앱의 검사·시험·빌드에는 npm 패키지 추가 설치가 필요하지 않다. 문서 편집·렌더링 도구는 이 앱 실행 조건과 별개다.

```
node tools/check.mjs
node --test tests/*.test.mjs
node tools/build.mjs
python3 -m http.server 8000 --directory dist
```

브라우저에서 <http://localhost:8000>을 연다. HTML을 파일로 직접 여는 방식은 ES 모듈과 JSON 요청의 정상 동작 조건과 다를 수 있으므로 위의 HTTP 실행을 사용한다. 개발자가 이 명령을 실행하는 컴퓨터와 브라우저가 접근하는 컴퓨터가 같은지도 확인한다.

9.5 엔진 API를 직접 확인하기

```
import { convertWord } from './js/engine.js';
const result = convertWord('bu:st', {
  accent: 'rp', spelling: 'boost'
});
console.log(result.serialization.codepoints);
console.log(result.canonicalModel.mappingUnits);
```

예시는 저장소 루트의 ES 모듈 파일에서 실행한다. 기대 부호열은 U+1107 U+116E U+116E U+11BA U+11C0이다. 이 코드는 직접 호출 예시이며 별도 provenance를 전달하지 않았으므로 사전 검수 출처를 뜻하지 않는다. 운영 데이터에서는 확인한 provenance를 함께 전달한다.

9.6 무엇을 보존할 것인가

시험 결과와 함께 실행 명령, Node 버전, 커밋, 입력 벡터, 사전·글꼴 해시를 남긴다. 배포 빌드는 index.html·css·js·fonts·data·docs와 legacy의 화면 자산을 dist로 복사한다. 소스 시험과 생성 도구는 웹사이트 배포본에 포함하지 않는다.

빌드 성공과 원격 공개는 구분한다. 2026-09-16 판은 GitHub Actions 35074663177의 deploy 성공과 공개 URL을 확인했다. 최신 기록은 부록 D를 참조한다. 이후 변경에서도 workflow 결과와 서비스 주소를 다시 확인한다.

출처: README, package.json, tools/build.mjs; 예시 부호열은 제3본 14쪽과 현재 엔진 직접 실행.

10. 현 구현과 전산 규격의 정합화 과제

현재 앱은 제3분의 핵심 Broad 직렬화 예제를 실행하지만 문서 전체 스키마·입출력·접근성 요구를 모두 구현한 것은 아니다. 실제 필드 이름이나 값이 다른 항목은 교환 어댑터 없이 동일 형식으로 취급하지 않는다.

항목	현재 구현	남은 작업
직렬화 성공 상태	available	제3분 예시 complete와 대응 명시
직렬화 profile	hmbr-broad-nfd-draft-2026-09-08	문서 시범 식별자와 버전 대응
codepoints	U+로 시작하는 문자열 배열	문서의 정수 배열과 변환 정의
장모음	토큰과 두 요소의 대응; 뒤 모음 50% 및 읽기용 무음 ㅇ 표시 구현.	문서의 length 속성과 실제 데이터 필드의 대응 명시.
표시 데이터	display.blocks	요소 참조.render_status 확장
입력 검증	내부 생성 모델의 참조.소비 검사	외부 JSON 전체 스키마 검사
자모열 읽기	parseCanonical 내부 함수	원입력 보존:NFD 수신 어댑터
역변환	사용자용 역변환기 없음	후보·모듈·출처 조건 구현
Narrow	legacy 비교 기능	새 모델의 별도 표면층 구현
글꼴·접근성	코드포인트·설명 제공	누락 감지·실환경 시험

10.1 해결한 핵심 차이

// 한 번, 장모음·복모음의 같은 핵 보존, FOOT와 U U 구별, /t+s/와 /tʃ/ 구별, 미배당 종성의 unavailable 처리를 새 엔진에 반영했다. 새로운 필드가 원 저자의 최종 승인을 받은 표준 스키마라는 뜻은 아니다.

10.2 후속 개정의 원칙

하나의 수정이 입력 분석, 토큰 소비, 직렬화, 표시 가운데 무엇을 바꾸는지 기록한다. 특히 완전한 역변환·외부 레코드 가져오기·Narrow 구현은 대응 시험 없이 기존 함수 이름만으로 완료를 선언하지 않는다. §9의 부분 시험 통과를 전체 규격의 적합성 등급으로 확대하지 않는다.

출처: 제3분 7-8·16-17·37·41쪽; js/engine.js-registry.js·app.js의 실제 필드 대조.

11. 공개 배포와 버전 확인

11.1 표시 프로파일과 배포 기록

현재 표시 프로파일은 linear-trial-v8-vowel-carrier다. 저자의 2026-09-17 결정으로 뒤 모음에 무음 ㅇ을 붙이며 boost를 부우스트어로 표시한다. 아래 커밋은 9월 16일 구현 검증의 기준판이다.

2026-09-16 확인 코드판: f049e24da7c34614a2129946071c4094c5f0964

저장소: <https://github.com/ivanpark/hmbr>

웹앱: <https://ivanpark.github.io/hmbr/>

2026-09-16 확인한 GitHub Actions 실행 35074663177의 build와 deploy가 success로 완료됐다. 배포 성공은 자동시험·정적 빌드와 공개 URL을 확인한 것이며, 모든 플랫폼의 조판·접근성 적합성을 보증하지 않는다.

11.2 설정과 재배포

Pages의 게시 원본은 GitHub Actions다. main 변경 시 npm test, npm run check, npm run build를 실행하고 산출물을 배포한다. 실패하면 해당 실행의 로그와 커밋을 함께 기록한다.

문서와 앱이 함께 바뀌면 문서판·커밋·시험 수·배포 실행을 한 묶음으로 식별한다. README와 docs/INDEX.md의 링크도 같은 파일명으로 갱신한다.

11.3 이용조건과 출처

앱 소스와 문서의 이용조건은 저장소 LICENSE 및 docs/LICENSE.md를 따른다. 사전 데이터와 웹 글꼴은 원출처·권리자·재배포 조건을 별도로 확인한다. 공개 저장소라는 사실만으로 모든 포함 자료의 무제한 재이용을 뜻하지 않는다.

확인일: 2026-09-16. 근거: 원격 main f049e24da7c34614a2129946071c4094c5f0964, Actions 35074663177, 공개 Pages와 저장소 파일 목록.

계속 · 오류 제보와 문제 해결

11.4 재현 가능한 오류 제보

결과 문자열이나 화면 사진 하나만으로는 입력과 분석의 차이를 찾기 어렵다. 다음 항목을 함께 기록하면 오류가 발생한 층을 좁힐 수 있다. 공개 제보에는 재현에 필요한 단어·기호와 환경 정보만 포함한다.

항목	기록할 내용
입력	영어 또는 IPA 원입력
모듈·화면	RP/GA, 새 앱/legacy, 선택 기능
버전	문서판과 코드 커밋
기대	해당 제2.3본 조항 또는 시험 벡터
실제	JSON의 상태·issues·코드포인트
표시	화면 사진, 글꼴, 글자 크기
환경	운영체제·브라우저·버전·입력 방식
재현	같은 입력으로 반복되는 순서

11.5 증상별로 먼저 볼 것

‘사전에 없는 단어’이면 철자와 문장부호를 확인한다. 사전이 없다는 이유로 발음을 추측하지 않으며, 확인한 IPA가 있을 때 직접 입력한다. ‘사전 파일을 불러오지 못했습니다’이면 HTTP 실행과 파일 경로를 확인한 뒤 다시 시도한다. 실패한 사전 요청은 캐시에서 제거해 재요청할 수 있도록 구현돼 있다.

‘직렬화 미결’이면 issues에서 미배당 위치형과 분석 미결을 구별한다. /θ ð ʒ tʃ dʒ/의 종성이 해당되면 현 등록부의 제한일 수 있다. 익숙한 현대 한글로 대체해 성공 처리하지 않는다.

자모가 깨져 보이면 원문 IPA와 코드포인트부터 확인한다. 부호열이 맞다면 글꼴 다운로드와 표시 경로를 살핀다. 복사한 내용에서 강세가 보이지 않는 것은 평문 복사의 범위일 수 있으며, 전체 기록의 블록 stress를 확인한다.

11.6 수정 제안

구현 오류는 최소 재현 입력과 기대값을 시험으로 남긴다. 음가·조자법 변경 제안은 먼저 제2본의 공개 검토 항목으로 다루며, 문서와 코드의 판정을 함께 갱신한다.

출처: js/dict.js-app.js-engine.js; 제3본 17:37-41쪽. 제보 양식은 이 구현본의 운영 제안.

12. 향후 다언어 구현 원칙

12.1 영어를 공통 규칙으로 강제하지 않기

영어 참조구현은 다른 언어의 정답을 미리 정하지 않는다. 새 언어는 원문 문자, 언어·지역 식별, source IPA, 자체 음운 단위, 음절구조, 강세·성조와 실제 화자 검토를 갖춘 독립 모듈로 추가한다.

공통으로 재사용할 부분은 원문 보존, 자모값 등록 절차, 음운 토큰과 자모 요소의 분리, 구조와 표시의 분리, 버전·시험 기록이다. 영어의 RP·GA 모음값이나 음절 추정 규칙을 다른 언어에 그대로 적용하지 않는다.

12.2 새 모듈을 위한 최소 자료

출처가 확인된 입력 집합과 발음 변이, 자모값 대응표, 위치형의 지원 상태, 음절분석 근거, 양성·부정·미결 시험을 마련한다. 기존 자모값을 재사용할 때는 음가와 역규칙이 맞는지 확인한다. 모양이나 Unicode 이름의 유사성만으로 동치를 선언하지 않는다.

신규 모듈이 기존 자료의 해석을 바꾸면 새 모듈·등록부 버전으로 구별한다. 과거 레코드를 새 규칙으로 다시 계산할 때는 source와 이전 버전을 보존하며, 원자료가 없는 출력만으로 원래 발음을 확정하지 않는다.

12.3 바르미의 다른 구성과 연결하기

MetaVoc 선택 화면, Seesaurus와의 자료 연결, 종합 학습 과정은 현재 새 웹앱에 포함돼 있지 않다. 향후 어휘 자료를 연결할 때도 표제어만 넘기지 않고 IPA·모듈·출처·검수 상태를 함께 전달해야 한다. 교육용 화면을 확장하는 일과 훈민바름의 음가 규칙을 바꾸는 일은 별도로 관리한다.

맺음말 · 구현은 보존을 보여 준다

좋은 참조구현은 가능한 결과를 보여 주고, 그 결과를 다시 검사할 근거를 남긴다. 원어의 소리를 정본에 담는 원리, 데이터를 잃지 않는 형식, 사람이 읽을 수 있는 화면이 서로를 검증할 때 연구는 다음 단계로 나아간다. 이 구현본은 그중 오늘 실제로 작동한 부분과 다음에 검증할 부분을 함께 기록한다.

출처: 제1본 2쪽, 제3본 37-38쪽. 다언어·바르미 연계 절차는 후속 설계를 위한 제안이며 현재 제공 기능이 아니다.

부록 A. 적합성 체크리스트

이 표는 2026-09-16 구현의 점검표이며 후속 검증은 부록 D를 따른다. ‘확인’은 아래 범위에서 확인했다는 뜻이며 제3본 전체 적합성 인증이 아니다. 미실시·미구현 항목을 전체 통과 수에 넣지 않는다.

점검 항목	상태	확인 범위
원문 IPA·선택 모듈·출처 보존	확인	엔진·사전 시험
문서 예제 코드포인트	확인	43개 모듈별 대조
// 중복 소비 방지	확인	play·blue·모음 사이 //
/u:/ 한 토큰·두 요소	확인	boost
/t+s/ 두 토큰·한 요소	확인	cats 및 경계 분리
FOOT/U U, AW/O O 구별	확인	엔진 대립 시험
미배당 종성 구조 보존	확인	다섯 종성의 부정 시험
/ʒ/·음절자음 임의 보충 금지	확인	미결 반환 시험
원문 강세·정규화 이력	확인	엔진·레코드 검사
filler·호환자모·순서 오류 거부	확인	기준형 부정 시험
토큰·요소 참조와 소비	확인	내부 모델 검사
HTTP 배포 파일 생성	확인	로컬·원격 build
원격 파일 완전성	확인	46개 Git blob 해시
브라우저 복사·JSON 다운로드	코드 확인	코드 확인; 환경별 복사·다운로드 완료 검증 필요
반응형 화면·키보드·낭독기	부분 확인	데스크톱 화면·코드 표지 확인; 모바일·낭독기 검증 필요
사전 군집 전수 집계	집계 재현	군집 통계 재현; 전체 발음 정확도 판정은 별도
외부 JSON 가져오기·역변환	미구현	사용자용 기능 없음
새 모델의 Narrow 층	미구현	legacy와 구분
공개 Pages 서비스	확인	Actions 35074663177 build-deploy success

새로 시험한 환경이나 수정된 판본은 결과·분모·버전을 별도 기록한다. 한 브라우저의 성공을 모든 환경의 성공으로 바꾸지 않는다.

출처: §9의 직접 실행 기록, 원격 Git 트리·Actions 기록, 앱 코드와 제3본 요구사항 대조.

부록 B. 핵심 시험 벡터

아래 부호열의 공백은 읽기용이다. 실제 단어 자모열에는 포함되지 않는다. 이 표는 핵심 회귀 사례의 발체이며, 저장소의 43개 모듈별 대조 전체를 대체하지 않는다. 모든 정상 행은 한 음절블록이다.

입력·모듈	기대 부호열 (각 항 U+)	확인할 것
pick /pɪk/, 공통	1111 119D 11BF	KIT
pat /pæt/, 공통	1111 1162 11C0	종성 /t/
bank /bæŋk/, 공통	1107 1162 11BC 11BF	두 종성 순서
friend /frɛnd/, 공통	114B A976 1166 11AB 11AE	자음군 보존
play /pleɪ/, 공통	1111 1105 1166 119D	/l/ 한 번
blue /blu:/, 공통	1107 1105 116E 116E	긴 핵
boost /bu:st/, 공통	1107 116E 116E 11BA 11C0	/s/ 뒤 /t/
cats /kæts/, 공통	110F 1162 11BE	JV-TS
pass /pæs/, GA	1111 1162 11BA	/s/ 독립 식별
car /kɑ:/, GA	110F 1161 D7DB	권설 자음
go /gəʊ/, RP	1100 119E 118D	RP 핵
go /goʊ/, GA	1100 1169 118D	GA 핵

부정·미결 벡터

입력·조건	기대 판정
/kætʃ/	E-POSITION, text=null, 종성 구조 보존
/nɜːs/, GA	E-VOWEL, normalized_ipa=null
음절자음 ɲ	E-SYLLABIC, 임의 모음 삽입 없음
[pɪk]	E-NARROW, 완성 Broad 출력 없음
filler 포함 기준형	E-CHAR
같은 음소 중복 소비	E-COVERAGE
존재하지 않는 요소 참조	E-REFERENCE

출처: 제3본 14-17·41쪽 및 tests/engine.test.mjs. 오류명은 실제 앱의 식별자다.

부록 C. SOURCE AUDIT와 작성 근거

C.1 직접 확인한 원자료

2026-09-08의 제1-4본, 2026-09-14 PDF 교정본과 교정 작업파일을 대조했다. 9월 14일 판은 편집 원본을 새로 내보낸 것이 아니라 기존 PDF 위의 선택 영역을 교체한 교정판임을 확인했다. 제3·4본은 DOCX 원본을 직접 고쳐 2026-09-16 판으로 다시 만들었다.

2026-09-16 교정 당시 제1본 36쪽, 제2본 59쪽, 제3본 46쪽, 제4본 23쪽의 페이지 구성과 교정 범위를 확인했다. 제1·2본의 최신 편집 원본은 확보되지 않아 9월 8일 PDF를 기준으로 패치를 재구성했다.

제3본의 사전 수치는 당시 저장소의 `tools/cluster_census.mjs`로 재현했다. 제4본은 당시 코드·시험·배포 상태를 반영했다. 문서 검토와 음성학적 타당성·교육 효과·법적 효력 검증은 서로 구분한다.

원본·교정본·코드의 판본 날짜와 역할을 섞지 않는다. PDF에서 확인한 수정은 편집 가능한 원본에 반영한 뒤 다시 렌더링·대조하고, 원본이 없는 책은 그 제한을 공개 기록에 남긴다.

C.2 구현 자료

2026-09-16 기준판의 `js/`, `data/`, `fonts/`, `tests/`, `tools/`, `docs/`와 README를 확인했다. 앱 표시 규칙, 270개 자동시험, 사전 전수조사 도구, 빌드 및 문서 링크를 같은 코드판에서 대조했다.

당시 `npm test`는 270/270, `npm run check`와 `npm run build`는 통과했다. 라이브 Pages 배포와 문서 링크를 확인했다. 다만 모든 브라우저·모바일·화면낭독기·클립보드 조합을 전수 시험했다고 주장하지 않는다.

C.3 근거의 구분

문서의 정본 규칙, 실제 코드·시험, 공개 배포 기록과 이번 편집 판단을 각 절의 출처 줄에 구분한다. 사전 집계 재현은 현재 파일과 실행 코드에 대한 결과이며, 사전 원출처의 판·라이선스 확인이나 영어 전체의 음운 필요량에 대한 영구적 결론은 아니다.

부록 C 계속 · 판본 차이와 후속 갱신

C.4 판정과 구조의 정합화

이전 판본의 상태	2026-09-16 교정의 처리
전체 블록 NFC로 /s/가 받침에 합쳐짐	linear-trial-v2에서 독립 요소로 표시
장모음·복합핵의 뒤 요소 크기 미구현	nucleus-tail 50% 적용
독립 자음의 구별 크기 미구현	loose-consonant 75% 적용
문서와 앱 상태의 시점 차이	당시 main 커밋·시험·배포 실행으로 갱신
사전 집계 재검증 대기	cluster_census.mjs로 수치 재현
반복 장 번호	계속 제목으로 바꾸어 위계 명확화
PDF 위 선택 패치	제3·4본 편집 원본에 직접 반영

C.5 2026-09-16 교정의 핵심 차이

linear-trial-v2는 종성 /s/와 /t+s/를 독립 표시 요소로 남기고, 핵심 요소 100%·뒤 모음 요소 50%·독립 자음 75%를 적용한다. 이 표시 규칙은 canonicalModel과 NFD 정본을 바꾸지 않는다.

제3본의 사전 전수조사는 저장소의 코드로 재현됐고 종성 소계의 1종 차이는 compound_ts로 설명됐다. 제4본은 자동시험 270/270, 빌드 성공, 원격 커밋과 Pages 실행을 당시 값으로 갱신했다.

C.6 재현 기준과 후속 갱신

2026-09-16 기록의 코드판은 f049e24da7c34614a2129946071c4094c5f0964이고, Pages 실행은 35074663177이다. 문서·코드·사전이 바뀌면 새 커밋에서 시험·집계·배포와 링크를 다시 확인한다. 2026-10-09 재확인과 후속 앱 변경은 부록 D를 참조한다.

제4본 DOCX와 Markdown은 편집 원고, PDF는 고정 쪽수의 읽기용 판본이다. 세 형식의 판본 날짜와 핵심 문언을 함께 갱신하고, README·INDEX·체크섬이 같은 파일을 가리키는지 확인한다.

구현은 정본의 권위를 대신하지 않는다. 구현본은 실제로 확인한 작동과 남은 과제를 다음 검토자가 이어받을 수 있게 기록한다.

부록 D. 2026-10-09 구현 상태 갱신

D.1 판본과 정정

네 본을 2026-10-09 교정판으로 정리했다. 제3본 37쪽의 표시 설명과 이 책 16쪽의 장모음 행을 바로잡고 전권의 문언·참조·판본 설명을 교정했다. 제4본의 조회 순서와 저장 display 필드를 실제 코드에 맞췄다. 뒤 모음의 50% 크기와 읽기용 무음 ㅇ 표시는 구현되어 있으며 저장 V 배열과 정본 NFD에는 표시용 ㅇ을 더하지 않는다.

D.2 코드와 검증 기록

2026-10-09 앞선 앱 검증의 기준판은 9f750e2이며 자동시험 283/283, 로컬 링크·자산 70개 검사와 정적 빌드가 통과했다. Actions 37870009195의 배포도 성공했다. 이번 전권 교정의 코드 대조 기준판은 592fe8c이다. 본문의 270건·53개 링크·f049e24·실행 35074663177은 9월 16일 당시 기록이다.

D.3 사용자 흐름의 보완

사전 요청은 20초 후 시간 초과로 처리하며 실패한 요청을 다시 시도할 수 있다. 상세 대응표는 펼칠 때 생성한다. 입력 한도는 100단어·5,000자이며 Ctrl/⌘ + Enter로 변환할 수 있다. 전체 기록 저장은 다운로드 요청을 알리고 브라우저의 다운로드 목록을 확인하도록 안내한다. 네 본의 판본 날짜, 표시와 저장의 차이, 사전 검수 상태와 미지원 기능을 앱에 명시했다.

D.4 남아 있는 검증

데스크톱 브라우저에서 boost 표시, pass의 RP·GA 비교와 catch의 미결 처리를 확인했다. 모바일·화면낭독기·환경별 클립보드 호환성과 JSON 다운로드 완료 검증은 남아 있다. 사전 전체의 발음·출처·라이선스 검수, Narrow 입력, 외부 JSON 가져오기와 사용자용 역변환은 완료되지 않았다. 자동시험 통과는 이 범위의 완료나 학습 효과를 뜻하지 않는다.

연결 발음과 GA t 변이 사용 안내

2026년 10월 12일 개정 부록. 본문 §6-§10과 부록 D의 미구현 표시는 당시 구현 상태다. 이번 갱신에서 연결 발음과 일부 GA t 표면형을 별도 연습층으로 제공한다. 기본 Broad 엔진에 임의의 Narrow 입력을 넣는 기능은 여전히 제공하지 않는다.

실행 순서

1. 웹앱에서 발음 기준을 GA로 고르고 구문장을 입력한 뒤 별도의 연음화 버튼을 누른다. 일반 훈민바름으로 보기 버튼은 원형만 변환한다. button, winter, get me 예제 버튼은 GA로 원형을 보여 주며, 그 뒤 연음화를 눌러 후보를 연다. GA 단어 하나라도 t 변이가 가능하면 같은 버튼으로 연습할 수 있다.
2. 처음에는 모든 후보가 OFF다. 추천 배지를 확인한 뒤 후보별 스위치를 켜거나 추천대로 적용을 누른다. 속도 선택과 단어별 강조·쉽으로 추천을 바꾼다. 모두 해제로 원형을 되찾는다. 자동 추천과 자동 적용을 혼동하지 않는다.
3. 선택한 흐름의 표면 IPA와 훈민바름을 비교한다. [ʔ][n]처럼 자형이 미결인 소리는 해당 단어의 훈민바름 아래에 원형 참조가 표시된다. 카드의 적용 조건과 조음 연습 설명을 읽는다.
4. get me의 성문음화와 미파열을 번갈아 선택한다. 같은 t의 앞 선택이 해제되는지 확인한다. get 뒤에 쉽을 넣으면 경계는 끊어진다. 쉽 앞 t 변이는 수동으로 선택할 수 있지만 기본 추천에는 넣지 않는다.

예문	설정과 관찰
button	보통 GA에서 [ʔn] 추천. 원형 훈민바름 참조 표시
winter	빠른 GA에서 t 탈락 추천. 파생 훈민바름 비교
get me	[ʔ]과 [t] 중 한 선택. 혀와 성문 동작 대조
next day	빠른 회화에서 자음군 t 탈락. 강조·쉽 보호

5. 전체 기록 저장으로 원형과 연습형을 함께 내보낸다. 원형 자모열 복사에는 연습층의 IPA나 연결 부호가 포함되지 않는다. 입력을 새로 변환하거나 RP/GA를 바꾸면 이전 선택을 이어 쓰지 않는다.

지원 현황과 다음 음성 단계

기능	2026년 10월 12일 상태
기본 연결 발음	자음-모음 연결, RP linking r, 일부 약형·동화·탈락
GA t 확장	n 뒤 t 탈락, 성문음화, 어말 미파열의 선택형
조음법 설명	기존 표기 해례와 연결 후보별 기관 이동 설명
글꼴	한글 표기 나눔명조 옛한글, UI 나눔바른고딕 옛한글, IPA Doulos SIL
미구현	자동 flapping, 완전한 Narrow 변환, 문장 억양, TTS

본 갱신의 기준은 연결 발음 1차 공개판 66398de와 그 위에 더한 t-variants 변경이다. npm test에서 307개 시험이 통과했다. 새 시험 6개는 button의 분리 주석, winter의 강세 조건, 동일 t의 충돌, 쉽 앞 선택, 여러 단어 조합과 원형 보존을 검사한다. 시험 통과는 음성학적 보편성이나 학습 효과의 입증이지 않는다.

GA winter의 기존 사전 IPA에서 빠진 r을 Collins 미국식 /ˈwɪntər/와 대조하고 앱 관례에 따라 /ɹ/로 정규화해 보완했다. button 원형도 대조했다. 일부 단어의 교정이 전체 RP-GA 사전 검수나 권리 확인의 완료를 뜻하지 않는다. 미결 단어에는 추측한 연결 후보를 만들지 않는다.

확인할 동작

개별 토글과 모두 해제, 추천대로 적용, 속도 변경, 강조·쉽, 키보드 스위치 조작, IPA와 훈민바름의 참조 관계, JSON의 원형 보존을 확인한다. 구현은 js/connected.js, js/t-variants.js와 js/connected-ui.js로 나뉜다. 실제 배포판과 검사 결과는 저장소의 날짜별 상태 검토와 체크섬 목록을 기준으로 확인한다.

TTS를 연결할 때의 기준

다음 단계는 재생·중지·반복과 원형/선택형 비교다. 단순한 철자 읽기를 선택된 표면형의 재생이라고 표시하지 않는다. 음성 엔진이 개별 [ʔ], [ɾ], Ø를 제어할 수 있는지 먼저 확인하고 제어하지 못하는 차이를 화면에서 명시한다. 이 판에는 TTS 재생 버튼이나 API 연동을 포함하지 않는다.

네 본의 PDF는 기존 본문 쪽수를 보존하고 이 개정 부록을 끝에 덧붙였다. 기존 구현 설명 옆에는 갱신 위치를 표시했다. DOCX도 같은 갱신 내용을 담으며, 편집 환경에 따른 줄바꿈 차이는 허용하되 쪽수 인용의 기준은 PDF로 한다.